



Indicadores económicos e informes técnicos

Informe Técnico Nº 1. Enero, 2022

Observatorio del uso y manejo de la tierra en el partido de Pergamino. Métodos para la recolección de datos y el análisis de la información.

Beribe M. J.** , Portillo J.E.** , Ferreyra A.** , Fillat F.A.* , Paolilli M.C.* , Bustos D.* , Lopresti M.F.* , Pagliaricci L.O.* , Cabrini S.M.**

URL:

<https://inta.gob.ar/documentos/indicadores-economicos-e-informes-tecnicos>

ISSN: 2718-6210

Este informe es editado en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino de INTA.

Directores de la Publicación: Silvina María Cabrini y Francisco Fillat

INTA EEA Pergamino
Av. Frondizi (Ruta 32) Km 4,5
C.P. 2700
Pergamino
Buenos Aires
República Argentina
Tel: 02477-439076

Responsables: PhD. Silvina María Cabrini e Ing. Agr. Francisco Antonio Fillat técnicos del grupo economía y sociología INTA EEA Pergamino

El partido de Pergamino ubicado en el norte de Buenos Aires es un departamento de referencia de la Pampa Ondulada, la zona de mayor productividad para las actividades agropecuarias de Argentina. La mayor parte de la superficie del partido está destinada a cultivos agrícolas anuales que tienen como destino principal los mercados de exportación.

En este informe se presenta el enfoque metodológico para hacer un monitoreo de uso y manejo de la tierra de Pergamino en base a relevamientos a campo. La información generada en estos relevamientos permitirá estimar los siguientes indicadores clave para el monitoreo de la sustentabilidad de la producción agropecuaria de la región:

- Los cultivos presentes en el territorio y la superficie ocupada por cada cultivo en cada campaña,
- El nivel de diversificación productiva,
- La proporción de la superficie con vegetación durante el periodo invernal,
- La proporción de la superficie en la que se utiliza laboreo y
- La presencia de adversidades bióticas y abióticas.

Asimismo, los datos se utilizan como verdades de campo para las clasificaciones supervisadas con imágenes.

Este informe presenta en forma detallada el diseño estadístico que se utilizó para la definición de la muestra y las pautas para la recolección y el análisis de la información. Se presenta también la información generada en un primer relevamiento a campo del partido de Pergamino, realizado en septiembre de 2021.

* Técnicos INTA Pergamino.

** Técnicos INTA Pergamino. Docentes, Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires (UNNOBA).

1. Metodología

El ámbito geográfico de este trabajo es el partido de Pergamino de la provincia de Buenos Aires. El ámbito de selección o marco de área (área objetivo) está compuesto por las zonas de uso agrícola y las zonas de uso combinado, tanto agrícola como ganadero (mixto), excluyendo las zonas de uso ganadero exclusivamente.

1.1. Diseño de muestra de áreas

El diseño de una muestra de áreas consiste en una muestra probabilística estratificada de segmentos. En el marco de la muestra de área se considera que el territorio se divide en varios **estratos** según el uso de la tierra, definidos por la proporción de tierra cultivada (uso agrícola). Los estratos se definen como zonas dentro del partido, similares dentro y diferentes entre ellas en cuanto al uso del suelo, obteniendo de esta manera la menor variación posible entre unidades dentro de un estrato y la mayor variación posible entre estratos. La finalidad de la estratificación es disminuir el error debido al muestreo y por consiguiente aumentar la precisión de las estimaciones surgidas de la muestra (Cochran, 1977, FAO 1998, Valliant y col., 2013).

Las **unidades de muestreo** son áreas de terreno denominadas segmentos y sus probabilidades de selección son proporcionales a sus superficies. Los segmentos no se solapan entre sí y cubren la totalidad del marco de área (o área objetivo). La superficie de cada segmento se divide en polígonos no solapados basados en el uso. Dichos polígonos dentro de cada segmento son las **unidades de información**, denominados tramos o lotes.

Los estratos y los segmentos de la muestra tienen límites físicos reconocibles y permanentes que se pueden ubicar tanto en el terreno como en el material cartográfico utilizado para su identificación (imágenes satelitales, mapas catastrales, etc).

La estratificación consiste en la tarea de especificación de estas zonas, las cuales no tienen siempre superficies continuas, en general son irregulares, cortando muchas veces las explotaciones agropecuarias.

1.1.1. Proceso de estratificación

Imágenes satelitales

Para preparar el marco de área se realiza una zonificación inicial mediante herramientas de sistema de información geográfica (SIG) en base al análisis multitemporal del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) obtenido a partir de imágenes Sentinel 2 para la campaña 2019/2020. Este índice se calcula a partir de los valores de reflectancia en las regiones del espectro electromagnético del rojo e infrarrojo cercano para cada pixel (de 20 metros).

Surgen así tres zonas con tres clases de coberturas: agrícola, ganadera y zonas urbanas (Figura 1).

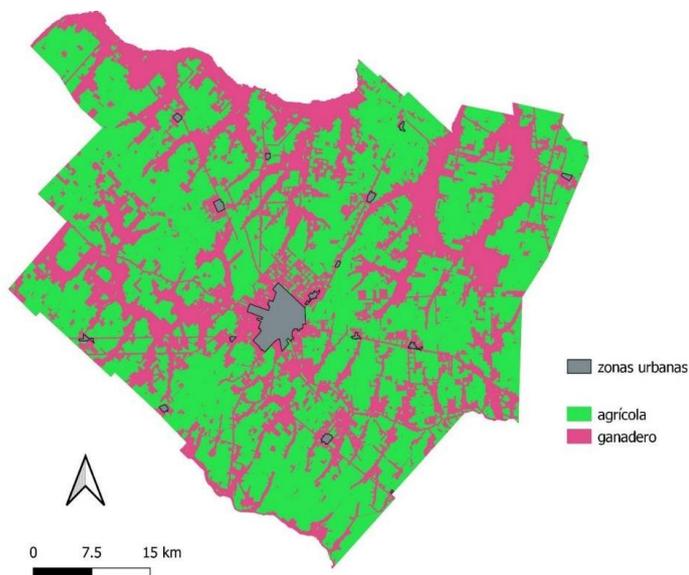


Figura 1. Partido de Pergamino. Clases de cobertura. Campaña 2019/20.

1.1.2. Delimitación de los estratos

Paso 1:

A partir del mapa de cobertura que se muestra en la figura 1 se superpone una grilla hexagonal (la superficie de cada hexágono es de 1.500 ha) y mediante operaciones espaciales se calcula para cada hexágono la proporción de superficie agrícola (PSA) que contiene. A continuación, se determina el estrato de pertenencia de cada hexágono utilizando la proporción de superficie agrícola PSA de la siguiente manera:

- si la $PSA \geq 70\%$, el hexágono pertenece al Estrato Agrícola (EA),
- si $30\% < PSA < 70\%$, el hexágono pertenece al Estrato Mixto (EM),
- si $PSA \leq 30\%$, el hexágono pertenece al Estrato Ganadero (EG).

En la figura 2 se muestra la estratificación sumando la capa de cursos de agua. Se puede observar que tanto el estrato ganadero como el estrato mixto coinciden los cursos de agua y zonas cercanas a cursos de agua.

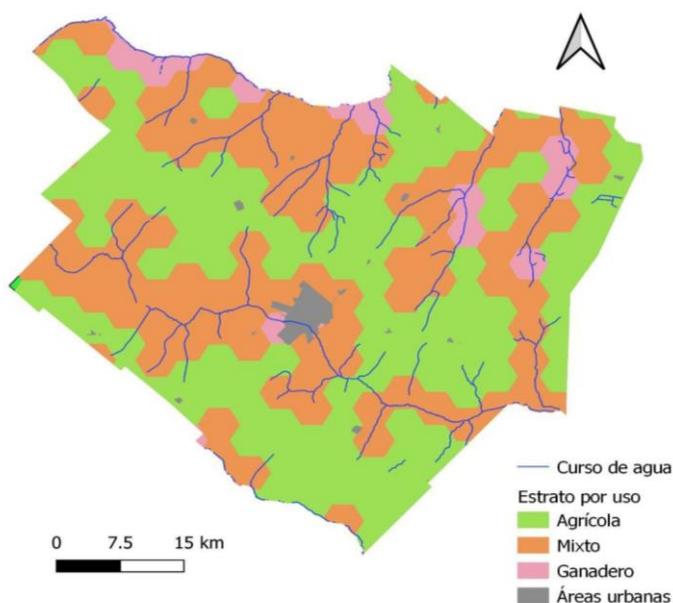


Figura 2. Estratificación del Partido de Pergamino

Paso 2:

Rectificación de los límites de los estratos.

Se definen los límites de cada uno de los estratos previamente especificados, siguiendo el patrón del parcelario catastral, es decir llevándolo a los límites parcelarios, con la finalidad de adaptarlos a los límites que tendrían los segmentos muestrales a establecerse en un paso posterior.

Se define para cada parcela catastral que es atravesada por el límite de los estratos, a qué estrato pertenece. Se toma como criterio asignar el estrato en el que la parcela tiene mayor superficie. El resultado es la estratificación con sus límites ajustados. (Figura 3)

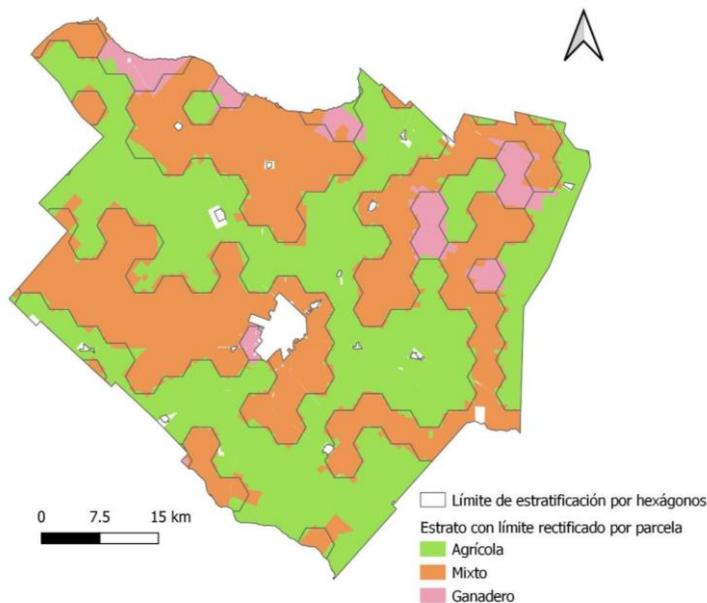


Figura 3. Estratificación del Partido de Pergamino con límites ajustados según mapa parcelario.

1.1.3. Eliminación de zonas fuera de estudio.

Se excluyen del marco de selección, aquellas tierras con probabilidad nula de desarrollar actividades agropecuarias, tales como zonas urbanas, caminos y cursos de agua. Además, se excluye la zona periurbana, definida como el área de restricción de aplicación de agroquímicos según reglamentación vigente en el partido (1095 metros para la ciudad de Pergamino y 600 metros para los pueblos de campaña). Finalmente se excluye el estrato ganadero. Estas áreas no integran el marco de selección. (Cuadro 1)

Tabla 1: Superficie por estrato - zona

Zonas - Estratos	Superficie (ha)
Estrato Agrícola	139.848
Estrato Mixto	120.648
Estrato Ganadero	13.927
Zona Urbana + Camino + Cursos de Agua	15.565
Zona periurbana (1095 m y 600)	9.188
Total Partido Pergamino	299.176

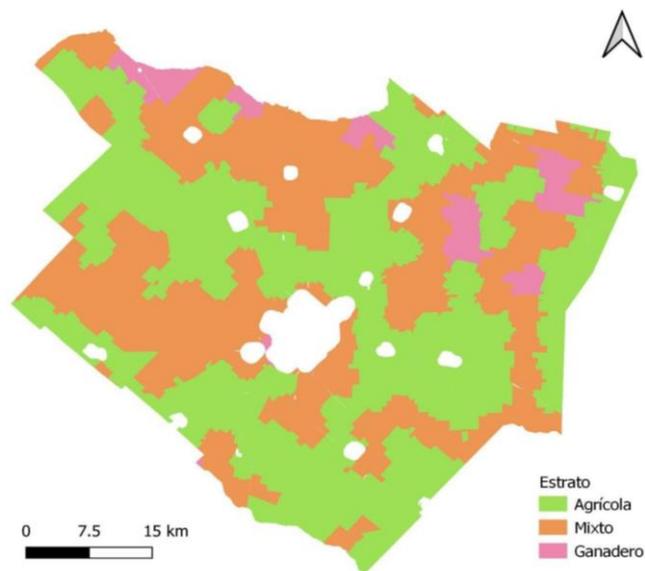


Figura 4. Estratificación del Partido de Pergamino con límites ajustados y sin áreas urbanas y periurbanas

1.1.4. Tamaño de segmento óptimo.

El objetivo es definir un tamaño de segmento óptimo considerando los costos y la carga de trabajo que el encuestador (o persona que releva la información), puede realizar como promedio en un día. Se consideran 4 parcelas diarias. Se calcula un tamaño de segmento óptimo para cada estrato.

Para determinar el tamaño de segmento óptimo, se trazan cuadrados (segmentos) de diferentes superficies en distintos puntos del estrato (al azar) sobre el mapa catastral. Luego dentro de cada cuadrado se calcula el número de parcelas catastrales parcial o totalmente incluidas en el cuadrado.

Un estudio de regresión entre la superficie y el número de parcelas determina el tamaño óptimo del segmento en el estrato.

Tabla 2. Tamaño de segmento óptimo por estrato.

Estrato	Tamaño de segmento óptimo (ha)
Agrícola	295
Mixto	407

1.1.5. Tamaño de muestra.

Se calculó el tamaño de muestra para muestreo aleatorio estratificado bajo asignación óptima considerando la estimación del total poblacional de la superficie ocupada por soja, maíz y pastura/campo. Se consideró un margen de error correspondiente a un coeficiente de variación del 10% y se utilizaron como datos previos los medidos a través de herramientas de SIG. Se seleccionaron al azar 30 segmentos de tamaño 295 ha para el estrato agrícola y 30 segmentos de tamaño 407 ha para el estrato mixto. En cada uno de dichos estratos se midió la cobertura de soja, maíz y pastura/campo y se utilizaron estos datos para calcular las varianzas por estrato necesarias para el cálculo del tamaño de muestra.

Resultó que el tamaño de muestra necesario para estimar la superficie sembrada con maíz fue de 70 segmentos, para soja 54 segmentos y para pastura/campo de 54 segmentos. Se consideró tomar una muestra de tamaño 70 resultando 43 para el estrato agrícola y 27 para el estrato mixto. Sin embargo por limitaciones económicas y considerando que los primeros relevamientos serían útiles para obtener información que mejore los cálculos de tamaño de muestra y todo el procedimiento de relevamiento, se inició con un tamaño de muestra de 27 segmentos, 16 para el estrato agrícola y 11 para el estrato mixto.

Tabla 3. Superficie, tamaño de segmento óptimo, número de segmentos poblacional y número de segmentos en la muestra, por estrato.

Estrato	Superficie (ha)	Tamaño de segmento óptimo	Número de Segmentos N_h	Número de segmentos en la muestra n_h
Agrícola	139.848	295	474	16
Mixto	120.648	407	296	11

1.1.6. Selección de los segmentos

Mediante una secuencia de operaciones de geoprocetos se obtuvieron los segmentos potenciales para cada estrato. De este universo se seleccionaron al azar los segmentos que formarían parte de la muestra.

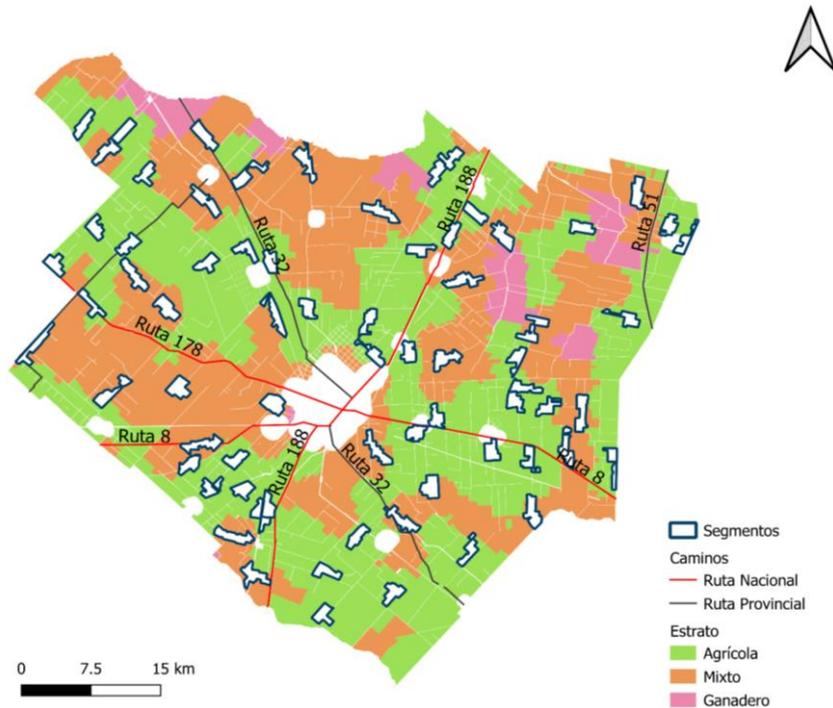


Figura 5. Segmentos seleccionados para un tamaño de muestra igual a 70.

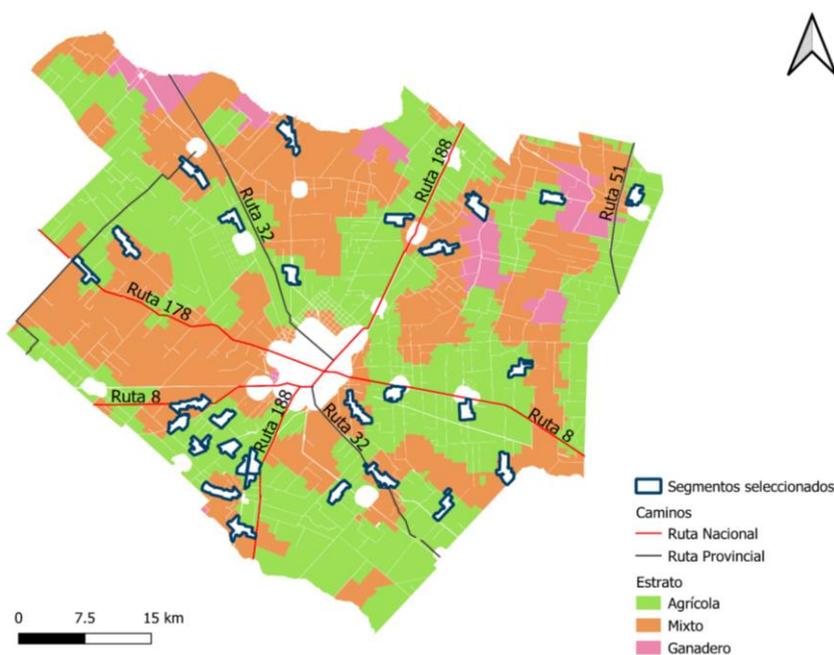


Figura 6. Segmentos seleccionados para un tamaño de muestra igual a 28.

1.2. Operativo de campo

a. Variables a relevar

La recolección de datos consiste en la observación directa del uso del suelo (o la ocupación del suelo) de la totalidad de los lotes (o tramos) en cada segmento seleccionado. En consecuencia, salvo errores de observación, el segmento constituye una verdad terrestre o verdad de campo. En la tabla 4, se detallan las variables relevadas en cada salida a campo.

Tabla 4. Variables relevadas en salidas a campo

Variable	CODIFICACIÓN	Descripción
Ocupación del suelo	(Ver tabla 5)	(Ver tabla 5)
Sistema de labranza	SD-LC	Siembra directa; labranza convencional o con algún laboreo mecánico
Cobertura	SC-SD	Surco cubierto; surco descubierto
Ganado	Si-No	Se indica presencia o ausencia de animales en el lote
Estado del cultivo	E-MB-B-R-M	Se indica el estado general del cultivo a nivel lote en 5 niveles (excelente, muy bueno, bueno, regular o malo)
Grado de enmalezamiento	A-L-M-I	Se indica el grado de enmalezamiento del lote en 4 niveles (ausencia, leve, moderado o intenso)
Adversidades abióticas	HE-GR-VU-AN-SE-AU-OTR	Se indican adversidades abióticas observables a nivel lote (helada, granizo, vuelco, anegamiento, sequía, ausencia de adversidades, otros)

La tabla 5 muestra las ocupaciones que podrían observarse, código y comentarios.

Tabla 5. Ocupación del suelo observado.

Ocupación del suelo	CODIFICACIÓN	Comentarios
Alfalfa	AL	
Arveja	AR	
Avena para cereal	AV	
Avena para hacienda	AVVerI	Avena verdeo de invierno; cuando se ve con hacienda, con boyero o pastoreada.
Avena/Vicia	AVVI	
Vicia	VI	
Vicia/Raigrás	VIRG	
Campo Natural	CN	
Cebada	CB	
Cereal de invierno	CI	Se puede identificar un cereal de invierno, pero no cuál (trigo, cebada o centeno).
Cultivo de cobertura o Verdeo de Invierno.	CCVI	Cuando se puede identificar que se trata de un cultivo de cobertura o verdeo de invierno pero no lo suficiente para determinar de cuál se trata (no se distingue si es avena, vicia o raigrás, avena/vicia, vicia/raigrás,).
Maíz de primera	M1	
Maíz de Segunda	M2	
Maíz Tardío	MT	
Pastura	PA	
Raigrás	RG	
Rastrojo de Maíz	RM	
Rastrojo de Soja	RS	
Rastrojo de Trigo	RT	
Rastrojo de Sorgo	RSO	
Soja de Primera	S1	
Soja de Segunda	S2	
Sorgo	SO	
Sorgo forrajero	SF	
Suelo laboreado	SL	Cualquier tipo de labor
Trigo	TR	
Otros	OTR	Se describe en observaciones lo que se observa
Varios	99	Caminos, montes, agua, etc. Esta superficie se contabiliza con herramientas GIS.

b. Materiales para el operativo de campo.

Previamente al operativo de campo se identifican, mediante imágenes satelitales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), los posibles lotes que componen cada segmento. Posteriormente se calcula la superficie del segmento, de cada lote y de las áreas no explotadas con fines agropecuarios como calles, casas y montes.

En la figura 7 se muestra a modo de ejemplo el segmento 103 y sus once lotes. La imagen de fondo fue obtenida por el satélite Sentinel 2 y se visualiza en una composición color RGB (infrarrojo cercano-infrarrojo medio-rojo). Esto indica que la vegetación fotosintéticamente activa presenta tonos en el rango del rojo al marrón mientras que los barbechos con distinta proporción de rastrojo degradado en superficie se identifican con tonos del verde al celeste.



Figura 7. Segmento 103 con lotes identificados

Antes de la salida a campo se distribuyen a los responsables del relevamiento a campo los archivos y el material necesario para el relevamiento de los segmentos:

- Archivo kml (Keyhole Markup Language) con cada segmento y lotes que lo componen. Este archivo puede ser visualizado en la aplicación Earth de los celulares. Esto permite que los observadores naveguen en tiempo real facilitando la identificación de los lotes de cada segmento en campo.
- Archivo en formato pdf con los segmentos con la última imagen satelital disponible. La imagen se visualiza en la misma composición color que la presentada en la figura 6. Este material brinda un apoyo adicional para el observador a partir de la interpretación visual de los colores.
- Planilla con variables a relevar. En la misma se detallan los segmentos y lotes a relevar.

Momentos de las salidas a campo

Para cada campaña se planifican tres momentos para las salidas a campo: septiembre, diciembre y febrero, con el objetivo de relevar información de cultivos de invierno y de verano.

1.3. Estimaciones

Estimador de la ocupación y en el área objetivo.

Los estimadores utilizados son estimadores de expansión directa (expande los datos de cada segmento en razón inversa de la fracción de muestreo de cada estrato) para muestreo de área, más específicamente estimador de segmento cerrado, el cual es utilizado cuando la unidad de información es el lote (o tramo) (Cochran, 1977, FAO 1998, Valliant y col., 2013).

El estimador de segmento cerrado para una ocupación y:

$$\hat{Y} = \sum_{h=1}^L \hat{Y}_h$$

Donde \hat{Y}_h se define como la superficie total sembrada en el estrato h y se calcula como sigue;

$$\hat{Y}_h = \frac{N_h}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y'_{hi}$$

Donde:

N_h es la cantidad de segmentos en el estrato h

n_h es la cantidad de segmentos en la muestra del estrato h

$$y'_{hi} = \frac{TS_h}{TS_{hi}} \sum_{j=i}^{m_{hi}} y_{hij}$$

Donde:

TS_h : Tamaño de segmento óptimo en el estrato h

TS_{hi} : Tamaño real del segmento i en el estrato h

m_{hi} : Total de lotes (o tramos) en el segmento i del estrato h, con una cobertura y

y_{hij} : Superficie sembrada de un cultivo y en el j-ésimo lote (o tramo), i-ésimo segmento y h-ésimo estrato.

Varianza del estimador:

$$\hat{\sigma}^2(\hat{Y}) = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2 (1 - f_h)}{(n_h - 1)n_h} \sum_{i=1}^{n_h} (y'_{hi} - \hat{Y}_h)^2$$

$$f_h = \frac{n_h}{N_h}$$

El coeficiente de variación de una estimación (se obtiene dividiendo el error estándar de la estimación por la propia estimación expresada en porcentaje) es una medida de la precisión de la estimación:

$$CV = \frac{\sigma(\hat{Y})}{\hat{Y}} \times 100$$

2. Resultados del primer relevamiento realizado – Septiembre 2021

En septiembre 2021 se realizó la primera recorrida de lotes para el observatorio del uso y manejo de la tierra en el partido de Pergamino. Esta recorrida permitió registrar información sobre los cultivos de invierno, cultivos de cobertura y verdes, y presencia de lotes con laboreo.

La fecha de salida, corresponde al momento donde en el partido se registra la finalización de la implantación de cultivos de invierno y el inicio de la de los cultivos de verano (particularmente implantación del maíz de primera). Analizando la figura 8, las precipitaciones registradas desde el inicio de campaña marcaban un escenario de condición hídrica normal, tras un período de fuertes sequías transitado a finales de 2020.

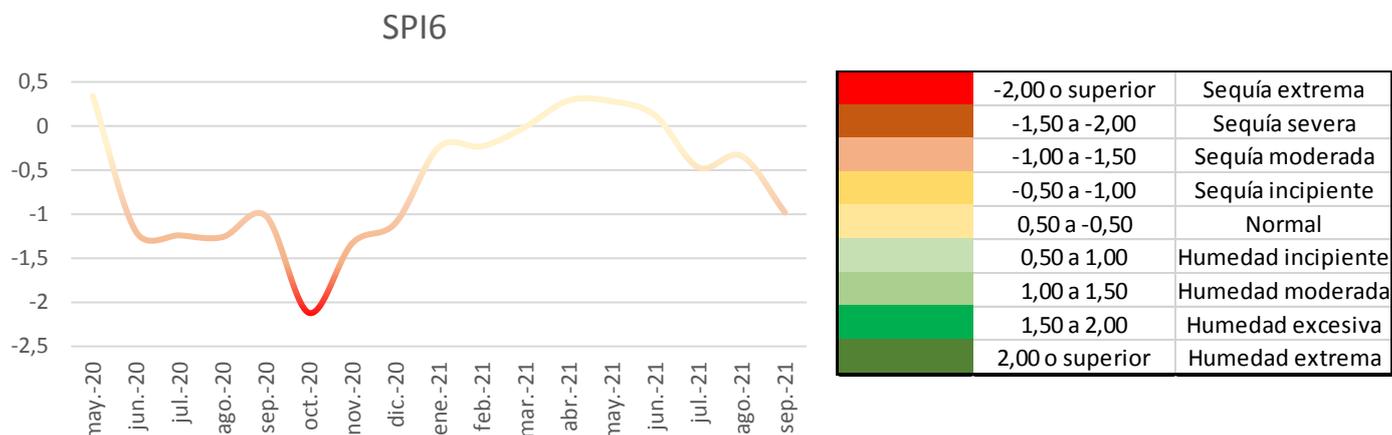


Figura 8. Índice estandarizado de precipitaciones (SPI)¹ a seis meses para la localidad de Pergamino. Elaborado en base a datos de precipitaciones de la EEA Pergamino.

La ocupación del suelo estimada en base a las observaciones se detalla a continuación en la tabla 6.

Tabla 6. Estimación de la superficie según ocupación, error estándar y coeficiente de variación de la estimación.

Ocupación del suelo	Descripción	Estimación (ha)	Error estándar	CV%
99	Varios	14.214,43	1.326,40	9
AR	Arveja	13.583,25	4.561,48	34
CI	Cereal de invierno	41.770,36	6.326,15	15
CN	Campo natural	17.523,07	5.085,70	29
OTR	Otros	2.049,16	1.312,89	64
PA	Pastura	13.500,74	5.459,18	40
RM	Rastrojo de maíz	31.261,81	6.238,23	20
RS	Rastrojo de soja	80.153,08	11.337,08	14
RSO	Rastrojo de sorgo	5.666,16	2.518,19	44
SL	Suelo laboreado	27.730,93	5.703,47	21
CCVI	Cultivo de cobertura o Verdeo de invierno	12.736,66	3.409,25	27
Total		260.189,65		

Varios: Caminos, montes, agua, etc.

Otros: Barrio, Nabo-Perejil, Escombros, Parque y Lino.

Cereal de Invierno: Trigo y Cultivo de invierno.

Cultivo de cobertura o Verdeo de invierno: Avena, Raigrás, Vicia, Verdeo de invierno no identificada la especie y Cultivo de cobertura no especificada la especie.

CV%: coeficiente de variación de la estimación en porcentaje.

¹ El Índice de Precipitación Estandarizado (SPI por Standardized Precipitation Index) (McKee y otros, 1993, 1995) es un índice para evaluar el estado de sequía o exceso de lluvia. Este indica cuántos desvíos estándar lejos de la media es la precipitación en cada mes.

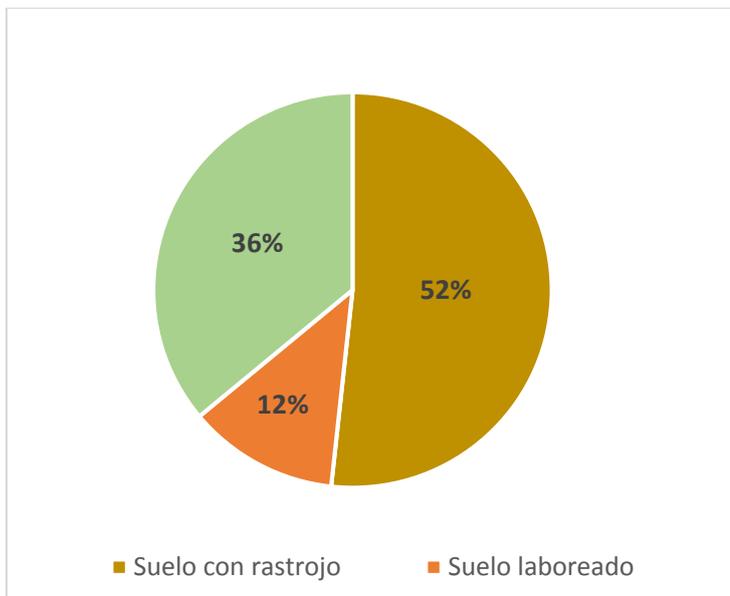


Figura 9. Distribución de la superficie con ocupación con rastrojo, superficie con suelo laboreado y suelo con vegetación sobre el total de la superficie (sin campo natural, Otros y Varios).

Como es de esperar, la proporción de suelo en barbecho en la fecha relevada es alta, por no haberse iniciado aun la campaña estival (o encontrarse en etapas muy iniciales). Cabe destacar, que del total de la superficie relevada, el 12% se encuentra con algún tipo de labor mecánica para su preparación, es decir, aproximadamente un 19% del suelo que se encuentra en barbecho (Figura 9). Como puede observarse en la tabla, no se detectaron lotes de cultivos de verano en el relevamiento a pesar de la fecha coincidente con el inicio de campaña de siembra del maíz. Si bien las condiciones observadas eran adecuadas, parecería haberse registrado un retraso del inicio de siembra.

Dentro de los cultivos de invierno, si bien la mayor proporción corresponde a cereales de invierno, con un 20% de la superficie ocupada por cultivos, barbechos y pasturas, el cultivo de arveja tiene también una participación importante, con un 6% de esta superficie. Los cultivos de cobertura/verdeos de inviernos ocupan también un 6% de esta superficie.

Si bien para el resto de las variables relevadas aun es necesario una calibración de las mismas y no es posible realizar estimaciones a partir de ellas, se puede mencionar a modo preliminar que no se observaron adversidades abióticas en el relevamiento realizado. El estado de los cultivos invernales era de bueno a muy bueno. El nivel de enmalezamiento relevado fue nulo o leve en la mayoría de los lotes con cultivos de invierno o con barbechos.

Cabe destacar que el presente trabajo es el inicio de un relevamiento que tiene como objetivo mantener un monitoreo del uso y el manejo del suelo, y en conjunto con información generada a partir imágenes satelitales determinar estado y tendencia de indicadores clave de la sustentabilidad de la actividad agropecuaria en el partido de Pergamino.

Bibliografía

Cochran, W. 1977. Sampling Techniques. John Willey & Sons, Inc. Canada.

FAO. 1998. Encuestas Agrícolas con múltiples marcos de muestreo. Encuestas basadas en muestreo de áreas y explotaciones. Volumen 1. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

FAO. 1998. Encuestas Agrícolas con múltiples marcos de muestreo. Programas de encuestas basadas en diseños de muestreo con marco de áreas o doble marco de selección (de áreas y de lista). Volumen 2. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan15-20, 1995, Dallas TX, pp.233-236.

McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186.

Valliant R, Dever J y Kreuter F. 2013. Practical Tools dor Designing and Weighting Survey Samples. Springer Science+Business Media. New York.