

# APORTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE INIA A LAS **TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS**

Editores: Georgina Paula García-Inza, José Paruelo y Roberto Zoppolo



# Capítulo 6

## Malezas en sistemas ganaderos y agrícolas

Amparo Quiñones Dellepiane, Tiago Edu Kaspar y  
y M. Alejandro García

### 1. Introducción

#### 1.1. Contextualización de la problemática de malezas

Las malezas son plantas no deseadas que se desarrollan fuera de lugar e interfieren con las actividades o el bienestar humano (WSSA, 1956). Estas “surgen” junto con la agricultura, cuando la modificación del ambiente para el cultivo de plantas comestibles favorece la proliferación de otras, no deseadas (Radosevich *et al.*, 2007). Por tanto, las malezas no comparten un conjunto específico de características, una familia o un ambiente, sino que la categorización de maleza se basa en la percepción humana, influyendo, entre otras cosas, el momento, el lugar, la situación o el sistema de producción. Los efectos negativos de las malezas pueden ocurrir de forma directa sobre las especies de interés, a través de la competencia por recursos y espacio; o indirectamente, comprometiendo las cosechas, contaminando el producto final, depreciando el valor de los campos, o aun siendo hospederas alternativas de plagas y enfermedades nocivas. Sin embargo, las malezas también pueden proveer servicios ecosistémicos, por ejemplo, el control de insectos, el incremento de nutrientes en el suelo y en la diversidad de polinizadores (Blaix *et al.*, 2018).

Por tanto, en los sistemas de producción conservacionistas y en los agroecológicos se busca balancear efectos perjudiciales y beneficios de las especies consideradas malezas. En este contexto, el manejo integrado de malezas está basado en el uso criterioso y asociado de estrategias culturales, mecánicas, químicas y biológicas, de modo de reducir al máximo el impacto ambiental. Especial atención se pone en la reducción del

uso de herbicidas de síntesis, en consideración de los potenciales daños ambientales y a la salud que su uso indiscriminado o incorrecto puede ocasionar.

## 1.2. Las malezas y el uso de herbicidas en Uruguay

La producción agropecuaria de Uruguay comprende distintos sistemas productivos, entre los que se destacan los sistemas agrícolas, agrícolas ganaderos y de ganadería extensiva. En cada sistema productivo las malezas cumplen un rol distinto, generando diferentes impactos sobre la actividad humana y exigiendo el uso de herramientas de manejo direccionadas a estas particularidades.

En los sistemas ganaderos extensivos son frecuentes las malezas de campo natural, que comprenden subarbustos y arbustos, perennes, en su mayoría nativos, de mediano y alto porte, que son poco consumidos por el ganado. Existen aproximadamente 40 especies nativas de diferentes familias (Rosengurtt, 1979) que con frecuencia son consideradas malezas. Es una característica común en estas la presencia de mecanismos para evitar la herbivoría (espinas o producción de compuestos secundarios, por ejemplo) y/o estructuras de reserva subterráneas. Las especies más representativas de malezas de campo son: cardilla (*Eryngium horridum*), carqueja (*Baccharis trimera*), mío-mío (*Baccharis coridifolia*), chilca (*Acanthostyles buniifolius*) y senecios (*Senecio* spp.). Los enmalezamientos de campo ocurren cuando una o varias de estas especies se tornan dominantes y disminuyen tanto la superficie útil de pastoreo como los recursos disponibles para el crecimiento de las plantas forrajeras. Además, dificultan las tareas de vigilancia del ganado, especialmente de categorías jóvenes. Algunas presentan el problema adicional de ser tóxicas.

En los sistemas más intensivos, las malezas se presentan como uno de los principales problemas fitosanitarios en cultivos y pasturas cultivadas. Además de generar pérdidas productivas y dificultar la cosecha, la presencia de malezas y sus propágulos reducen la calidad del producto final al contaminar lotes de granos, semillas y/o reservas de alimentos destinados a distintos animales. El manejo de las malezas en estos sistemas productivos se ha basado, en los últimos 20 años, principalmente en el uso de herbicidas. Esta estrategia ha generado la selección de poblaciones de raigrás (*Lolium multiflorum*), yerba carnífera (*Conyza* spp.) y de yuyo colorado (*Amaranthus* spp.) resistentes a herbicidas en Uruguay

(Félix y Urioste, 2016; Kaspary *et al.*, 2020a). Esta problemática ha elevado los costos de manejo de estas poblaciones y ha promovido el uso de mayores cargas herbicidas.

En Uruguay, las importaciones de herbicidas pasaron de 6.000 toneladas en 2005 a más de 17.000 en 2019, representando actualmente en promedio el 60% del valor monetario del total de productos fitosanitarios importados (MGAP, 2020). El glifosato es el de mayor importancia, tanto en cantidad como en valor de sus importaciones. El uso incorrecto de fitosanitarios puede generar efectos nocivos a la salud humana, impactos negativos sobre la fauna y flora, además de conflictos sociales (Tuduri y Uval, 2019). Por tanto, a pesar de las características particulares de las diferentes problemáticas de malezas, la reducción en el uso de herbicidas y la conservación de los recursos naturales constituyen un desafío compartido por los diferentes sistemas productivos.

## **2. Abordaje actual del manejo de malezas**

### **2.1. Sistemas ganaderos**

En los sistemas ganaderos extensivos, el principal recurso forrajero es el pastizal, o campo natural (Pallarés *et al.*, 2005), que ocupa aproximadamente el 60% de la superficie de Uruguay (Baeza y Paruelo, 2020). En general, las comunidades de campo natural tienen entre dos y tres estratos. En el primer estrato se desarrollan las especies de interés forrajero, mayormente gramíneas perennes, cuya altura óptima está entre los 6 y 12 cm (Jaurena *et al.*, 2018, 2021). En el segundo (hasta los 30-40 cm) y el tercer estrato (> 50 cm) se encuentran subarbustos, arbustos, gramíneas erectas y pastos altos. Cuando los subarbustos y arbustos dominan en la comunidad, compiten eficientemente por espacio, nutrientes y luz, y reducen el área efectiva de pastoreo. Además, pueden provocar un aumento en la presión de pastoreo sobre las especies más palatables, afectando la cobertura y la productividad de las gramíneas forrajeras nativas. En esas situaciones, las especies pasan a catalogarse como malezas de campo.

La cardilla (*Eryngium horridum*) es considerada por los ganaderos como una de las malezas de campo más perjudiciales, por su potencial de ocupar el espacio, su habilidad competitiva y su tolerancia a diferentes métodos de control, dado que la muerte de la parte aérea generalmente es

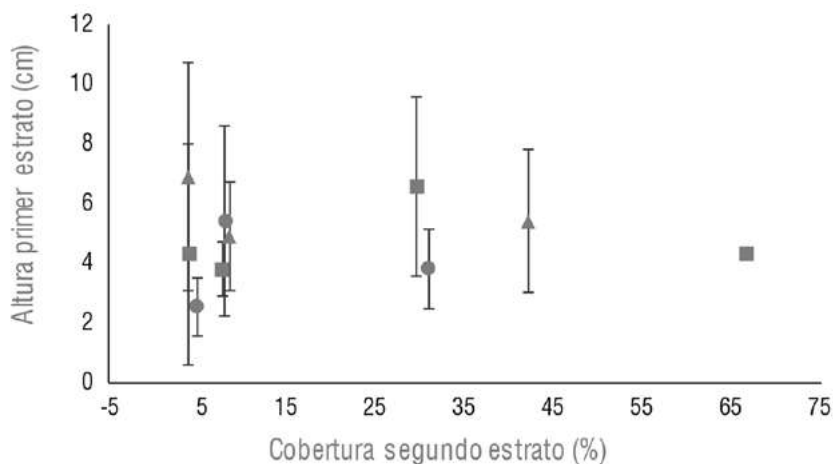
sucedida por el rebrote desde las numerosas yemas axilares (Carámbula *et al.*, 1995; Lallana, 2007). La cardilla es muy frecuente en los pastizales densos de Sierras del Este, la cuenca sedimentaria del noreste y centro Sur: comunidad *Eryngium horridum*-*Juncus capillaceus* (Lezama *et al.*, 2019). En esta comunidad, Altesor *et al.* (2019) identificaron diferentes estados y fases.<sup>1</sup> En algunas de ellas la cobertura del segundo estrato supera el 30% y puede llegar hasta el 65%, lo cual suele estar acompañado de valores de altura del primer estrato inferiores a los 6 cm (Figura 1), que, como ya se mencionó, es el valor mínimo para garantizar un buen desempeño animal (Jaurena *et al.*, 2018, 2021). Por tanto, en muchos predios el control de malezas de campo, en conjunto con un ajuste del pastoreo, repercutiría favorablemente en la productividad ganadera.

Para disminuir el impacto de estas especies, a nivel predial se usa el control mecánico con rotativa o herramientas de arrastre (por ejemplo, riel lastrado), y/o el control químico con máquinas pulverizadoras o de control posicional (de alfombra o sogá). El control mecánico es altamente efectivo en el corto plazo, pero el porcentaje de control merma a los pocos meses, dado que la mayoría de las especies rebrotan luego del corte (Pellegrini *et al.*, 2007; Formoso y Martínez, 2012). El control químico es más efectivo en el largo plazo, pero su uso debe ser evaluado con cuidado. Los herbicidas no brindan selectividad a nivel de especie, lo que en comunidades muy diversas como los campos naturales conlleva el riesgo de daño en especies no-blanco. Las máquinas de control posicional minimizan este riesgo, pero no lo impiden en todas las situaciones, dado que puede haber especies que no sean malezas en el segundo estrato o incluso puede llegar herbicida al primer estrato si la regulación es deficiente. Otro de los aspectos a considerar en el control químico es el estado de crecimiento de las malezas (Harrington y Ghanizadeh, 2017) y su estructura poblacional. Las malezas de gran tamaño y biomasa son más tolerantes al control y pueden proteger a las juveniles. Por lo que, en situaciones de alto enmalezamiento, es aconsejable el control integrado (mecánico + químico).

---

<sup>1</sup> Según Altesor *et al.* (2019: 74), “la heterogeneidad de la vegetación derivada del manejo ganadero puede ser organizada e interpretada en términos de estados o de fases dentro de un mismo estado, que representan distintas etapas de la dinámica de una comunidad”.

**FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE LA ALTURA DEL PRIMER ESTRATO Y LA COBERTURA DEL SEGUNDO ESTRATO EN LOS PASTIZALES DENSOS DE LA COMUNIDAD DE *ERYNGIUM HORRIDUM*-*JUNCUS CAPILLACEUS*.**



*Nota: Los símbolos se corresponden con las regiones geográficas: Sierras del Este (círculo), Centro-Sur (cuadrado) y Cuenca Sedimentaria del Noreste (triángulo). Cada símbolo representa el promedio de una de las fases y las barras el desvío estándar.*  
*Fuente: Elaboración propia, en base a Altesor et al., 2019.*

## 2.2. Sistemas agrícolas

Los sistemas agrícolas de secano comprenden dos zafras anuales para granos secos, siendo los cultivos de invierno compuestos mayoritariamente por trigo, cebada y colza; y alcanzando en la campaña 2020 cerca de 540 mil hectáreas sembradas (MGAP, 2021). En tanto que los cultivos de verano corresponden a soja, maíz y sorgo, con aproximadamente 903, 149 y 33 mil hectáreas sembradas de cada uno de estos, respectivamente (MGAP, 2021). De forma mayoritaria la agricultura en nuestro país utiliza la siembra directa como modo de establecimiento de los cultivos.

En los sistemas de siembra directa, el uso de herbicidas es la principal herramienta de manejo de las malezas, ya que, en este escenario, estos son usados para la preparación de barbechos limpios y para así posibilitar la siembra y el establecimiento de los cultivos. Debido a sus características como un excelente herbicida total, el más usado tradicionalmente para lograr un barbecho químico ha sido el glifosato. Co-

múnmente también se utilizan herbicidas selectivos para el control de malezas luego de la emergencia del cultivo sembrado. Sin embargo, la utilización de cultivos transgénicos también promovió el uso de menos principios activos herbicidas, tornando casi inexistente la rotación de diferentes mecanismos de acción y basando el control químico principalmente en la utilización de glifosato. Estas tecnologías, utilizadas por varios años y sin formar parte de una estrategia integrada de manejo de malezas, significaron un aumento en el uso de herbicidas y una modificación en la frecuencia de las especies de malezas, culminando con la selección de biotipos resistentes a herbicidas (Ríos *et al.*, 2013; Félix y Urioste, 2016).

Relatos de observaciones de técnicos y estudios a nivel nacional corroboran fallas en el control de raigrás (*Lolium multiflorum*), yuyo colorado (*Amaranthus* spp.) y yerba carnícera (*Conyza* spp.) después de la utilización de herbicidas registrados para el control de estas malezas (Ríos *et al.*, 2013; Félix y Urioste, 2016; Kaspary *et al.*, 2020a). Coincidentemente, estos géneros se encuentran entre los citados con mayor frecuencia a nivel mundial, presentando en algunos casos resistencia a 11, 8 y 7 herbicidas con diferentes sitios de acción, respectivamente (Heap, 2021).

Según datos preliminares de un estudio realizado por el INIA, que busca caracterizar la resistencia a herbicidas, en Uruguay, de 70 poblaciones testeadas de raigrás, 75 de yuyos colorados y 45 de yerba carnícera, el 85, el 80 y el 87% resistieron la dosis recomendada de glifosato, respectivamente. Este escenario ha promovido el uso progresivo de mayores dosis de este herbicida o, en muchos casos, de otros herbicidas con peores perfiles ecotoxicológicos, incrementando los costos de producción e impactos ambientales. Por ende, la adopción de un manejo integrado de malezas que incluya prácticas de control culturales, mecánicas y un uso más diversificado y criterioso de herbicidas es clave para reducir el uso de estos productos y lograr un manejo exitoso de malezas resistentes (Balbinot Jr. *et al.*, 2007).

### 3. Tecnología propuesta

La constante búsqueda de alternativas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad ambiental en Uruguay ha impulsado en los últimos años la adopción de estrategias que apuntan a un manejo más integrado de malezas en los sistemas agrícolas y ganaderos. En este contexto, la suma de

esfuerzos entre los diferentes actores del sistema productivo uruguayo ha generado y continúa generando cada vez más insumos para apoyar a técnicos y productores en la reducción de la dependencia del uso de herbicidas como herramienta de manejo de malezas.

### **3.1. Sistema ganadero. Manejo integrado de malezas**

El manejo de malezas de campo debe estar comprendido en una estrategia general de manejo del pastoreo que promueva una estructura óptima para el desempeño animal (Jaurena *et al.*, 2021) y minimice las chances de recolonización de las malezas. El control de estas puede basarse exclusivamente en herramientas mecánicas o complementarse con el uso de herbicidas (Figura 2). La elección dependerá, entre otras cosas, del tipo de sistema y de la disponibilidad de herramientas. En situaciones de alta cobertura inicial (> 30%) es recomendable hacer una primera intervención mecánica para disminuir la cantidad de biomasa aérea, promover el rebrote, disminuir la cantidad de biomasa subterránea y homogeneizar el tamaño de las plantas. Todo ello genera las condiciones para elevar la efectividad del control químico y minimizar la cantidad de herbicida necesario. Este proceso de “preparación” es más rápido si la intervención mecánica se realiza en primavera temprana y en el siguiente otoño se aplica el control químico. En otoño, las malezas perennes estivales acumulan reserva en sus órganos subterráneos, por lo que se logra un buen flujo de herbicida a los puntos de crecimiento. Para la aplicación de herbicidas en pastizales es aconsejable el uso de máquinas de aplicación posicional en lugar de pulverizadoras. Las máquinas de control posicional son utilizadas para el control de malezas en pasturas en diferentes partes del mundo, siendo el factor común en los diversos modelos la deposición del herbicida en el estrato superior de la pastura (Harrington y Ghanizadeh, 2017). Una de las ventajas de esta herramienta es que evita el contacto del herbicida con las especies del estrato inferior, minimizando el daño en especies no-blanco, como hierbas de pequeño porte y gramíneas forrajeras. En Uruguay, las máquinas más populares son las denominadas “de alfombras” (Ríos, 2007). Independientemente del método utilizado, la evaluación del éxito de una intervención de control no debe estar sesgada a la disminución de la densidad y/o cobertura de la/s maleza/s en el corto plazo, sino que debe constatar un efecto positivo de la remoción de la/s maleza/s de las especies de interés.



**FIGURA 2.** HERRAMIENTAS DE CONTROL MECÁNICO (IZQUIERDA) Y QUÍMICO (DERECHA) DE MALEZAS DE CAMPO. SE MUESTRA UN RIEL LASTRADO ELABORADO ARTESANALMENTE Y LA MÁQUINA DE ALFOMBRA SUPERÁTILA



*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.2. Sistemas agrícolas. Uso de cultivos de cobertura y rolado en el manejo de malezas**

A partir de la adopción de un manejo integrado de malezas, los cultivos de cobertura (cc), también conocidos como cultivos de servicio (cs), y el rolado como método de desecación son herramientas promisorias para los sistemas productivos uruguayos, que apuntan a un uso más eficiente de herbicidas y a contribuir al desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles (Kaspary *et al.*, 2020b). Los cc proporcionan cobertura vegetal durante los períodos en que no está presente un cultivo con destino a ser cosechado, contribuyendo a controlar la erosión, mejorar la infiltración y la retención de agua por el perfil del suelo. Además, pueden incrementar los nutrientes y controlar malezas. La supresión de malezas puede ocurrir durante el ciclo de desarrollo vegetativo de los cc y también después de su desecación, por efectos de sus rastrojos en superficie. La interferencia de los cc y sus rastrojos reducen la germinación, el establecimiento y el desarrollo de malezas a partir de efectos físicos, alelopáticos y biológicos. Estos efectos sumados bajan la densidad o evitan el establecimiento de malezas, reduciendo las dosis y/o el número de aplicaciones de herbicida necesarias para su control, o eventualmente hasta permitiendo prescindir del herbicida en ciertos momentos de la secuencia de cultivos.

Los rápidos establecimiento y cobertura del suelo son factores muy deseables en los cc, que, sumados a la gran capacidad de producción de biomasa, interfieren directamente en el establecimiento y desarrollo de malezas. Estos factores están directamente relacionados con la/es especie/s usada/s y con otros, relativos a su siembra, que incluyen: la densidad, el tipo (en línea o al voleo) y el momento (en pre o poscosecha del cultivo de verano). En Uruguay, la avena negra es la especie de cc de ciclo invernal más usada, debido a su precocidad y alta tasa de crecimiento durante el invierno (Sawchik *et al.*, 2015). Al mismo tiempo, presenta un gran potencial de supresión de malezas y posibilita, cuando es necesario, la utilización de herbicidas selectivos para el control de especies de hoja ancha, como la yerba carnífera. En los últimos años, desde el INIA y otras instituciones nacionales –como por ejemplo la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (FAGRO-UDELAR)–, se ha trabajado para determinar los factores que permitan optimizar el desarrollo de los cc y maximicen el control de malezas, en las condiciones de Uruguay. En este sentido, la adecuación de los factores de siembra antes mencionados y el uso de rolado como método de terminación han demostrado ser variables que permiten maximizar el control de malezas y reducir el uso de herbicidas.

El rolado es una alternativa mecánica para la desecación de los cc. A modo de descripción general del proceso de rolado, el objetivo del rolo es quebrar y aplastar las plantas, pero no cortarlas. Esta técnica, realizada en el momento adecuado, provoca la muerte del cc, que queda anclado al suelo y dispuesto de una forma que minimiza la entrada de luz al mismo. Al mismo tiempo, también puede controlar algunas malezas que lograron sobrevivir a pesar de la competencia del cc. La eficiencia de este método es muy dependiente de la especie a ser rolada, su estadio de desarrollo y la cantidad de biomasa verde presente. Además de eso, la siembra del cultivo de interés económico debe ser orientada en el mismo sentido del rolado, evitando la necesidad de cortar gran parte del rastrojo (Curran y Ryan, 2010). Por lo tanto, a través del rolado se logran oportunos controles, con una adecuada desecación, aportando un mantillo superficial de rastrojo con potencial para disminuir la germinación y el desarrollo posterior de malezas. Cuando por diferentes motivos no se logran adecuados controles, es necesario complementar con aplicaciones de herbicidas para optimizar el manejo (Creamer y Dabney, 2002). Sin embargo, la cantidad de herbicida requerido para lograr el objetivo es significativamente menor (Kaspary *et al.*, 2020b). En la agricultura, es-

pecialmente en cultivos orgánicos, existen varios tipos de rolos, pudiendo ser estos: i) lisos; ii) de cuchillas rectas; iii) de cuchillas helicoidales; y iv) de cuchillas rectas dispuestas en ángulo. Este último es el más usado para manejo de cultivos de cobertura, por su menor costo (Figura 3).

**FIGURA 3.** UTILIZACIÓN DE ROLO DE CUCHILLAS RECTAS (A) Y DE CUCHILLAS RECTAS DISPUESTAS EN ÁNGULO (B) EN EL ROLADO DE AVENA NEGRA Y SORGO



Fuente: *Elaboración propia.*

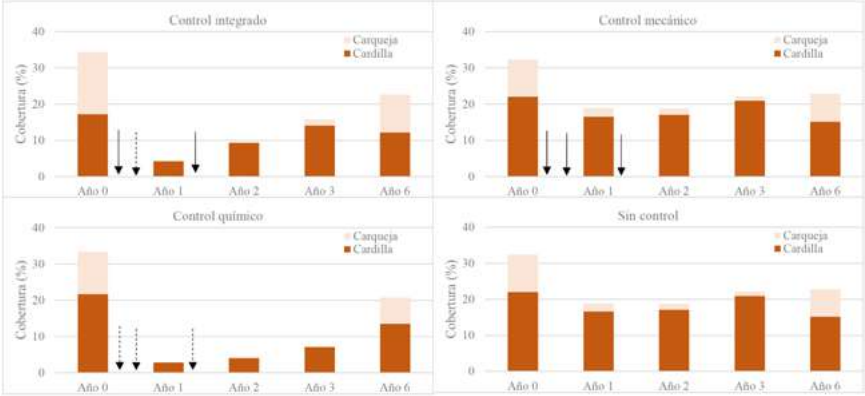
## 4. Mejoras a partir del uso/de la implementación de la tecnología propuesta

### 4.1. Sistema ganadero. Efectos directos e indirectos del control de malezas

El manejo de malezas en campo natural debe estar comprendido en una estrategia general de manejo de la vegetación que incluye la promoción de las especies deseadas y la supresión de las no deseadas, sin comprometer la salud del pastizal en el largo plazo (Heady y Child, 1994). El enfoque reduccionista de las malezas (centrado en el control) puede promover prácticas de control que, directa o indirectamente, degraden la comunidad y exacerben el problema (Radosevich *et al.*, 2007; Sheley *et al.*, 2006). En este marco, en el INIA se realizó un experimento de seis años de duración, durante el cual se evaluó la efectividad de tres métodos de control (mecánico, químico e integrado) sobre la dinámica de

rosetas de cardilla y la respuesta de la comunidad de pastizales densos de Sierras del Este. Los tres métodos de control evaluados disminuyeron la cobertura de cardilla y carqueja, y el nivel de control (muerte de plantas) en el tratamiento mecánico fue menor. El uso de herbicida (2,4-D + picloram aplicado con máquina de alfombra) aumentó la efectividad y la residualidad del control. La integración del control químico y mecánico logró una efectividad similar al químico, pero con 1/3 de la dosis aplicada (Figura 4). Ambos tipos de control difieren en sus efectos sobre la dinámica poblacional de la especie. El control mecánico reduce el tamaño medio de roseta, pero no afecta la densidad de rosetas. Ello implica una inmediata disminución de la cobertura, pero que a los meses se revierte por el proceso de rebrote y crecimiento de las rosetas. En cambio, el control químico sí logra disminuir la densidad de rosetas y, por tanto, logra una mayor reducción de la cobertura y, por ende, de la residualidad del control (Quiñones *et al.*, 2020). Independientemente del tratamiento, la efectividad del control se relaciona con la presencia de rosetas grandes (> 60 cm de diámetro), que son susceptibles tanto de ser arrancadas por el riel como mojadas por la alfombra. En cambio, cuando la población se compone de rosetas chicas (< 40 cm) y medianas (40-60 cm), la reducción de la cobertura es mínima, ya que muchas de estas pueden escapar y/o tolerar dichas herramientas, como ocurrió en el tercer momento de aplicación de los tratamientos. Por lo tanto, las intervenciones de control no se deberían aplicar anualmente. Además, es importante considerar que estas especies son componentes naturales de los pastizales y su sola presencia no implica un daño ecológico; por el contrario, la heterogeneidad de estratos es un atributo deseable, que debe ser integrado al manejo productivo (Fuhlendorf *et al.*, 2017). Independientemente del método seleccionado, el objetivo debe ser disminuir la cobertura a niveles bajos (por ejemplo: < 10% cobertura), no su eliminación de la comunidad.

**FIGURA 4.** COBERTURA DE CARDILLA (GRIS OSCURO) Y CARQUEJA (GRIS CLARO) EN PRIMAVERA SEGÚN MÉTODO DE CONTROL (INTEGRADO, MECÁNICO, QUÍMICO Y TESTIGO SIN CONTROL) DESDE EL AÑO 0 AL 6



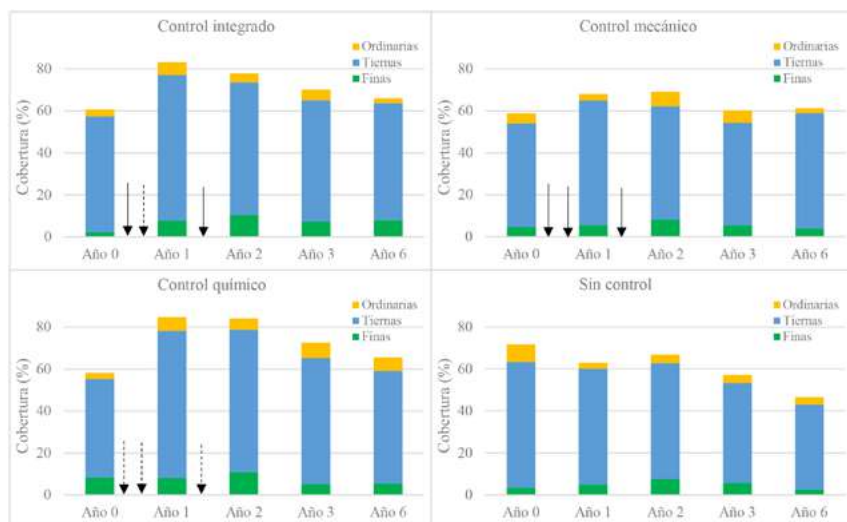
*Nota:* Los valores corresponden a la cobertura promedio evaluada en primavera. Los controles (flecha) fueron efectuados en tres momentos; primavera año 0 (luego de la primera medición), otoño año 1, y primavera año 1 (luego de la segunda medición). El control mecánico (flecha entera) se realizó con un riel lastrado; el químico (flecha punteada), con máquina de alfombra con 2,4-D + picloram y el control integrado, como la secuencia: mecánico + químico + mecánico.

*Fuente:* Elaboración propia.

La disminución de la cobertura de malezas de campo fue acompañada por el aumento de la cobertura de gramíneas forrajeras nativas, no existiendo cambios profundos en la proporción de los tipos productivos definidos por Rosengurtt (1979)<sup>2</sup> (Figura 5).

<sup>2</sup> Los tipos productivos son una categorización subjetiva que integra la productividad y apetecibilidad de las especies. Las especies finas son las que reúnen mejores condiciones, seguidas por las tiernas y luego las ordinarias.

**FIGURA 5. COBERTURA DE GRAMÍNEAS FORRAJERAS FINAS (NEGRO), TIERNAS (GRIS OSCURO) Y ORDINARIAS (GRIS CLARO) SEGÚN MÉTODO DE CONTROL (INTEGRADO, MECÁNICO QUÍMICO Y TESTIGO SIN CONTROL) DESDE EL AÑO 0 AL 6**



*Nota: Los valores corresponden a la cobertura promedio evaluada en primavera. Los controles (flecha) fueron efectuados en tres momentos; primavera año 0 (luego de la primera medición), otoño año 1, y primavera año 1 (luego de la segunda medición). El control mecánico (flecha entera) se realizó con un riel lastrado; el químico (flecha punteada), con máquina de alfombra con 2,4-D + picloram y el control integrado, como la secuencia: mecánico + químico + mecánico.*

*Fuente: Elaboración propia.*

En síntesis, el resultado productivo del control dependerá en gran medida de la presencia de gramíneas de interés forrajero y de su manejo. Para capitalizar el aumento en los recursos de crecimiento liberados por la muerte de las malezas luego del control, es preciso monitorear y manejar la pastura, mediante el control de la altura, disponibilidad u oferta de forraje, enfocándose principalmente en el estado de las especies forrajeras más valiosas. Por más efectivo que sea el control, no repercutirá en la productividad primaria ni secundaria si se sobrepastorea el primer estrato.

## 4.2. Sistemas agrícolas

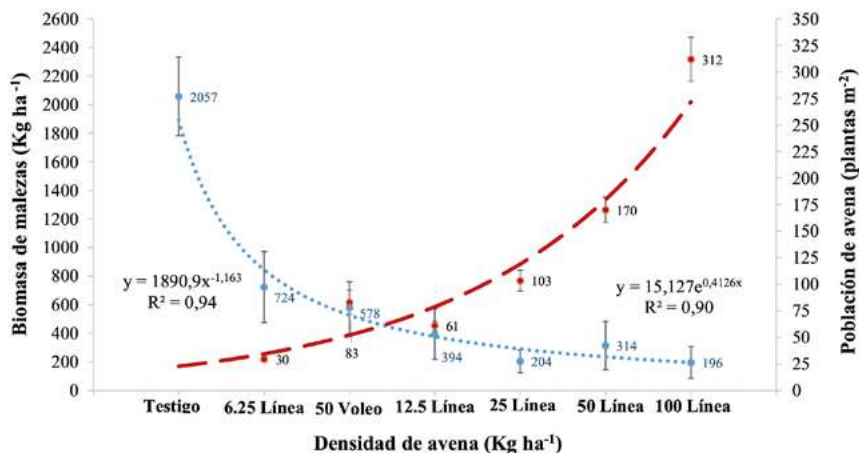
### Densidad de siembra de avena negra y control de malezas

La capacidad de los cc de reducir la incidencia de malezas resulta de su habilidad para competir por recursos (luz, agua, nutrientes) e interferir sobre la germinación, el establecimiento y el desarrollo de estas especies eventualmente no deseables. Por lo tanto, la rápida cobertura del suelo por parte del cc es de fundamental importancia para optimizar su efecto sobre el establecimiento y desarrollo de malezas. Uno de los factores que posibilitan un rápido cubrimiento del suelo por el cc es el uso de una óptima densidad de plantas, obtenida a su vez por adecuada densidad de siembra. En los últimos años, el INIA comenzó con el desarrollo de una serie de ensayos que buscan optimizar ciertas variables de los cc para las condiciones de nuestros sistemas de producción, siendo una de ellas la densidad de siembra de avena negra, luego de cosechado el cultivo de verano.

Dentro de cierto rango, es posible obtener mejores índices de implantación de avena negra (plantas  $m^{-2}$ ) con el incremento de la densidad de siembra (Figura 6). La excepción fue la siembra al voleo que, con una densidad de 50 kg, presentó una implantación similar a las densidades de 12,5 y 25,0 kg en la línea. Por lo tanto, en términos de plantas logradas no es lo mismo realizar la siembra en línea o al voleo, siendo que, en el caso de esta última, debe ser considerada esa menor tasa de implantación. Es importante mencionar también la calidad de la semilla que se debe usar o, en su defecto, contemplar para lograr el número de plantas deseadas. En estos experimentos, los lotes de semillas usados tenían entre 96 y 98% de germinación.

La biomasa de malezas antes de la desecación del cc es una variable muy confiable para determinar la capacidad de supresión de malezas de estos cultivos. Las densidades más altas, 25, 50 y 100  $kg\ ha^{-1}$ , lograron reducir la biomasa en 90, 85 y 90%, respectivamente, con respecto al testigo sin cobertura, solo por efecto de la competencia de avena negra (Figura 6). En líneas generales, los tratamientos de mayor densidad de avena restringieron de forma más eficaz el desarrollo de las malezas que los tratamientos con baja densidad o el tratamiento en el que la avena negra fue sembrada al voleo. Es importante resaltar que la comunidad de malezas fue compuesta en su gran mayoría por yerba carnífera, raigrás y gamochaeta (*Gamochoeta* spp.).

**FIGURA 6.** POBLACIÓN DE AVENA NEGRA LOGRADA (LÍNEA DE RAYAS) Y BIOMASA DE MALEZAS (LÍNEA DE PUNTOS) EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DEL CC Y TESTIGO SIN CC



Fuente: Jorajuría (2019).

El aumento de la población de avena negra disminuyó la biomasa de malezas, demostrando que la capacidad supresora del cc se correlaciona con la densidad de plantas. Analizando de forma conjunta las dos curvas, biomasa de malezas y población de avena negra, se estima que una densidad de siembra de avena negra en línea de 40 kg ha<sup>-1</sup>, sembrada luego de la cosecha del cultivo de verano, es capaz de suprimir entre 80 y 90% de la biomasa de malezas (Figura 6). En términos de control de malezas, estos resultados sugieren que la avena negra bien implantada, con una densidad de plantas superior a 160 plantas m<sup>-2</sup>, es capaz, solo por su efecto de competencia, de reducir drásticamente la presencia y el desarrollo de malezas durante el invierno (Jorajuría, 2019; Kaspary *et al.*, 2020b).

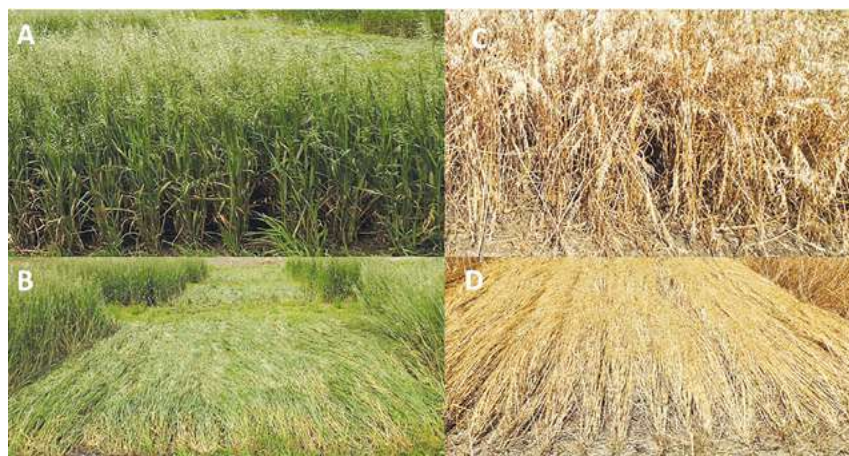
### Rolado como método de terminación en avena negra

El rolado de avena negra fue probado como método alternativo de “desecación” no química, sin uso de herbicida. Para eso, fue usado un rolo con cuchillas (sin filo) de modo que aplastara, pero no cortara el cc. La



avena negra fue rolada en grano lechoso. El rolado se mostró eficiente como método de desecación de la avena negra, logrando matar el CC (Figura 7) y posibilitando la siembra de soja como el cultivo sucesor sin disminución en el número de plantas logradas, en comparación con la desecación química.

**FIGURA 7.** AVENA NEGRA ( $50 \text{ kg HA}^{-1}$ ) 0 Y 20 DÍAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS QUÍMICOS (A Y C) Y ROLADO (B Y D)

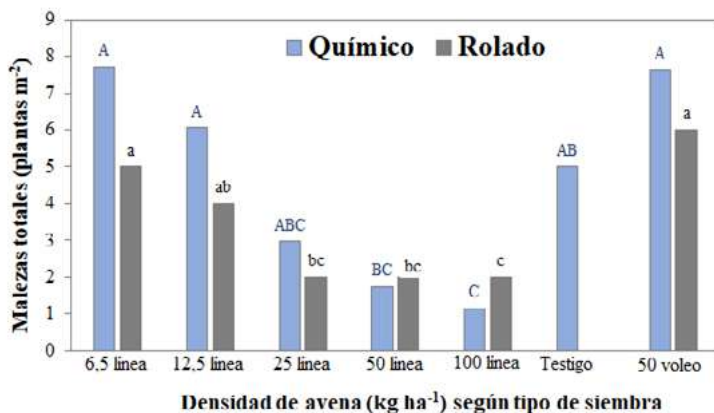


Fuente: Kaspary et al. (2020b).

**Véase la figura 7 en el apartado a color.**

En evaluaciones posteriores, durante la fase inicial de desarrollo del cultivo de soja, los tratamientos de baja densidad de avena negra ( $6,5$ ;  $12,5$  y  $25 \text{ kg ha}^{-1}$ ) desecados mediante rolado presentaron, en general, un menor número de malezas con respecto a los desecados con herbicidas (Figura 8). En cuanto que para siembras de  $50$  y  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  en línea estas diferencias no fueron observadas. Estos resultados sugieren que, a bajas densidades de avena negra, la disposición de rastrojo que genera el rolado limita más la germinación de malezas en primavera en comparación con lo que sucede cuando se deseca químicamente. En este último caso, el rastrojo no queda tan bien distribuido en la superficie del suelo y hay más oportunidades para que llegue luz a los estratos inferiores, permitiendo la germinación de las malezas.

**FIGURA 8.** DENSIDAD DE MALEZAS EN ETAPAS INICIALES DEL CULTIVO DE SOJA, EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE AVENA Y EL MÉTODO DE DESECACIÓN QUÍMICO O ROLADO.



Nota: Letras distintas difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) según el test de Fisher.

Fuente: Jorajuría (2019).

El rolado constituye una alternativa para la desecación de los cc sin uso de herbicidas y reduce la germinación de malezas como yerba carnífera, sin afectar el rendimiento del cultivo posterior. De este modo, la utilización en conjunto de una densidad adecuada de siembra y el rolado constituyen importantes herramientas del manejo integrado de malezas. Por lo tanto, pueden reducir la dependencia de herbicidas y contribuyen a mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos de Uruguay.

## 5. Nuevas tecnologías y perspectivas

### 5.1. Uso de *Paspalum notatum* INIA Sepé para el manejo de capín Annoni

El capín Annoni (*Eragrostis plana*) es un pasto invasor originario de África que constituye una amenaza para la sustentabilidad de la ganadería. Se caracteriza por una elevada tasa de crecimiento, bajo valor nutritivo, gran capacidad de competencia y resistencia a condiciones adver-

sas, como suelos pobres y déficits hídricos. Sus principales daños son la reducción de la biodiversidad y del desempeño animal. Esta especie se ha diseminado a gran parte de Uruguay a través de la caminería (MGAP, 2017) y en la zona norte del país es común encontrarlo “porteras adentro”. En virtud de ello, el INIA se ha abocado al diseño de estrategias para su manejo, destacándose como alternativa forrajera promisorio *Paspalum notatum* cv. INIA Sepé. El rol que este cultivar puede tener para recuperar la productividad primaria en comunidades dominadas por capín Annoni es parte de la Red de Evaluación de Forrajeras INIA.

## 5.2. Aplicaciones de precisión para el manejo de malezas

Las aplicaciones de herbicidas para el control de malezas emergidas en el total del área de una chacra son comunes, incluso en escenarios de menos del 20% de cobertura de malezas, provocando que la mayoría del producto no se deposite eficientemente en la planta que se quiere controlar. Esta práctica puede generar impactos ambientales, además de elevar los costos. Actualmente están disponibles sistemas de pulverización de precisión que permiten identificar y asperjar solamente las malezas, reduciendo el uso de herbicidas y el riesgo de selección de malezas con resistencia. El sistema de aplicación de precisión está basado en el uso de sensores que logran diferenciar las plantas fotosintéticamente activas (verdes) de la vegetación muerta o el suelo desnudo, posibilitando la deposición del herbicida principalmente sobre las malezas (Lamb y Brown, 2001). La utilización de estos sensores inteligentes puede reducir el uso de herbicida del 47 hasta el 90% en casos en los que la cobertura verde que se requiere controlar no es homogénea (Ahrens, 1994; Fischer *et al.*, 2020). En este escenario, se están desarrollando en el INIA los primeros ensayos con utilización de sensores en aplicaciones de precisión, buscando adecuar la tecnología a la realidad de los sistemas productivos uruguayos. Se espera que en el corto a mediano plazo estos sensores y, por lo tanto, la aplicación inteligente no solo se basen en la detección de vegetación viva, sino que también logren diferenciar entre el cultivo y las malezas y solo apliquen herbicida donde detecte a estas últimas. Incluso, ya hay robots comerciales que funcionan de esta manera, aunque no se prevé su adopción masiva para el control de malezas en el corto plazo. Por ende, usar en forma criteriosa y eficiente los herbicidas sigue siendo una de las principales prioridades de la investigación en esta disciplina.

También se encuentra en pleno desarrollo la utilización de drones para reconocimiento y mapeo de malezas. Esto permitiría llevar en las chacras mejores registros de la localización y evolución de los enmalezamientos, favoreciendo aplicaciones más precisas y eficientes, y una estrategia de manejo más proactiva.

El desarrollo y la adopción de estas y otras herramientas modernas y su uso de manera sinérgica y/o complementaria a las descritas en esta publicación constituyen una gran oportunidad para mejorar el manejo de malezas y, simultáneamente, disminuir la cantidad aplicada de herbicidas, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad ambiental y productiva de los sistemas agropecuarios de nuestro país.

## Bibliografía

### **Ahrens, W. H.**

(1994), "Relative costs of a weed-activated versus conventional sprayer in Northern Great Plains Fallow", en *Weed Technology*, 8(1), pp. 50-57.

### **Altesor, A., Ferrón, M., Gallego, F., López-Mársico, L. et al.**

(2019), "¿Pastizales degradados o conservados? Una descripción objetiva de la heterogeneidad generada por el manejo ganadero.", en Altesor, A. et al. (eds.), *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales II*, Serie FPTA 69, INIA, Montevideo, pp. 51-72.

### **Baeza, S. y Paruelo, J. M.**

(2020), "Land use/land cover change (2000–2014) in the Rio de la Plata Grasslands: an analysis based on MODIS NDVI time series", en *Remote Sensing*, 12(3), p. 381. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/rs12030381>>.

### **Balbinot Jr., A. A., Moraes, A. y Backes, R.L.**

(2007), "Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho", en *Planta Daninha*, 25, pp. 473-480.

### **Blaix, C., Moonen, A. C., Dostatny, D. F., Izquierdo, J., Le Corff, J. Morrison, J., Von Redwitz, C., Schumacher, M. y Westerman, P. R.**

(2018), "Quantification of regulating ecosystem services provided by weeds in annual cropping systems using a systematic map approach", en *Weed Research*, 58(3), pp. 151-164.

### **Carámbula, M. Ayala, W., Bermúdez, R. y Carriquiry, E.**

(1995), *Control de cardilla*, Serie Técnica 57, INIA, Montevideo.

### **Creamer, N. G. y Dabney, S. M.**

(2002), "Killing cover crops mechanically: Review of recent literature and assessment of new research results", en *American Journal of Alternative Agriculture*, 17, pp. 32-40.

**Curran, W. y Ryan, M.**

(2010), *Cover crop rollers for northeastern grain production*, Penn State University y S. Mirsky, USDA-ARS. Disponible en: <Roller-Cover-Crops-NE-Grain-Production-Curran-PennState-2010.pdf (rutgers.edu)>. [Consulta: 8 de febrero de 2021].

**Félix, E. y Urioste, S.**

(2016), *Primer reporte de resistencia a glifosato en poblaciones de Lolium multiflorum Lam en Uruguay y susceptibilidad de estas a herbicidas inhibidores de la ACCasa*, Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo, 43 pp.

**Fischer, J. W., Thorne, M. y Lyon, D.**

(2020), “Weed-sensing technology modifies fallow control of rush skeletonweed (*Chondrilla juncea*)”, en *Weed Technology*, 34(6), pp. 857-862.

**Formoso, D. y Martínez, M.**

(2012), “Control de malezas de campo sucio”, en *Revista Instituto Plan Agropecuario*, 141, pp. 48-50.

**Fuhlendorf, S. D., Fynn, R. W., McGranahan, D. A. y Twidwell, D.**

(2017), “Heterogeneity as the basis for rangeland management”, en Briske, D. (ed.), *Rangeland systems. Springer series on environmental management*, Springer, Cham, pp. 169-196.

**García, A.**

(2007), “Efecto del manejo del pastoreo sobre la dinámica poblacional de malezas de campo sucio”, en Ayala, W. y Saravia, H. (eds.), *Seminario de actualización técnica en manejo y control de malezas de campo sucio*, Serie técnica 164, INIA, Montevideo, pp. 7-14.

**Harrington, K. C. y Ghanizadeh, H.**

(2017), “Herbicide application using wiper applicators. A review”, en *Crop Protection*, 102, pp. 56-62.

**Heady, H. F. y Child, R. D.**

(1994), *Rangeland Ecology and Management*, Westview Press, Boulder (Colorado, EE. UU.), 520 pp.

**Heap, I.**

(2021), “Resistance weed by species” (en línea). s.l., International Survey of Herbicide Resistant Weeds. s.p. Disponible en: <<http://www.weedscience.org/>> [Consulta: 8 de febrero de 2021].

**Hoffman, E. et al.**

(2010), “Manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay. Propuesta para el manejo del nitrógeno en cultivos de invierno en Uruguay”, en *Informaciones Agronómicas*, 46, pp. 13-18.

**Jaurena, M. et al.**

(2018), “La regla verde: una herramienta para el manejo de campo natural”, *Revista INIA Uruguay*, 58, pp. 26-29.

**Jaurena, M., Durante, M., Devincenzi, T. et al.**

(2021), “Native grasslands at the core: a new paradigm of intensification for the campos of southern south America to increase economic and environmental sustainability”, en *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Disponible en: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>>.

**Jorajuría, N. P.**

(2019), *Efecto de la densidad de avena (Avena strigosa) y el rolado como método de desecación sobre el control de malezas y el rendimiento de soja*. Tesis Ing. Agr. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo, 50 pp.

**Kaspary, T. E., García, A., Marques, S., Cabrera, M., García, E. y García, R.**

(2020a), “Identificación de ocurrencia y manejo de yuyos colorados (*Amaranthus* spp.) resistentes a herbicidas en Uruguay”, en *Revista INIA Uruguay*, 62, pp. 50-54.

**Kaspary, T. E., García, A., Jorajuría, P. y Cabrera, M.**

(2020b), “Uso de avena negra y rolado en el manejo de malezas”, en *Revista INIA Uruguay*, 61, pp. 47-51.

**Lallana, V. H.**

(2007), “Ecofisiología de la cardilla (*Eryngium horridum* Malme)”, en *Seminario de actualización técnica en manejo de malezas* (2007, Young, Uruguay), Serie de actividades de difusión 489, INIA, pp. 79-106.

**Lamb, D. W. y Brown, R. B.**

(2001), “Remote-sensing and mapping of weeds in crops”, en *Research in Agricultural Engineering*, 78, pp. 117-125.

**Lezama, F., Pereira, M., Altesor, A. y Paruelo, J. M.**

(2019), “¿Cuán heterogéneos son los pastizales naturales en Uruguay?”, en Altesor, A. et al. (eds.), *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales II*, Serie FPTA 69, INIA, Montevideo, pp. 15-26.

**Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP)**

(2017), “Relevamiento capim Annoni: situación actual”. Disponible en: <[https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-05/relevamiento\\_2017\\_de\\_capin\\_annoni\\_compressed\\_compressed.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-05/relevamiento_2017_de_capin_annoni_compressed_compressed.pdf)> [Consulta: 8 de febrero de 2021].

**Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP)**

(2020), “Importaciones de productos fitosanitarios 2019”. Disponible en: <<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/datos/importaciones-productos-fitosanitarios>>. [Consulta: 8 de febrero de 2021].

**Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP)**

(2021), Encuesta agrícola “Primavera 2020”. Disponible en: <<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/diea-presenta-resultados-encuesta-agricola-primavera-2020>>. [Consulta: 26 de junio de 2021].