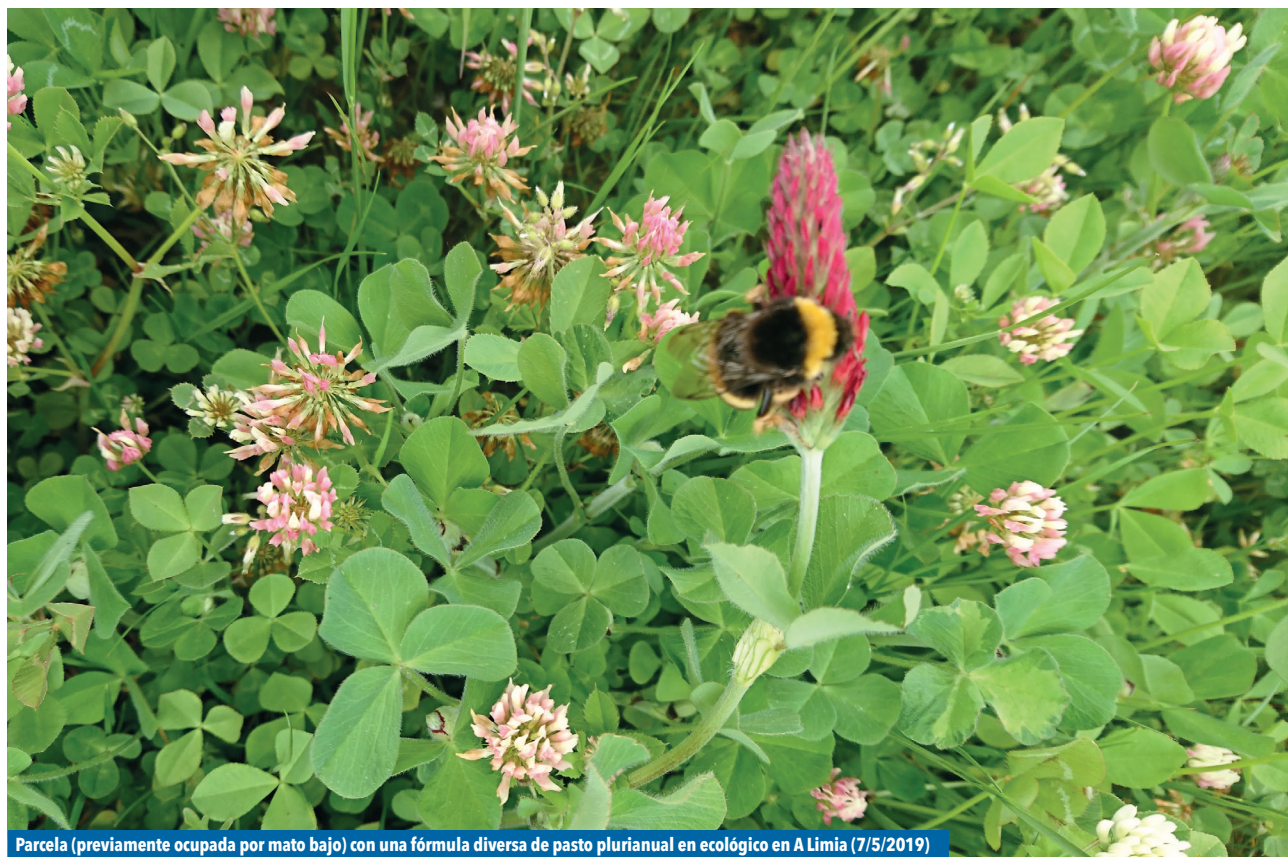




Rotaciones forrajeras ecológicas

La producción propia de forrajes cobra especial importancia en las granjas de producción ecológica, debido al alto coste de los insumos alimentarios utilizados en este tipo de producción. Dado su interés, en el presente artículo revisamos algunos aspectos relativos a rotaciones de cultivos forrajeros en estos sistemas.

G. Flores-Calvete, S. Pereira-Crespo, J. Valladares
 Agencia Gallega de Calidad Alimentaria-Centro de
 Investigaciones Agrarias de Mabegondo (AGACAL-CIAM)

INTRODUCCIÓN

Según datos del Consejo Regulador de Agricultura Ecológica de Galicia (Craega), en el año 2018 la producción de leche de vacuno representó el mayor volumen de negocio con una facturación de 26,1 millones de euros (33 % del conjunto de las ventas certificadas), dato que ilustra la especial relevancia de la producción ecológica de leche de vacuno dentro de este sector, en consonancia con la importancia

de esta actividad ganadera en Galicia. La leche es, con diferencia, la más importante de las producciones ecológicas gallegas y, al mismo tiempo, es una de las que más siguen creciendo año tras año. En el último año la producción de leche ecológica en Galicia experimentó un incremento importante, pasando de 7 millones de litros en 2017 (96 granjas) a más de 12 en 2018 (109 granjas). La provisión de forraje de calidad para alimentación del ganado es un elemento clave de los sistemas de producción, en general, y de los sistemas ecológicos de forma particular. Además de los pastos de prados y praderas que proporcionan hierba para su aprovechamiento a diente o

como forraje conservado, la producción de otros cultivos forrajeros es un elemento clave de los sistemas de producción ecológica.

La rotación de cultivos es el componente central de todos los sistemas agrícolas sostenibles. El aprovechamiento de la tierra para la producción de forrajes de alta calidad en la propia explotación es un elemento clave en la economía de las explotaciones lecheras, toda vez que con prácticas de manejo adecuadas los forrajes producidos en las explotaciones constituyen la fuente de alimentos más barata para la producción de leche. Uno de los principales activos del sector lechero gallego es la alta capacidad de producción de forrajes que les confieren las condiciones agroclimáticas que poseen las zonas productoras de leche en Galicia. La producción propia de forrajes aún tiene más importancia en las granjas de producción ecológica, por el alto coste de los insumos alimentarios utilizados en este tipo

de producción. Dado su interés, se revisan algunos aspectos relativos a rotaciones de cultivos forrajeros en sistemas ecológicos.

BENEFICIOS DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

La práctica de las rotaciones de cultivos se remonta a la antigüedad. En la antigua Roma hace más de 2.000 años se recomendaba la práctica de alternar cereales y leguminosas en una rotación, incluido el uso de las leguminosas como abono verde. Estas recomendaciones siguen hoy vigentes como una de las bases de la producción ecológica. Es, por tanto, de capital importancia conocer los beneficios y las dificultades de la puesta en práctica de las rotaciones de cultivos.

Una rotación es una sucesión planeada de cultivos (cultivo principal o *cashcrop* y cultivo de cubierta o *catchcrop*) que mantienen la salud económica y ambiental de la granja. El balance entre los cultivos que mejoran el suelo y el cultivo principal requiere periodos de barbecho para romper el ciclo de malas hierbas e incorporar materia orgánica en la tierra. Los beneficios físicos y biológicos de la rotación de cultivos descansan en dos categorías interrelacionadas: la mejora de la calidad de los suelos y el control de plagas y enfermedades.

La calidad del suelo tiende a mejorar con el porcentaje de tiempo que la tierra está ocupada por pastos de gramíneas y leguminosas y cultivos de cubierta. Las leguminosas usadas como fertilizantes verdes proporcionan N para el siguiente cultivo. Muchas leguminosas tienen raíz pivotante profunda que alcanza el subsuelo y bombea nutrientes hacia los horizontes superiores. Las gramíneas producen un denso sistema de raíces superficiales que segregan sustancias que promueven la constitución de agregados estables mejorando la estructura de la tierra. Inversamente, los cultivos en líneas tienden a ejercer un efecto opuesto en el suelo debido a la relativamente baja densidad de raíces y a la presencia de suelo desnudo que está expuesto al impacto de los agentes meteorológicos y al tránsito de maquinaria. La frecuencia de laboreo, el uso de estiércol y compost y otros fertilizantes modifican estas obser-

vaciones generales. Los cultivos prateses de gramíneas y leguminosas favorecen el atempero del terreno en los horizontes de laboreo y siembra, mientras que las leguminosas de raíces profundas mejoran la estructura del subsuelo. En este sentido, la rotación debe incluir mezclas de especies para aumentar la diversidad de formas de actuación sobre la mejora de las condiciones de los microorganismos y de la estructura del suelo.

Por otra parte, el aumento de la biodiversidad en los agroecosistemas ocasiona un incremento de su productividad y de su estabilidad, debido al uso más eficiente de los recursos disponibles y a la mayor capacidad de amortiguamiento de los efectos de las variaciones ambientales. Por lo tanto, los agricultores que actualmente usan rotaciones más diversas también tienen más posibilidades de planificar la rotación de cultivos como una estrategia de adaptación al cambio climático.

La rotación de cultivos ofrece el método indirecto más efectivo para minimizar los problemas de enfermedades, plagas y malas hierbas, pero no siempre es así. Muchos problemas no pueden ser solamente controlados por la rotación, pues un factor clave es la especificidad de plagas y enfermedades con un determinado cultivo. Asimismo, ciertos problemas de plagas y enfermedades que atacan la generalidad de los cultivos pueden persistir en el terreno sobre una amplia variedad de cosechas, por lo que es necesario recurrir a medidas de manejo, además de la rotación de especies. Otro elemento esencial es la persistencia de determinados elementos de supervivencia de enfermedades (esporos) o malas

► LA ROTACIÓN DE CULTIVOS ES EL COMPONENTE CENTRAL DE TODOS LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES

hierbas (semillas duras) en el suelo durante elevados periodos de tiempo, lo que hace difícil su eliminación, comparado con aquellas que tienen baja persistencia y pueden ser eliminadas en poco tiempo al desaparecer la planta huésped o las condiciones de cultivo favorables.

DISEÑO DE LA ROTACIÓN

La rotación es la sucesión de diferentes cultivos en una misma parcela a lo largo del tiempo. Se diseña por un cierto número de años y, una vez acabado el ciclo, se vuelve a empezar. La alternancia es la distribución de los cultivos en la explotación y es un indicador de la diversidad en un momento determinado. La superficie total de cultivo de la explotación se divide en hojas, en función de las parcelas y de los años de la rotación. Teóricamente, cada hoja tiene una superficie aproximada a las otras, por ella pasa la rotación completa y es una unidad fija a lo largo del tiempo. El número de años de la rotación debe coincidir con el número de hojas para tener siempre los mismos cultivos. La duración de la rotación es un aspecto importante: tiene que ser de un mínimo de cuatro años. Cuanto más dure, la superficie total de cultivo de la explotación se debe dividir en más hojas de cultivo, de menos superficie cada una. ►►



Parcela "Laguna" con mezcla de raigrás híbrido con tres tréboles anuales en ecológico en A Limia (7/05/2019)

Figura 1. Rotación de 6 años y división del terreno en 6 hojas con pradera (4 años) y 2 años de cultivos. El maíz es seguido de una mezcla de cereal/leguminosa (triticale + guisante o avena + veza) o gramínea/leguminosa (raigrás + tréboles anuales)

	HOJA 1	HOJA 2	HOJA 3	HOJA 4	HOJA 5	HOJA 6
AÑO 1	Maíz	Pradera	Pradera	Pradera	Pradera	Sorgo x Pasto del Sudán
AÑO 2	Sorgo x Pasto del Sudán	Maíz	Pradera	Pradera	Pradera	Pradera
AÑO 3	Pradera	Sorgo x Pasto del Sudán	Maíz	Pradera	Pradera	Pradera
AÑO 4	Pradera	Pradera	Sorgo x Pasto del Sudán	Maíz	Pradera	Pradera
AÑO 5	Pradera	Pradera	Pradera	Sorgo x Pasto del Sudán	Maíz	Pradera
AÑO 6	Pradera	Pradera	Pradera	Pradera	Sorgo x Pasto del Sudán	Maíz

► SE DEBE PROCURAR UTILIZAR VARIEDADES LOCALES ADAPTADAS A LAS CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE CADA ZONA, MÁS RESISTENTES A PLAGAS Y A ENFERMEDADES

Figura 2. Rotación forrajera de 3 hojas (maíz - soja o lupinos - trigo) para regadíos de interior o secanos húmedos de la zona atlántica de Galicia

	X	F	M	L	M	X	X	L	S	L	N	D
1.º año	PRADERA (cabeza de rotación)				MAÍZ FORRAJE						Centeno	
2.º año	Centeno				SOJA O LUPINOS GRANO/FORRAJE						TRIGO	
3.º año	TRIGO									Raigrás híbrido+tréboles anuales		
4.º año	Raigrás híbrido+tréboles				MAÍZ FORRAJE						Centeno	
5.º año	Centeno				SOJA O LUPINOS GRANO/FORRAJE						TRIGO	
6.º año	TRIGO									Raigrás híbrido+tréboles anuales		

Figura 3. Rotación forrajera de 4 hojas (sorgo x pasto del Sudán - maíz - soja o lupinos - trigo) para regadíos de interior o secanos húmedos de la zona atlántica de Galicia

	X	F	M	La	M	X	X	La	S	Lo	N	D
1.º año	Raigrás híbrido+tréboles anuales					SORGO x PASTO DEL SUDÁN					Avena/Veza	
2.º año	Avena/Veza					MAÍZ FORRAJE					Centeno	
3.º año	Centeno					SOJA O LUPINOS GRANO/FORRAJE					TRIGO	
4.º año	TRIGO										Raigrás híbrido+tréboles anuales	
5.º año	Raigrás híbrido+tréboles anuales					SORGO x PASTO DEL SUDÁN					Avena/Veza	
6.º año	Avena/Veza					MAÍZ FORRAJE					Centeno	

En la figura 1 se esquematiza un ejemplo de rotación de 6 hojas con 4 años de pradera y 2 años de cultivo, y en las figuras 2 y 3 se indican dos rotaciones de cultivos de 3 y 4 hojas para regadíos de la zona interior de Galicia o para secanos húmedos de la zona atlántica.

PRINCIPIOS GENERALES DE LAS ROTACIONES DE CULTIVOS

Entre los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta en el diseño de las rotaciones de cultivos adaptados a la situación de producción ecológica, se citan los siguientes:

- Un cultivo de leguminosas debe pre-

ceder a un cultivo con alta demanda de nitrógeno.

- El cultivo de leguminosas debería ocupar el primer año de la rotación.
- Un mismo cultivo no debe ser sembrado en años sucesivos.
- Un cultivo de una especie no debe ser seguido de otro de una especie semejante.
- La secuencia de cultivos debe permitir el control de especies adventicias.
- En zonas de pendiente deben utilizarse periodos prolongados de cultivos permanentes.
- En la rotación se deben incluir especies con raíces profundas, alter-

nadas con especies de raíces más superficiales.

- Son preferibles cultivos que dejen una significativa cantidad de residuos para incorporar en la tierra.
- Debe existir un balance entre cultivos principales y cultivos de cubierta.
- Son preferibles las mezclas multiespecíficas y multivarietales a cultivos monofitos.
- Los cultivos de lento desarrollo y susceptibles a las malas hierbas deben seguir los cultivos de escarda.
- Cuando sea posible, se debe procurar utilizar variedades locales ►►



Parcela "Laguna" con sorgo x pasto de Sudán en ecológico en A Limia (20/06/2019)

adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de cada zona, más resistentes a plagas y enfermedades.

EL CUIDADO DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Los niveles de materia orgánica (MO) en la tierra oscilan entre menos del 1 % y más del 10 % en suelos minerales de las regiones templadas. Aunque la MO es una fracción relativamente menor del suelo, tiene importantes efectos en su estructura y fertilidad. Contiene el 95 % del nitrógeno (N) y el 40 % del fósforo (P) del suelo y bajo las debidas condiciones podrá proporcionar todas las necesidades de N y P del cultivo. Se estima que el N total de un suelo oscila entre 2.000 y 3.000 kg/ha y el P total entre 100 y 300 kg/ha. Los microorganismos del suelo liberan estos nutrientes cuando consumen la materia orgánica y, posteriormente, mueren.

La velocidad y alcance de estos procesos están afectados por la disponibilidad de energía (fuentes carbonadas) para los microorganismos, la temperatura y la humedad, el laboreo, la densidad de las poblaciones microbianas y la calidad de la MO del suelo. Un porcentaje del 10-20 % de la MO, denominada "activa", es fácilmente descompuesta por los microorganismos y es la fuente de nutrientes rápidamente disponibles para las plantas. El resto de la MO es humus, que es más lentamente degradado por la microbiota del suelo y, aunque no es una gran

fuente primaria de nutrientes disponibles, cumple el papel fundamental de proporcionar la capacidad de cambio de cationes, necesaria para retener los nutrientes en el suelo evitando su pérdida por lixiviación y, por tanto, mantener su disponibilidad para las plantas.

Las enmiendas orgánicas se descomponen a diferentes velocidades, determinando los flujos de nutrientes disponibles para las cosechas. El ratio carbono-nitrógeno (C/N) de la enmienda, el tipo de suelo, su temperatura y humedad y el tipo de cosecha determinan la velocidad de degradación. Los abonos verdes forman parte de la fracción más activa de la MO y se descomponen con rapidez, mientras que los composts maduros tienen una MO más estable y húmica, de más lenta degradación, la cual ocurre de forma preferente en la rizosfera, alrededor de las raíces de las plantas. Estas liberan compuestos orgánicos (carbohidratos, aminoácidos y vitaminas) en el suelo, estimulando el crecimiento de los microorganismos situados en la rizosfera que, a su vez, degradan la MO y liberan nutrientes a la planta. Como consecuencia del uso de cultivos de cubierta, se incrementa la MO del suelo y la actividad microbiana libera N disponible para la planta. Por eso, la integración de los cultivos de cubierta en la rotación promueve el reciclaje de nutrientes y la conservación de la calidad del suelo.

CONTROL DE ENFERMEDADES, PLAGAS Y MALAS HIERBAS EN LAS ROTACIONES FORRAJERAS

Algunas enfermedades y plagas, pero no todas, pueden ser controladas mediante rotaciones de cultivos. Su efectividad aumentará si los cultivos que integran la rotación, además de no ser hospedadores de los patógenos (variedades resistentes), disminuyen su supervivencia al producir sustancias tóxicas para los patógenos o al estimular organismos beneficiosos en el suelo que afectan a aquellos. El uso de variedades locales adaptadas a las condiciones de medio es una de las principales herramientas de control. En la tabla 1 se resumen las prácticas más comunes de manejo en las rotaciones ecológicas y su efecto en el control de la vegetación espontánea.

PAPEL DE LAS LEGUMINOSAS EN LA ROTACIÓN

Las leguminosas estarán presentes en la rotación, bien como cosecha principal (p. ej.: alfalfa) o como cultivo de cubierta-fertilizante verde (p. ej.: veza), siendo este un elemento central de las rotaciones en agricultura ecológica.

► EL ABONO VERDE ES MÁS NATURAL Y BIOLÓGICAMENTE ACTIVO QUE EL SUELO DESCUBIERTO Y, POR TANTO, FAVORECE LA REGENERACIÓN DE ESTE

Tabla 1. Prácticas de manejo y control de malas hierbas

Práctica	Efecto
Laboreo antes de la siembra	Elimina las malas hierbas en crecimiento, daña las raíces y rizomas de hierbas perennes, entierra semillas a profundidades que dificultan la emergencia, lleva semillas a la superficie del suelo y las expone a la luz y al sol, afectando a su viabilidad.
Laboreo en superficie tras la siembra	Elimina malas hierbas en los estados iniciales.
Falsa siembra	Estimula el crecimiento de malas hierbas tras la preparación del terreno, que pueden ser eliminadas antes de la siembra del cultivo principal.
Fertilización orgánica	La liberación lenta de nutrientes favorece el cultivo principal frente al rápido crecimiento de las malas hierbas.
Riego por goteo	Dirige la humedad al cultivo principal en detrimento de las malas hierbas.
Cultivo de la cubierta, <i>mulch</i>	Evita el crecimiento de malas hierbas, aumenta la humedad y el atemperado del suelo, evita lixiviación de nutrientes que son puestos a disposición del cultivo siguiente.
Aumento de la densidad de siembra	Aumenta la competencia del cultivo principal con las malas hierbas.



Parcela (previamente ocupada por mato bajo) con una fórmula diversa de pasto plurianual en ecológico en A Limia (7/05/2019)

debido a su capacidad de añadir N al sistema. La capacidad de las bacterias simbióticas (*Rhizobium* spp.) asociadas con las raíces de las leguminosas para transformar el N atmosférico (gas N₂) en N disponible para las plantas (parte del cual estará disponible para las siguientes cosechas) convierte estas especies en una fuente de N esencial en los ecosistemas agrícolas y el elemento esencial de las rotaciones forrajeras ecológicas. La cantidad de N fijado depende de diversos factores, variando en un amplio rango de entre 50 a 200 kg N/ha y año.

La inclusión del cultivo de leguminosas también implica un efecto positivo sobre la diversidad de las zonas agrarias, aumentando la biodiversidad de especies de insectos (no plaga), lo que contribuye al mantenimiento de las poblaciones de abejas tanto silvestres como domesticadas y al incremento tanto el tamaño como la diversidad de las poblaciones de aves y de mariposas. Además, las especies leguminosas presentan una buena adaptación a las condiciones de cambio climático, debido a que poseen un óptimo de temperatura mayor y mejores respuestas

a las elevadas concentraciones de CO₂ en comparación con las especies gramíneas de zonas templadas.

COMPETITIVIDAD DE LOS CULTIVOS

Las plantas se pueden afectar mutuamente segregando sustancias que inhiben la germinación de otras (alelopatía), bien mediante las exudaciones radiculares o de la materia de la planta durante la descomposición. El centeno, la cebada, el trigo y la avena son cereales que tienen propiedades alelopáticas. El grado de competencia entre los distintos tipos de plantas puede facilitar o dificultar tratamiento de las malas hierbas en los distintos cultivos. Se podría utilizar este nivel de competencia como autoprotección de las cosechas en los intercultivos. Entre los cereales más competitivos estaría el centeno y entre los menos, el maíz; en la figura siguiente se indica el grado de facilidad de implantación y dominancia frente a las malas hierbas de los principales cultivos. En la figura 4 se muestra el grado de competitividad, en este sentido, de distintos cultivos agrícolas aptos para formar parte de las rotaciones. ►

Figura 4. Competitividad de distintas especies de cultivos en las rotaciones forrajeras

Más competitivos	+
Centeno	
Trigo, cebada de invierno	
Colza de invierno	
Avena	
Cebada y trigo de primavera	
Colza de primavera	
Altramuces, guisantes	
Maíz, lino, soja	
Menos competitivos	

► LOS CULTIVOS ROTARÁN EN FUNCIÓN DE SU CAPACIDAD DE COMPETIR CON LAS MALAS HIERBAS Y DE SUS REQUERIMIENTOS NITROGENADOS

LOS ABONOS VERDES

Son cultivos de especies mejorantes que se incorporan a la tierra por sus efectos beneficiosos. El abono verde es más natural y biológicamente activo que el suelo descubierto y, por tanto, favorece la regeneración de este. La cubierta vegetal en el periodo entre cultivos evita la erosión, compite con las malas hierbas, evita la pérdida de nutrientes por lixiviación y, en el caso de las leguminosas, mejora la fertilidad a través de la fijación del nitrógeno atmosférico. Una vez incorporados, su efecto positivo se basa en la actividad de los microorganismos, gracias a la energía que obtienen a partir de la biomasa vegetal, proporcionando un importante valor fertilizante para el cultivo siguiente.

En la rotación, el abono verde se debe incluir, como mínimo, una o dos

veces cada cuatro o cinco años, alternando familias diferentes. Una manera práctica es intercalarlos siempre entre los mismos dos cultivos y establecerlo como sistema habitual. En las parcelas que están en barbecho también es mejor hacer un abono verde que dejar el suelo descubierto. Aunque no es demasiado frecuente, también se deberían tener en cuenta las interacciones con plagas y enfermedades de los cultivos que preceden. La utilización de mezclas de dos o más especies asegura el desarrollo y una mejor cobertura y exploración del suelo. Los diferentes tipos de raíces permiten estructurar el suelo a diferentes niveles. Las plantas con raíces pivotantes descompactan este en profundidad, mientras que otras con raíces más abiertas y fasciculadas pueden penetrar mejor en los agregados. Los diferentes portes

de las plantas permiten a unas especies actuar de tutor de otras y, dependiendo de las condiciones ambientales de cada año, hay especies que tendrán más facilidad para desarrollarse que otras, asegurando así el éxito de la cubierta vegetal.

El sistema radicular ramificado de los cereales de invierno y de las gramíneas pratenses es muy eficaz para extraer nitrato del suelo, reduciendo su lixiviación en las épocas de lluvia. La incorporación al suelo del cultivo como abono verde en la siguiente primavera permitirá liberar el N retenido en la cosecha, pero a menor velocidad que si se tratase de un cultivo de leguminosas, debido a una descomposición más lenta en el primer caso. Cuando se incorporan al suelo cultivos de gramíneas con un alto ratio C:N (por ejemplo, de 30:1) o superior, el N del terreno queda temporalmente inmovilizado al ser captado por los microorganismos que descomponen los residuos ricos en carbono. El retraso de la siembra de un cultivo principal en dos o tres semanas tras la incorporación de los restos vegetales (o algo menos si son de plantas poco lignificadas, nuevas y foliáceas) suele ser suficiente para el retorno del N tomado por los microorganismos al suelo y asegurar su disponibilidad para la planta.

CABEZA DE ROTACIÓN

La cabeza de rotación contribuye a la fase de limpieza, reposo y enriquecimiento del suelo, así como a la mejora de su estructura, aireación y capacidad de retención de agua. En el sistema de policultivo-ganadería, lo ideal es utilizar una pradera tem-



Parcela (previamente ocupada por mato bajo) con una fórmula diversa de pasto plurianual en ecológico en A Limia (20/06/2019)

► NO SE DEBE REPETIR EL MISMO CULTIVO EN LA MISMA PARCELA EN DOS CICLOS SUCESIVOS

poral de gramíneas/leguminosas o de alfalfa para tierras profundas y bien drenadas. En el sistema cerealista se utilizará una leguminosa anual o plurianual y granos proteaginosos (guisante, lupino, haba...) o un forraje en mezcla con una gramínea. Las leguminosas constituirán 1/3 de la rotación en ausencia de pradera.

El cuerpo de rotación comienza por un cultivo exigente en N y poco rústico. En el caso de maíz grano antes de cereal, los restos deben estar finamente picados para evitar el desarrollo de micotoxinas en los granos. En suelos superficiales con poco N, se aconseja implantar una mezcla cereal/leguminosa y en suelos profundos se podrán implantar cereales secundarios como cebada, avena o triticale.

En el final de rotación se deberán implantar cultivos poco exigentes y con capacidad de limpiar las malas hierbas (centeno o avena). El primer factor de producción después del agua es la disponibilidad de N. Los cultivos rotarán en función de su capacidad de competir con las malas hierbas y de sus requerimientos nitrogenados. No se debe repetir el mismo cultivo en la misma parcela en dos ciclos sucesivos. Idealmente, el periodo de "ruptura" entre dos cul-

tivos del mismo tipo deberá ser dos veces más largo que el periodo de cultivo. Algunas dicotiledóneas exigen un periodo más largo antes de ser reintroducidas en la rotación.

CULTIVOS PARA LAS ROTACIONES ECOLÓGICAS

En la tabla 2 se indican las principales características de algunos cultivos herbáceos utilizados en las rotaciones forrajeras, con indicación de las previsiones de rendimientos, extracciones netas de nutrientes del suelo, tolerancia al frío y competitividad en el establecimiento, diferenciando los cultivos principales y los cultivos de cubierta.

Igualmente, la descripción de las principales características de 15 cultivos de diferentes especies que pueden entrar a formar parte de las rotaciones ecológicas están disponibles en la web del CIAM (<http://ciam.gal/sp/index/?r=descargas.fichas-cultivos>). En esta serie de fichas de cultivos se procuró condensar la información obtenida en diferentes estudios y experimentos realizados en el citado centro, todos ellos en sistemas de producción convencional, por lo general con alto uso de estiércoles y purines como abonos orgánicos. ■

Tabla 2. Características de algunos cultivos herbáceos utilizados en las rotaciones

a) Como cultivos principales

Cultivo	Familia	Parte recogida	Rendimiento medio kg/ha	Extracción neta (kg/1.000 kg de producto)			Tolerancia al frío	Competitividad malas hierbas	Cama de siembra
				N	P	K			
Cultivos principales									
Maíz grano	Gramíneas	Semilla	5.600	17	1,7	2,1	Baja	Moderada	Media
Cebada primavera	Gramíneas	Semilla	2.880	18	1,7	2,2	Alta	Moderada	Media
		Hojas y tallos	1.210	18	1,3	15,4			
Avena	Gramíneas	Semilla	3.030	16	1,4	2,1	Alta	Moderada	Media
		Hojas y tallos	4.020	5	0,8	8,3			
Trigo primavera	Gramíneas	Semilla	2.410	25	2,1	2,9	Alta	Moderada	Media
		Hojas y tallos	2.770	9	0,5	8,3			
Trigo invierno	Gramíneas	Semilla	2.410	25	2,1	2,9	Muy alta	Alta	Media
		Hojas y tallos	3.030	8	0,4	8,3			
Centeno	Gramíneas	Semilla	2.500	22	1,3	2,5	Muy alta	Alta	Media
		Hojas y tallos	1.610	12	1,4	7,8			
Soja	Leguminosas	Semilla	2.410	59	6,0	14,0	Baja	Alta	Media
Alfalfa	Leguminosas	Hojas y tallos	5.220	25	2,4	19,1	Muy alta	Alta	Fina
Pradera de gramíneas y leguminosas	Gramíneas y Leguminosas	Hojas y tallos	3.790	21	3,5	18,1	Muy alta	Alta	Fina

Fuente: Mohler y Johnson (2009)

b) Como cultivos de cubierta

Cultivo	Familia	Parte recogida	Captura			Tolerancia al frío	Competitividad malas hierbas	Cama de siembra
			N	P	K			
Cultivos de cubierta								
Cereales de invierno	Gramíneas	Toda la planta	Alta	Moderada	Moderada	Muy alta	Alta	Media
Cereales de primavera	Gramíneas	Toda la planta	Moderada	Moderada	Moderada	Alta	Moderada	Media
Raigrás anual	Gramíneas	Toda la planta	Moderada	Moderada	Moderada	Muy alta	Moderada	Media
Sorgo-Pasto del Sudán	Gramíneas	Toda la planta	Alta	Moderada	Moderada	Baja	Alta	Media
Trébol blanco	Leguminosas	Toda la planta	Fija 80-200 kg N/ha	Baja	Baja	Muy alta	Moderada	Media
Trébol violeta, T. encarnado	Leguminosas	Toda la planta	Fija 70-150 kg N/ha	Moderada	moderada	Muy alta	Moderada	Media
Trébol alexandrino	Leguminosas	Toda la planta	Fija 70-130 kg N/ha	Moderada	Moderada	Baja	Moderada	Media
Veza villosa	Leguminosas	Toda la planta	Fija 90-200 kg N/ha	Moderada	Moderada	Muy alta	Moderada	Media
Guisante	Leguminosas	Toda la planta	Fija 90-150 kg N/ha	Baja	Baja	Alta	Moderada	Media
Colza	Crucíferas	Toda la planta	Alta	Alta	Moderada	Alta	Moderada	Media

Fuente: Mohler y Johnson (2009)

Fichas de cultivos disponibles en la web del CIAM

- Alfalfa (*Medicago sativa*)
- Altramuz o lupino (*Lupinus ssp.*)
- Avena común (*Avena sativa*); Avena rubia (*Avena byzantina*); avena negra (*Avena strigosa*)
- Cebada forrajera (*Hordeum hexastichon* [= *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*])
- Centeno (*Secale cereale*)
- Guisante (*Pisum sativum*)
- Colza (*Brassica napus*)
- Haboncillo (*Vicia haba*)
- Lino (*Linum usitatissimum*)
- Maíz (*Zea mays*)
- Sorgo (*Sorghum bicolor*)
- Trigo blando o panificable (*Triticum aestivum*)
- Triticale (*Triticosecale* sp.)
- Veza sativa (*Vicia sativa*); veza villosa (*Vicia villosa*)
- Girasol (*Helianthus annuus*)

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

A. A. Hanson, *Practical Handbook of Agricultural Science* (Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, LLC 1990).

Crop Rotation on Organic Farms: A Planning Manual, NRAES 177 Charles L. Mohler and Sue Ellen Johnson, editors Published by NRAES, July 2009. APPENDIX 1 | Characteristics of Crops Commonly Grown in the Northeastern United States.

Cultivos herbáceos en producción ecológica. Centro de Formación de la Asociación CAAE Asociación para el Desarrollo Sostenible del Poniente Granadino. 2006. 16 pp. <http://oe.confolio.org/scam/29/resource/126>

Fiche Rotation Grande Culture. https://www.agrobio-bretagne.org/wp-content/uploads/2017/07/FICHE_ROTATION_GRANDE_CULTURE_BD.pdf

Fitxa Técnica PAE n° 22.- La rotación de cultivos y los abonos verdes en horticultura ecológica. Generalitat de Catalunya. 8 pp. <http://pae.gencat.cat/ca/publicacions-materials-referencia/produccions-agricoles/cereals/>

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., Cruse, R.M. (1994). Crop rotations for the 21st Century. *Advances in Agronomy* 53, 1-45.

Crop Rotation on Organic Farms: A Planning Manual, NRAES 177 Charles L. Mohler and Sue Ellen Johnson, editors Published by NRAES, July 2009. <https://www.sare.org/Learning-Center/Books/Crop-Rotation-on-Organic-Farms>

Soils for Better Crops (2000). Fred Magdoffe Harold van Es.

Vincent-Caboud L., Peigné J. Casagrande M., 2017. Semis direct de cultures de printemps sous couvert végétal roulé en agriculture biologique. Partie2: Retour d'expériences et de discussions entre agriculteurs et chercheurs dans La Drôme. Edition ISARA-Lyon/ITAB. http://www.itab.asso.fr/downloads/com-agro/brochure_sdsc_partie2.pdf

Wijnands F.G. (1999). Crop rotation in organic farming: theory and practice. En: Olesen et al. (eds). DARCOF Report No. 1/1999 Designing and testing crop rotations for organic farming. Proceedings from an International workshop. Danish Research Centre for Organic Farming. Foulum . DK-8830 Tjele.