

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL



**Diseño de ecosistemas agrícolas sostenibles a través del
manejo del hábitat como herramienta para incrementar su
biodiversidad.**

TRABAJO FIN DE GRADO

Alumno: Josefina Benlloch Piles

Tutor: Prof. Rafael Laborda Cenjor

Curso Académico: 2017/2018

Localidad: Valencia

Valencia, enero 2018

Diseño de ecosistemas agrícolas sostenibles a través del manejo del hábitat como herramienta para incrementar su biodiversidad.

RESUMEN:

La biodiversidad en los ecosistemas agrícolas es uno de los pilares fundamentales en la agricultura ecológica.

El establecimiento de una estructura del hábitat adecuada conlleva una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales en el control de plagas.

El proyecto se va a centrar en la biodiversidad de cultivos, las rotaciones y en la vegetación adventicia alrededor de las parcelas de la finca como herramientas para el diseño de un agroecosistema diversificado, esencial para un control biológico eficiente.

Para ello, primero se analizarán los principios empleados por los técnicos en las rotaciones realizadas en la finca. Posteriormente serán valorados, para así poder diseñar una estrategia más efectiva del uso de éstos. Además, se evaluará el manejo y la posible influencia de las adventicias en la realización del diseño. Esto es debido, a su importancia dentro del agroecosistema sobre los insectos beneficiosos y por tanto, sobre el control biológico.

Las competencias adquiridas que se van a emplear son las siguientes: identificación y caracterización de especies vegetales (cultivos hortícolas, cultivos leñosos y plantas adventicias), aplicación de la protección de cultivos mediante el manejo del hábitat y el control biológico y evaluación y análisis de los sistemas de producción y de explotación utilizados en la finca.

PALABRAS CLAVE: Adventicias, biodiversidad, diseño, enemigos naturales, manejo del hábitat, rotaciones, agricultura ecológica.

Alumna: Josefina Benlloch Piles

Tutor: Rafael Laborda Cenjor

Tutor externo: Fermín Salcedo

Design of sustainable agricultural ecosystems through habitat management as a tool to increase their biodiversity.

SUMMARY:

Biodiversity within agricultural ecosystems is one of the most significant cornerstones of organic agriculture.

Establishing a proper habitat structure entails an optimal diversity and abundance of natural enemies in pest control.

Project will be focused on crop diversity, crop rotations and weeds around field plots, as design tools for a diversified agroecosystem, essential for efficient biological control.

In order to do this, in the first place, principles used by the technicians in the rotations carried out on the farm will be analyzed. Afterwards, these principles will be assessed so as to be able to design a more effective strategy when using them. In addition, the use and possible influence of weeds in the realization of the design will be evaluated. This is due to its importance within the agroecosystem on beneficial insects and therefore on biological control.

The acquired competences to be used are the following: identification and characterization of plant species (horticultural crops, woody crops and weeds), application of crop protection through habitat management and biological control and evaluation and analysis of production and cultivation systems used on the farm.

<p>KEYWORDS: weeds, biodiversity, design, natural enemies, habitat management, crop rotations, ecological agriculture.</p>

Student: Josefina Benlloch Piles

Tutor: Rafael Laborda Cenjor

External tutor: Fermín Salcedo

AGRADECIMIENTOS

Primero dar las gracias, a mi tutor, Rafael Laborda. Gracias a él sé que camino quiero seguir. El campo y la educación tienen que ir de la mano y hoy más que nunca.

Mi gratitud a Eugenia Rodrigo Santamalia y los compañeros y amigos del departamento de Ecosistemas Agroforestales. Gracias por vuestro apoyo y ánimo en todo momento.

Gracias a Fermín Salcedo, por su ayuda y sacar siempre un ratito para hablar. Es un privilegio poder escucharle.

Gracias también a Pilar Santamarina, por estar siempre dispuesta a prestar su ayuda.

Este tfg se lo quiero dedicar a mi abuelo. Gracias por tanto. Ojalá me hubieras visto llegar hasta aquí. Sólo espero que estés orgulloso. No hay día que pase que no me acuerde de ti.

Mi abuelo me enseñó a vivir el campo, pero tú David me enseñaste a creer en mí. Gracias, porque sin ti esto no habría sido posible. Te tendría que dar gracias por tantas y tantas cosas que no cabrían en un papel. Sólo decirte que gracias por estar siempre a mi lado y no dudar nunca de mí.

Gracias a mi familia. Ahora sí puedo decir, que a pesar de todo, lo conseguí.

Por último dar las gracias a mis amigos y amigas por estar siempre a mi lado. Da igual que estéis lejos o cerca, lo importante es que siempre estáis.

ÍNDICE

Resumen

Summary

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	El papel fundamental del manejo del agroecosistema para aumentar su diversidad.....	1
1.2	Efectos del manejo y diseño del agrosistema sobre la biodiversidad de artrópodos.	2
1.2.1	<i>Rotaciones y asociaciones de cultivos.....</i>	4
1.2.2	<i>La funcionalidad de los bordes herbáceos sobre la fauna útil.....</i>	9
1.3	Índices de diversidad	11
2	Justificación y objetivos	12
3	Material y métodos	15
3.1	Área de estudio.....	15
3.2	Metodología de estudio.....	16
3.3	Análisis de los datos.	19
3.3.1	<i>Análisis de los datos de cultivos.</i>	19
3.3.2	<i>Análisis de los datos de adventicias.....</i>	20
3.3.3	<i>Análisis del diseño de las rotaciones y asociaciones de cultivos.</i>	20
4	Resultados y discusión	21
4.1	Cultivos producidos en la explotación.....	21
4.2	Análisis de los cultivos.....	23
4.3	Determinación y análisis de las plantas adventicias.	30
4.4	Evaluación del diseño de las rotaciones y asociaciones de cultivos.....	34
5	Conclusiones	37
6	Bibliografía	38

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de hortalizas según la profundidad de sus raíces.....	7
Tabla 2: Clasificación de hortalizas según su parte aprovechable.....	7
Tabla 3: Asociaciones favorables/ desfavorables de algunos cultivos hortícolas.....	8
Tabla 4: Tabla en la que se muestra la importancia biológica de determinadas especies de adventicias como alimento para aves e insectos.....	10
Tabla 5: Superficie de las parcelas.....	15
Tabla 6: Superficie de las zonas.....	17
Tabla 7: Cultivos según las familias.....	21
Tabla 8: Valores medios en las zonas de estudio.....	27
Tabla 9: Adventicias identificadas.....	30
Tabla 10: Períodos de floración.....	33
Tabla 11: Análisis de las rotaciones.....	34
Tabla 12: Asociaciones de cultivos realizadas en las parcelas.....	35

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Efectos del manejo del agroecosistema y las prácticas culturales sobre la diversidad de enemigos naturales y la abundancia de insectos.....	3
Ilustración 2: Parcelas que forman la explotación.....	15
Ilustración 3: Las 4 zonas en que se ha dividido la finca. (Google maps, 2017).....	16
Ilustración 4: Caminos y bordes de parcelas (Google maps, 2017).....	18
Ilustración 5: Designación de porcentaje de ocupación.....	19
Ilustración 6: Cultivos de la explotación.....	23
Ilustración 7: Ejemplo de cultivo de verano.....	24
Ilustración 8: Ejemplo de cultivo utilizado como reservorio.....	25
Ilustración 9: Ejemplo de cultivo plurianual.....	25
Ilustración 10: Ejemplo de cultivo de consumo en fresco.....	26
Ilustración 11: Ejemplo de cultivo almacenable.	27
Ilustración 12: Evolución de los valores de e^H zona 1 y 4.....	28
Ilustración 13: Evolución de los valores de e^H zona 2 y 3.....	29
Ilustración 14: Porcentajes de ocupación según familias en 2016.....	31
Ilustración 15: Porcentajes de ocupación según familias en 2017.....	31
Ilustración 16: Comparativa de los metros lineales ocupados por adventicias durante el período de estudio 2016- 2017.....	33

1 INTRODUCCIÓN

1.1 El papel fundamental del manejo del agroecosistema para aumentar su diversidad.

Los agrosistemas son sistemas naturales manejados por las sociedades humanas con el propósito de obtener alimentos para las personas y el ganado, así como otros recursos. Recientemente se ha propuesto que también proporcionan a nuestras sociedades otros servicios ecosistémicos, como la polinización, el control de plagas o el propio mantenimiento de la biodiversidad, si bien la capacidad de obtener estos servicios está condicionada a los manejos que llevemos a cabo en los agrosistemas (Hernández, 2013 y referencias citadas en él).

El manejo de los agrosistemas condiciona la diversidad presente en los mismos. Las prácticas agrícolas definen la composición, la riqueza y la equitatividad en la abundancia de las poblaciones dentro de las comunidades presentes en los agrosistemas (Hernández, 2013 y referencias citadas en él).

El poder conseguir una producción exitosa de cultivos hortícolas en ecológico debe tener presente dos aspectos clave de manejo: la biodiversidad y la fertilidad del suelo. Siendo la práctica y el diseño de rotaciones junto los sistemas de policultivos necesarios para la consecución de ambos (Alonso y Guzmán, 2008).

La biodiversidad en los agrosistemas incluye componentes tan variados como son los cultivos, malas hierba, artrópodos y microorganismos asociados, así como los factores de situación geográfica, climáticos, edáficos, humanos y socioeconómicos.

Conocer la influencia de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad presente en los agrosistemas también nos permite diseñar estrategias que la favorezcan, así como utilizar la propia biodiversidad como indicadora de la sustentabilidad de las prácticas agrícolas (Hernández, 2013).

1.2 Efectos del manejo y diseño del agrosistema sobre la biodiversidad de artrópodos.

El manejo de la biodiversidad, el mantenerla o incrementarla, se realiza mediante técnicas específicas de cultivo. El papel de la diversidad de influir sobre la estabilidad del agrosistema, actúa preferentemente sobre algunos de los componentes y funciones del mismo como el reciclaje de nutrientes y el control de plagas y patógenos (Altieri, 1994).

Un aumento en la diversidad vegetal en el agroecosistema derivaría en un incremento de las oportunidades ambientales de los enemigos naturales y, consecuentemente, en la mejora del control biológico (Altieri y Nicholls, 2007). Los sistemas agrícolas tradicionales han utilizado la biodiversidad para protegerse de plagas y enfermedades, minimizando el riesgo de pérdida del cultivo, produciendo una dieta variada diversificando las fuentes de ingresos económicos (Altieri, 1991). Por el contrario, los sistemas modernos de agricultura se han caracterizado por la especialización, a expensas de la diversidad, lo cual ha derivado en una menor resistencia al ataque de las plagas (Altieri y Letourneau, 1982).

En el control de plagas y patógenos, hay numerosas experiencias como señalan Lampkin (1998) y Altieri (1994) que confirman el papel de la diversidad en la menor incidencia de las plagas, siempre que se haya tenido en cuenta el factor tiempo al gestionar el cultivo.

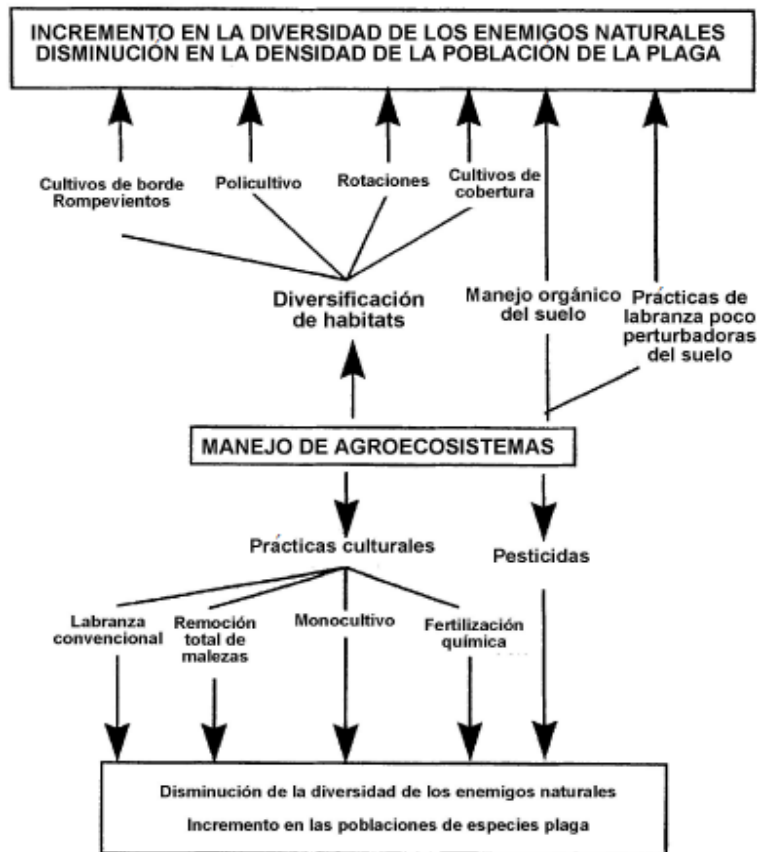


Ilustración 1: Efectos del manejo del agroecosistema y las prácticas culturales sobre la diversidad de enemigos naturales y la abundancia de insectos (Altieri y Nicholls, 2009).

Es en este contexto donde se establece la idea de que el control biológico por conservación no necesita de la realización de acciones puntuales sino que se trata, más bien, de crear un entorno que establezca las relaciones entre cultivo, plaga y enemigos naturales, capaz de evitar fluctuaciones en las poblaciones de las plagas que hagan perder la producción. Esta estabilidad sería consecuencia directa de la biodiversidad contenida en el agroecosistema (Altieri y Letourneau, 1982).

En una de las obras que más impacto ha tenido en el ámbito del control biológico, Landis et al. (2000), establecen los principios del manejo del hábitat para la conservación de enemigos naturales de plagas de artrópodos en agricultura. Estos autores definen el manejo del hábitat como un método del control biológico por conservación que se basa en la modificación del hábitat para mejorar la disponibilidad de los recursos requeridos por los enemigos naturales para que su acción contra las plagas sea óptima. Esta mejora es realizada mediante la instalación o el manejo de las infraestructuras ecológicas adecuadas, tanto en el campo de cultivo como en el paisaje en el que se encuentra inmerso, para

proporcionar a los enemigos naturales alimento, presas o huéspedes alternativos, y refugio cuando las condiciones del cultivo sean adversas (Paredes et al., 2013 y referencias citadas en él).

1.2.1 Rotaciones y asociaciones de cultivos

Las rotaciones, alternativas y asociaciones (o policultivos) de cultivos, junto con la presencia de setos o manchas de vegetación natural, limitan los problemas de plagas y enfermedades, tanto en el suelo como en la parte aérea (Guzmán y Mielgo, 2008).

Actualmente desde diferentes campos científicos, se pone de manifiesto la importancia y la necesidad de las rotaciones de cultivo, frente monocultivos y suelos desnudos como herramienta. Para Roselló (2003) las rotaciones contribuyen a:

- Mantener la fertilidad del suelo. Actúa contra la "fatiga de los suelos", ya que evita sus causas, al promover la actividad biológica presente y una fertilidad estable que impide la debilidad en los cultivos y favorece por tanto su resistencia natural a las enfermedades y plagas.
- Disminuir la incidencia de plagas y enfermedades sobre los cultivos.
- Mejorar las condiciones posibles para el crecimiento por parte de los cultivos precedentes a los que le siguen.
- Evitar la repetición continua en la misma parcela de aquellos cultivos, extensivos o intensivos, que con lleva a un descenso de los rendimientos.

Para el estudio del diseño de posibles mejoras en las rotaciones que se realizan en la finca, vamos a fijarnos en el patrón que se describe en el informe final de la "COMISIÓN EUROPEA DG ENV" (Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea), sobre los impactos medioambientales debidos a diferentes tipos de rotaciones de cultivo en la Unión Europea – septiembre del 2010.

En el cual se expone que una rotación de cultivos ideal, debería basarse en los siguientes principios:

- Rotar cultivos con raíces profundas con otros con raíces superficiales, para optimizar la captación de nutrientes en el suelo. Además, la inserción de cultivos con raíces profundas ayuda a mantener la estructura del suelo.
- Rotar cultivos de primavera y cultivos de otoño, y así romper los ciclos de malas hierbas, plagas y patógenos.
- Evitar encadenar cultivos de especies muy inter-relacionadas para evitar las malas hierbas, plagas y patógenos comunes o semejantes entre ellas.
- Rotar cultivos con un alto nivel de producción de biomasa, los cuales con su rápido crecimiento y densa vegetación ahogan a las malas hierbas, y cultivos donde las malas hierbas han de ser controladas de forma mecánica o manual.
- Incluir cultivos que dejen una cantidad significativa de residuos.
- Incluir legumbres con el fin de ayudar a la fijación del nitrógeno atmosférico en el sistema.
- Cultivar más de un cultivo de ciclo corto (conocido como “intercropping” o “cultivos intercalares”), entre los cultivos principales. Esto, ayuda a gestionar los ciclos de nutrientes entre dos cultivos y a cubrir y proteger la estructura del suelo. Con ello se proporciona un hábitat a la fauna, en la que están incluidos los insectos beneficiosos.

Además del estudio del diseño de las rotaciones vamos hacerlo también con las asociaciones de cultivos o cultivos mezclados, acompañantes, policultivos, intercalados o múltiples.

Las asociaciones consisten en hacer coincidir en el mismo espacio (misma parcela) y al mismo tiempo varios cultivos, observado ciertos criterios para su aplicación.

En los policultivos los dos o más cultivos interactúan de tal forma que uno ejerce un efecto positivo sobre el otro.

Para realizar una asociación adecuada según Domínguez (2002), se deberá tener en cuenta:

- Cultivar especies de familias distintas.
- Procurar que las partes comestibles sean diferentes, para que los herbívoros que las ataquen sean a su vez distintos.
- Asociar plantas de necesidades complementarias, tanto en nutrientes, como en luz o agua.
- Elegir aquellas en las cuales las profundidades y formas de raíces sean opuestas.
- Especies con problemas sanitarios distintos o fauna auxiliar simbiótica (en la que se beneficien mutuamente de depredadores, parásitos, antagonistas o polinizadores).
- Debería tenerse en cuenta como una obligación introducir leguminosas y abonos verdes con plantas de enraizamiento profundo cada 2 años de rotación, como mínimo.

Uno de los numerosos factores que pueden contribuir a una mayor eficiencia de los policultivos frente al monocultivo, puede ser la reducción de daños por plagas y enfermedades (Guzmán y Mielgo, 2008).

Un ejemplo de cómo actúan los mecanismos de defensa de los policultivos frente a las plagas es el efecto de enmascaramiento de los olores del cultivo por las plantas acompañantes.

Esto ocurre cuando la zanahoria se siembra junto a la cebolla. En este caso la mosca de la zanahoria infesta a ésta en menor grado cuando las hojas de la cebolla

estaban expandiéndose, sugiriendo que el olor de éstas enmascara la presencia de la zanahoria, que no es detectada por la mosca (Guzmán y Mielgo, 2008).

En las siguientes tablas, encontramos aquellas características interesantes para diversas especies a la hora de diseñar asociaciones.

Tabla 1: Clasificación de hortalizas según la profundidad de sus raíces (Domínguez, 2002).

SUPERFICIALES (45-60cm)			INTERMEDIAS (90-120 cm)		PROFUNDAS (+120 cm)	
ajo	Coliflor	patata	berenjena	pepino	alcachofa	sandía
ápico	endivia	puerro	guisante	pimiento	boniato	tomate
brécol	espinaca	rábano	judía	remolacha	calabaza	cardo
cebolla	lechuga		melón	zanahoria	chirivía	
col	maízdulce		nabo	haba	espárrago	

Tabla 2: Clasificación de hortalizas según su parte aprovechable (Domínguez, 2002).

RAÍCES Y TUBÉRCULOS	FLOR, SEMILLA Y FRUTO			HOJAS	BULBOS Y TALLOS
Patata	Judía	Coliflor	Sandía	Lechuga	Cebolla ajo
Zanahoria	Guisante	Fresa	Melón	Escarola	Puerro
Remolacha	Haba	Calabaza	Alcachofa	Col	Espárrago
Nabo	Tomate	Calabacín		Acelga	Hinojo
Rábano	Pimiento	Pepino		Espinaca	Colinabo
	Berenjena			Apio	
				Cardo	

Tabla 3: Algunas asociaciones favorables/ desfavorables de algunos cultivos hortícolas (Domínguez, 2002).

CULTIVO PRINCIPAL	FAVORABLE	DESFAVORABLE	OBSERVACIONES
Ajo	Lechuga, remolacha, tomate Frutales	Guisantes y judías	Asociado a aromáticas les aumenta la producción de esencias.
Alcachofa	Lechuga		
Apio	Coles, judías, pepino, puerro, tomate	Umbelíferas	
Berenjena	Judías, caléndulas		
Calabaza	Col, judía, maíz	Patata	El maíz se planta en los márgenes.
Cebolla	Col, lechuga, pepino, remolacha, tomate zanahoria, manzanilla	Guisante, judía	La zanahoria aleja la mosca de la cebolla
Col	Apio, cebollas, lechuga, patata, tomate, pepino, remolacha, manzanilla, salvia, romero, tomillo	Fresa, judía	Apio, tomate y aromáticas alejan a la mariposa de la col
Colinabo	Cebolla, guisante, rábano, remolacha.	Judía de enrame	
Espárrago	Guisante, puerro, tomate, perejil	Judía	
Espinaca	Judía, lechuga		
Guisante	Maíz, nabo, patata, pepino, rábano, zanahoria	Ajo, cebolla, puerro, perejil	
Haba	Espinaca, maíz, lechuga, patata, romero		Las espinacas las protegen del pulgón negro
Lechuga	Ajo, calabaza, alcachofa, cebolla, col, coliflor, espinacas, pepino, puerro, rábano, zanahoria	Girasol	
Nabo	Col, guisante, pepino, lechuga	Rábano	
Patata	Berenjena, col, guisante, haba, judía, maíz, rábano, zanahoria, caléndula, perejil	Calabaza, pepino, tomate, girasol	
Pepino	Apio, cebolla, col, nabo, guisante, judía, maíz, rábano	Patata, tomate	
Pimiento	Albahaca		
Rábano	Guisante, pepino, lechuga, Zanahoria, tomate	Judía, nabo	Con las lechugas los rábanos son más tiernos
Tomate	Ajo, apio, cebolla, col, espárrago, puerro, zanahoria, albahaca, ortiga, perejil	Col, coliflor, patata, pepino, hinojo, patata, judía de enrame	
Zanahoria	Cebolla, guisante, judía, lechuga, patata, puerro, rábano, tomate, romero	Otras umbelíferas	Cebolla y puerro repelen la mosca de la zanahoria.

1.2.2 La funcionalidad de los bordes herbáceos sobre la fauna útil.

Primero, definiremos como «bordes» a aquellos márgenes de vegetación herbácea, arbustiva o arbórea, espontánea o implantada, cuya forma es lineal y se encuentran adyacentes a lotes de cultivo y los delimitan. Son estructuras bajo algún grado de manejo (poda, raleo, etc.), por ejemplo para evitar su expansión sobre los cultivos (Arístide, 2014 y referencias citadas en él).

En el presente trabajo, nos referiremos a bordes herbáceos formados por plantas adventicias.

Así, malas hierbas (adventicias) tan habituales en nuestros campos como *Amaranthus retroflexus* (amaranto, bleo, moco de pavo) y *Chenopodium album* (cenizo), dan lugar también al aumento de depredadores de plagas como crisopas, mariquitas o los sírfidos, que controlan numerosas plagas (Guzmán y Mielgo, 2008).

La presencia de adventicias específicas es muy útil para favorecer el mantenimiento de poblaciones de insectos beneficiosos para el control de plagas, proporcionándoles néctar, polen, y lugares para depositar los huevos o invernar o presas alternativas, actuando como cultivos –trampa.

Tabla 4: Tabla en la que se muestra la importancia biológica de determinadas especies de adventicias como alimento para aves e insectos (Sans i Serra, 2007 y referencias citadas en él).

	Aves	Himenópteros		Escarabajos		Mariposas	
		Adultos	Larvas	Adultos	Larvas	Adultos	Larvas
<i>Cirsium arvense</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Reseda lateóla</i>		X		X	X	X	X
<i>Malva rotundifolia</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Artemisia vulgaris</i>			X _i	X	X		X
<i>Linaria vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aegopodium podagraria</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Urtica dioica</i>				X	X		X
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	X	X		X	X		
<i>Galium aparine</i>	X			X	X		X
<i>Ranunculus repens</i>		X		X	X	X	X
<i>Echium vulgare</i>		X		X	X	X	X
<i>Atropa bella-dona</i>		X		X	X	X	X
<i>Matricaria perfórala</i>				X	X		X
<i>Convolvulus arvensis</i>	X				X	X	X
<i>Stellaria media</i>		X		X	X	X	X
<i>Sisymbrium officinale</i>				X	X	X	X
<i>Lamium purpureum</i>		X			X	X	X
<i>Daucus carota</i>	X	X		X	X	X	X
<i>Calystegia sepium</i>	X	X		X	X	X	X

Es un hecho demostrado que muchas clases de depredadores alargan su temporada invernal en las adventicias. Donde se da esta circunstancia, se reduce significativamente la vuelta de los animales dañinos a los campos en primavera (Domínguez, 2002).

En definitiva, sirven para atraer fauna útil, que se alimenta de fauna perjudicial para los cultivos y, por tanto, tienden a disminuir sus poblaciones.

Las flores compuestas atraen a depredadores como crisopas, sírfidos, antocóridos, fitoseidos, etc., porque la gran cantidad de polen que producen les permite mantener un buen número de fitófagos, de los cuales se alimentan dichos depredadores. La floración y el ataque primaveral de pulgones a la cerraja o lletsó (*Sonchus* sp.) mantiene un buen número de depredadores cerca (Domínguez, 2002).

1.3 Índices de diversidad

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y ecosistemas, sus conceptos y herramientas se utilizan en el estudio de policultivos y en sistemas agroforestales, tales como huertos, cultivos perennes con sombra, agrobosques y barbechos enriquecidos con frutales y maderables (Somarriba, 1999).

La diversidad biológica es una de las variables más utilizadas en la descripción de comunidades, midiendo su grado de complejidad. La complejidad de una comunidad nos da idea de la cantidad de información que acumula, la cantidad de relaciones que pueden existir dentro de la misma y en consecuencia nos informa sobre el grado de estabilidad, cuantas más relaciones existan, mayor capacidad de la comunidad frente a una perturbación (Garmendia y Samo, 2005).

Estudios del paisaje a menudo emplean índices que han sido ideados para medir la diversidad biológica, utilizando el índice de Shannon para medir la diversidad vegetal de un territorio (Laborda, 2012).

Los índices de diversidad de especies habitualmente utilizados son formas matemáticas más o menos sencillas de medir la complejidad de un conjunto de especies. Muchas de estas medidas suelen combinar dos elementos de la estructura de las comunidades a saber: la riqueza, es decir, el número de especies y la equitabilidad, la abundancia relativa de las especies. Aunque cada medida pondera a las especies raras o abundantes de modo distinto, se suele asociar una alta diversidad con una alta riqueza, o con una alta equitabilidad, o con ambas características (Lou y González-Oreja, 2012).

El índice de Shannon que en un contexto ecológico como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar proveniente de una comunidad de la que se conoce el número total de especies S . También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S especies y N individuos. Por tanto, $H = 0$ cuando la muestra contenga sólo una especie, y, H será máxima cuando todas las especies S estén representadas por el mismo número de individuos (n_i), esto es, que la comunidad tenga una distribución de especies perfectamente equitativa (Llopis, 2013).

2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Ante la falta de estudios de referencia sobre qué valores de biodiversidad de cultivos serían posibles encontrar en una finca de producción ecológica y cómo poder valorar el manejo y el diseño de su agroecosistema, surge este TFG.

Es necesario poder proporcionar unas pautas e indicadores que permitan valorar en cualquier momento, si el diseño y el manejo que se está realizando del agrosistema es el adecuado para su correcto funcionamiento.

La realización del presente trabajo, nace ante las presentes exigencias para la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos. La reducción de la huella ecológica de la agricultura mediante prácticas sostenibles, puede contribuir a la conservación de la biodiversidad, los hábitats y la prestación de servicios ecosistémicos.

La necesidad de aumentar y conservar la biodiversidad, mediante el manejo y el diseño del agrosistema, se pone de manifiesto en diferentes ámbitos a nivel mundial. Ejemplos de ello:

- En el Reglamento (CE) nº 834/2007 del consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, podemos encontrar el siguiente fragmento:

OBJETIVOS Y PRINCIPIOS DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

Artículo 3

La producción ecológica perseguirá los siguientes objetivos generales:

a) asegurar un sistema viable de gestión agrario que:

- respete los sistemas y los ciclos naturales y preserve y mejore la salud del suelo, el agua, las plantas y los animales y el equilibrio entre ellos,
- contribuya a alcanzar un alto grado de biodiversidad,.....

- Desde la FAO se promueve la integración de sus propios instrumentos relacionados con la biodiversidad para la implementación del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020.

Este plan proporciona un marco general sobre la diversidad biológica, para todo el sistema de las Naciones Unidas y todos los asociados comprometidos con la gestión de la diversidad biológica y el desarrollo de políticas.

En 2010, durante la COP 10 (Conferencia de las Partes) realizada en Nagoya, Japón, los países parte adoptaron el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 que incluye las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica.

Dentro del apartado Objetivo estratégico B en las Metas de Aichi podemos leer lo siguiente:

“Reducir las presiones directas sobre la diversidad biológica y promover la utilización sostenible para 2020, las zonas destinadas a agricultura, acuicultura y silvicultura se gestionarán de manera sostenible, garantizándose la conservación de la diversidad biológica.”

Entre las metas nacionales, por parte del gobierno español que pueden vincularse a las Metas de Aichi en materia de diversidad biológica, destacamos el objetivo 3.1:

“Avanzar en el conocimiento, la consideración y la integración de la biodiversidad en las prácticas y las políticas agrarias, en un contexto de coordinación con las Comunidades Autónomas, cooperación intersectorial, y participación de los sectores involucrados.”

Expuestas las razones o las justificaciones para la realización del presente TFG, los objetivos de éste van a ser los siguientes:

- Determinar la biodiversidad de cultivos que podemos encontrar en la explotación para unos períodos determinados.
- Descripción, análisis y evaluación de las rotaciones y asociaciones que se realizan en las parcelas. Considerar su rediseño si fuera necesario.
- Determinar la flora adventicia y su porcentaje de ocupación. Se determinaran las adventicias encontradas en los bordes herbáceos de las parcelas y caminos de la finca para las fechas de estudio.
- Proporcionar materiales para evaluar si el manejo que se realiza en la explotación es el correcto.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio.

El proyecto fue llevado a cabo en una finca dedicada a la producción ecológica, ubicada en el término municipal de Alcàsser, en la provincia de Valencia. En la ilustración 2, se observan todas las parcelas que componen la explotación. La mayor parte de la producción de las parcelas está basada en cultivos hortícolas, aunque en la finca también encontramos cultivos leñosos como cítricos, granados y melocotoneros. La recogida de los datos se realizó entre los meses de febrero del 2016 a abril del 2017.



Ilustración 2: Parcelas que forman la explotación.

La superficie total de la explotación es de 13,48 ha y está dividida en 24 parcelas, con las superficies indicadas en la tabla 5.

Tabla 5: Superficie de las parcelas.

Parcela N°	Superficie (ha)	Parcela N°	Superficie (ha)
1	0,69	11	0,41
2	0,83	12	0,86
3	0,99	13	0,17
4	0,51	14	0,07

5	0,84	15	1,67
6	0,9	16	1,48
7	0,8	17	0,5
8.1	0,25	18.1	0,26
8.2	0,35	18.2	0,13
8.3	0,35	18.3	0,2
9	0,57	18.4	0,14
10	0,26	18.5	0,25

3.2 Metodología de estudio.

Para poder trabajar de una manera más eficiente, se dividió la finca en 4 zonas de trabajo, como se puede observar en la ilustración 3. El criterio que se siguió para realizar dichas divisiones, fue la superficie de las zonas (tabla 6).

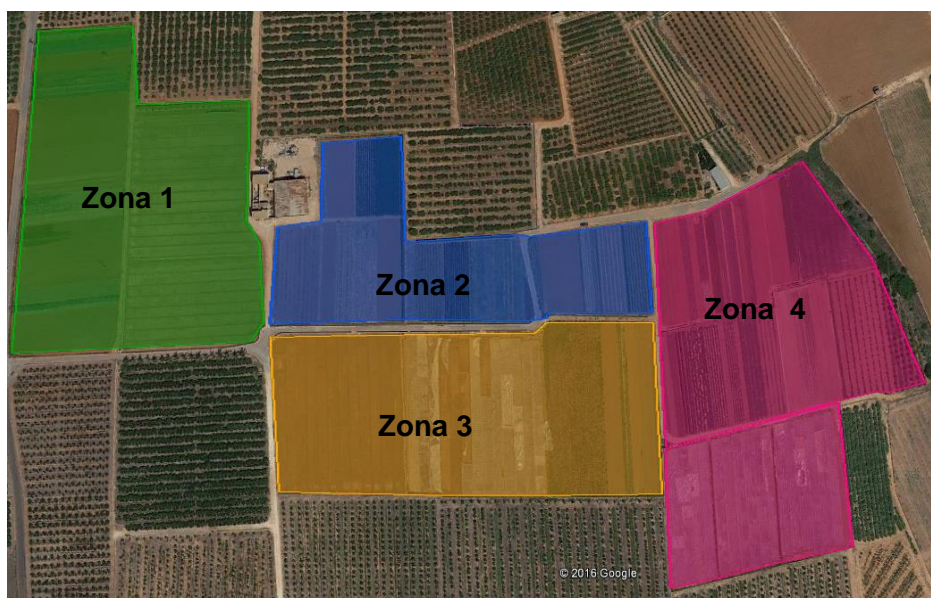


Ilustración 3: Las 4 zonas en que se ha dividido la finca (a partir de Google maps, 2017).

Tabla 6: Superficie de las zonas.

Zona	1	2	3	4
ha	3,15	2	2,54	3,17

Estas son las zonas con las que trabajaremos en el proyecto para la realización de los diferentes cálculos. Cuando comparemos los resultados obtenidos lo haremos entre zonas de superficies similares. Esto es, compararemos la zona 1 con la 4 y la zona 2 con la 3.

La determinación de los cultivos en las parcelas de estudio se llevó a cabo realizando diferentes inventarios. Se efectuaron 10 visitas a campo entre febrero del 2016 a abril del 2017. Toda la información, se recogió con la ayuda de unas plantillas creadas para facilitar la toma de datos en campo (anexo VIII).

Junto los cultivos hortícolas, en los bordes o laterales de las parcelas, también se cultivan frutales. Aunque su objetivo principal es ser reservorio de fauna útil, su producción también es comercializada, Son tres los que se repiten en las parcelas: *Punica granatum*, *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. y *Cydonia oblonga* Mill.

Dichos frutales, también se tendrán en cuenta en el cálculo de la biodiversidad.

Por otro lado, se realizó, la determinación de las especies adventicias. Para ello se realizaron 5 muestreos durante los períodos que van de febrero a abril del 2016 y de diciembre a abril del 2017.

De cada una de ellas se tomaron fotografías en campo con las que posteriormente poder realizar un catálogo.

Una vez ya identificadas y con ayuda de unas plantillas creadas para la toma de datos (anexo IX), se recorrieron los caminos y bordes de las parcelas (ilustración 4). Para, de una manera visual, designar el porcentaje de ocupación de las adventicias.

Para dicha tarea, se siguió el siguiente criterio:

- Para alcanzar el 100% al sumar los porcentajes de ocupación de las diferentes especies, los bordes han de estar totalmente ocupados por adventicias.
- Si los bordes no están totalmente ocupados, designaremos el porcentaje que creamos oportuno a cada adventicia. Sin tener que llegar al 100%. El porcentaje que nos falte hasta alcanzar dicho 100%, lo consideraremos como una zona libre de ocupación de adventicias.



Ilustración 4: Caminos y bordes de parcelas (a partir de Google maps, 2017).

Un ejemplo de cómo designar el porcentaje de ocupación, podemos verlo en la ilustración 5. El borde está ocupado en su totalidad por 2 especies diferentes. De forma que designaremos un 80% para una de ellas y un 20 % para la otra especie.

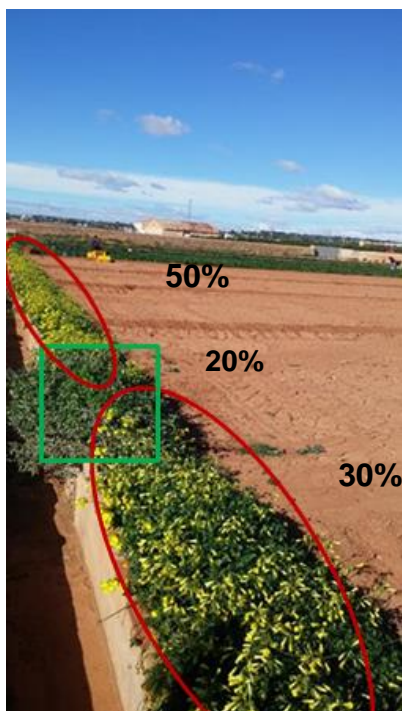


Ilustración 5: Designación de porcentaje de ocupación.

3.3 Análisis de los datos.

3.3.1 Análisis de los datos de cultivos.

Con los datos recopilados en las hojas de cálculo se ha realizado el cálculo de S, riqueza de especies y el Índice de Shannon. Siendo éste último igual a:

$$H = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

Donde:

S= número de especies

p_i= proporción de individuos de la especie y respecto al total de individuos. Esto es, la abundancia relativa de la especie i ni/N.

n_i= número de individuos de la especie i.

N=número de todo los individuos de todas las especies.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

Para una mejor interpretación, se ha utilizado la potencia e^H para representar el índice de diversidad, ya que de esta manera su comprensión es mucho más fácil ($e^H = S$, cuando la uniformidad es máxima, $F=1$).

La uniformidad mide la homogeneidad entre la abundancia de las especies. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

También se han podido establecer diferentes grupos de cultivos. Al conocer el porcentaje de superficie ocupada por cada uno en cada zona (anexo VI), hemos podido seguir su evolución en las parcelas a lo largo de las fechas de estudio. Esto es, ver si el cultivo aparece en todas las zonas y si lo hace, ver en que fechas, cuánta superficie ocupa o cuando desaparece.

3.3.2 Análisis de los datos de adventicias.

Con los porcentajes asignados para cada adventicia, se pudieron calcular los metros que ocupaban de bordes y caminos. Como resultado, se ha determinado cuáles son las especies y familias más representativas.

3.3.3 Análisis del diseño de las rotaciones y asociaciones de cultivos.

Para conocer el diseño de las rotaciones y asociaciones, utilizamos la información recogida en las plantillas. Con los datos de la misma parcela en diferentes períodos de tiempo, se pudo hacer un seguimiento de sus cultivos y así analizar los criterios utilizados.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cultivos producidos en la explotación.

A partir de la información recogida sobre los cultivos durante el período de estudio, se pudo construir la tabla 7. En ella aparecen todas las especies de cultivos, aunque no se precisan todas las variedades.

Al analizarla destaca la familia Brassicaceae. Es la que cuentan con mayor número de especies. Seguida por Amaranthaceae, Solanaceae y Apiaceae.

Tabla 7: Cultivos según las familias

FAMILIAS	CULTIVO
Asteraceae	<i>Cichorium endivia</i> L.
Asteraceae	<i>Lactuca quercina</i> L.
Asparagaceae	<i>Asparagus officinalis</i> L.
Apiaceae	<i>Pastinaca sativa</i> L.
Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.var.cicla
Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.var.conditiva
Amaranthaceae	<i>Spinacea oleracea</i> L.
Asteraceae	<i>Cynara scolymus</i> L.
Asteraceae	<i>Cynara cardunculus</i> L.
Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i> L.
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> DC.
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.
Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i> L.
Brassicaceae	<i>Brassica napus</i> L.

Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L.
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> var. <i>melopepo</i> L.
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i> L.
Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb). Matsum.&Nakai
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita moschata</i> (Duchesne ex Lam.) Britt
Fabaceae	<i>Vicia faba</i> L.
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i> L.
Amaryllidaceae	<i>Allium sativum</i> L.
Amaryllidaceae	<i>Allium cepa</i> L. var. puerro (tardío de Lérida)
Amaryllidaceae	<i>Allium cepa</i> L.
Amaryllidaceae	<i>Allium porrum</i> L.
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> L. var. <i>dulce</i>
Solanaceae	<i>Solanum melongena</i> L.
Solanaceae	<i>Lycopersicon lycopersicum</i> (L.)
Apiaceae	<i>Apium graveolens</i> L.
Apiaceae	<i>Foeniculum vulgare</i> Hill. Var. <i>dulce</i> D.C.
Apiaceae	<i>Petroselinum sativum</i> Hoffm
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.

4.2 Análisis de los cultivos

4.2.1 Evolución del número de cultivos a lo largo del tiempo

Con la ayuda de los datos recogidos en las visitas a campo, hemos podido conocer de una manera más detallada la riqueza de cultivos. Sabemos que el número máximo de cultivos llegó a ser de 41. Alcanzándose en abril de 2017. Por el contrario el valor mínimo se alcanzó en marzo del 2016, con 24 cultivos.

Al observar la ilustración 6, destacar que del año 2016 al 2017 ha habido una tendencia al alza del número de cultivos en campo, probablemente debida, a las exigencias de demanda del mercado de nuevos productos. Este hecho favorece el aumento de la diversidad en la finca.

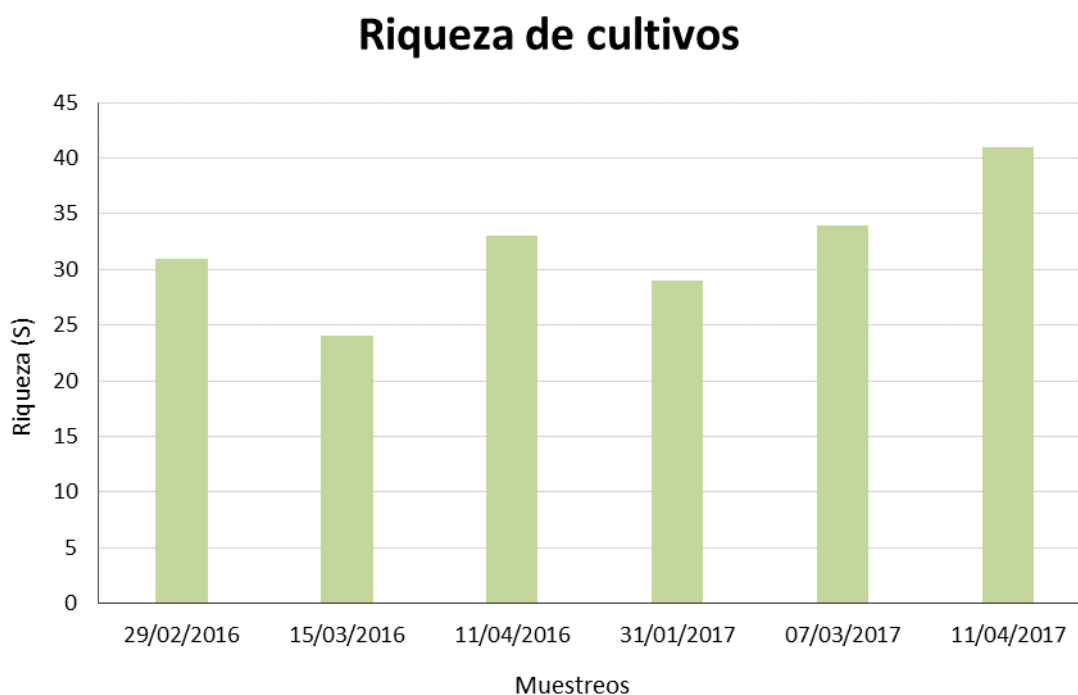


Ilustración 6: Cultivos de la explotación

4.2.2 Agrupación de cultivos.

Para la realización de un estudio más detallado de los cultivos, los hemos dividido en 5 grupos. Basándonos, como ya se ha explicado en diferentes características.

Los grupos son:

1. **Cultivos de verano:** los podemos encontrar a partir del mes de abril, y sólo en una de las zonas. Al ser principio de temporada aún no estarían distribuidos por diferentes parcelas. En este momento, su producción todavía no está escalonada. En la ilustración 7 podemos ver con un ejemplo, cuál es el comportamiento de estos cultivos.

Los cultivos que encontramos en la finca serían: berenjena, calabacín, calabaza, judía, maíz, melón, pepino, pimiento, sandía, tomate cherry y tomate de pera.

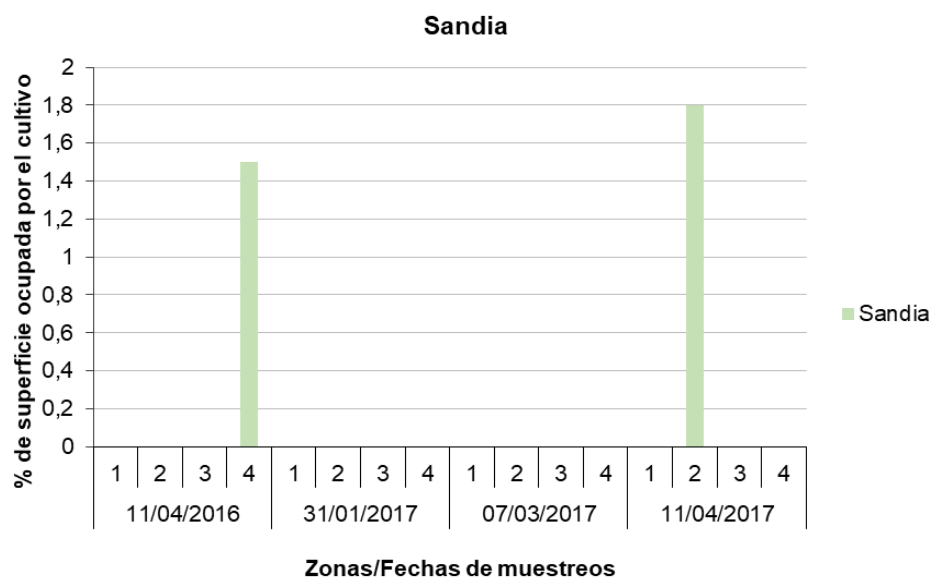


Ilustración 7: Ejemplo de cultivo de verano.

2. **Cultivos utilizados como reservorio de fauna útil:** los encontramos en los márgenes de las parcelas. Su establecimiento en las parcelas es permanente y se distribuyen por todas las zonas. Destaca en la finca la

importante ocupación de superficie del cardo y los granados. En la ilustración 8, se puede observar la evolución de cardo.

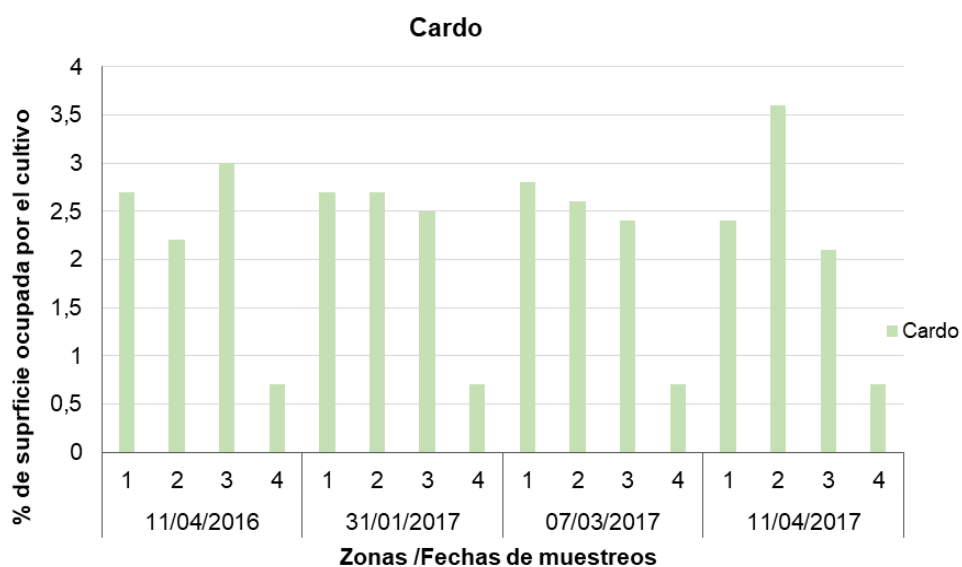


Ilustración 8: Ejemplo de cultivo utilizado como reservorio.

3. **Cultivos plurianuales:** los encontramos en una sola zona, ocupando una gran superficie. Su producción es escalonada. Debido a su ciclo de vida permanecen sobre el mismo terreno varios años. En la finca encontramos dos, alcachofas (ilustración 9) y espárragos.

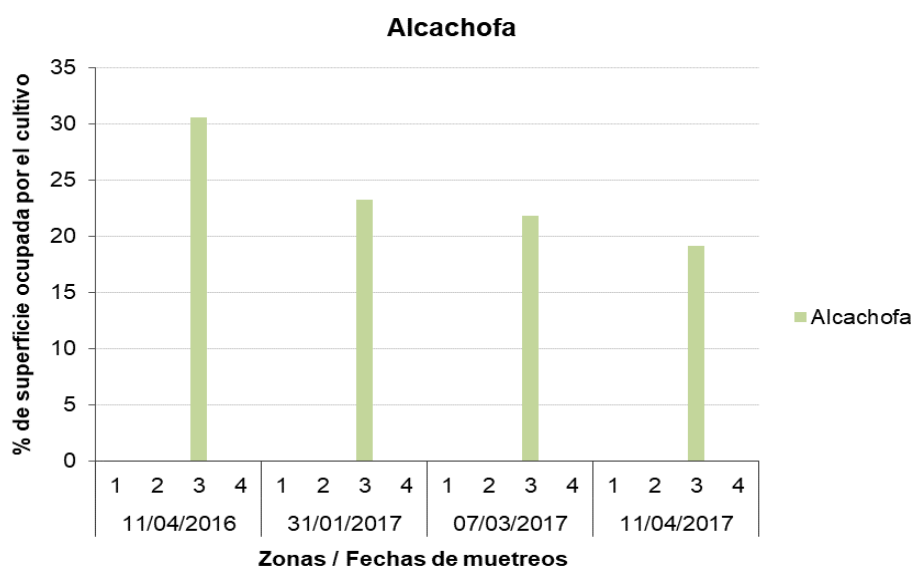


Ilustración 9: Ejemplo de cultivo plurianual.

4. **Cultivos de consumo en fresco, utilizados como intercalares:** su consumo en fresco, hace que este tipo de cultivos los podamos encontrar bien en 3 de las 4 zonas o en menos de tres. Esto se debe a la demanda de mercado y a su rápido crecimiento. En la finca encontramos numerosos ejemplos (ilustración 10) como: acelgas, ajos tiernos, apio, brócoli, col kale, col lisa, col lombarda, col rizada, coliflor, colinabo, escarola, espinaca, hinojo, hoja de roble, lechuga, nabo, napicol, perejil, puerro, rabanito, rábano, remolacha y zanahoria. Son clave para diseñar las rotaciones.

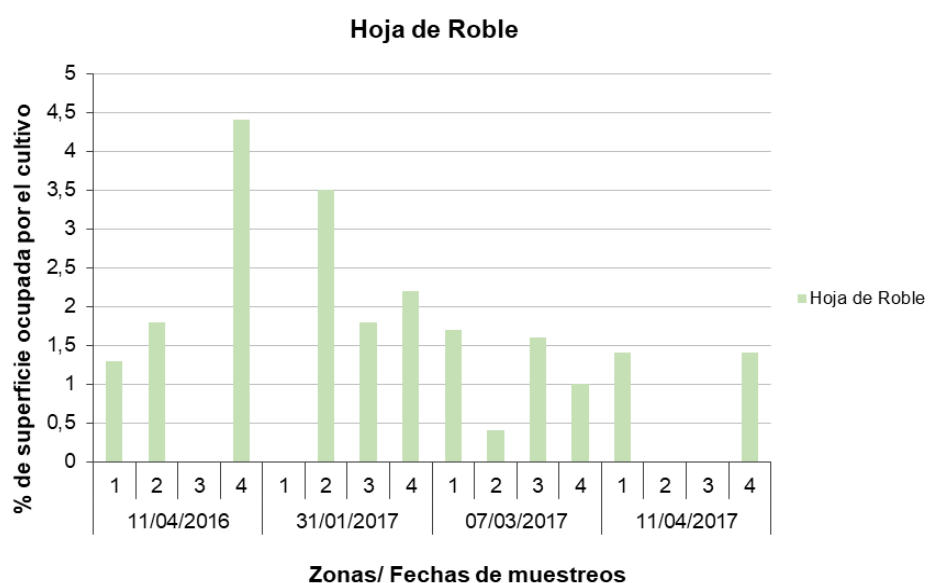


Ilustración 10: Ejemplo de cultivo de consumo en fresco.

5. **Cultivos que se pueden almacenar:** son cultivos que ocupan grades superficies y su permanencia en campo es de tres a cuatro meses. Sólo los encontramos en una zona. Una vez recolectados pueden ser almacenados, dependiendo de la demanda del mercado. En la finca destacan la patata (ilustración 11) y la cebolla.

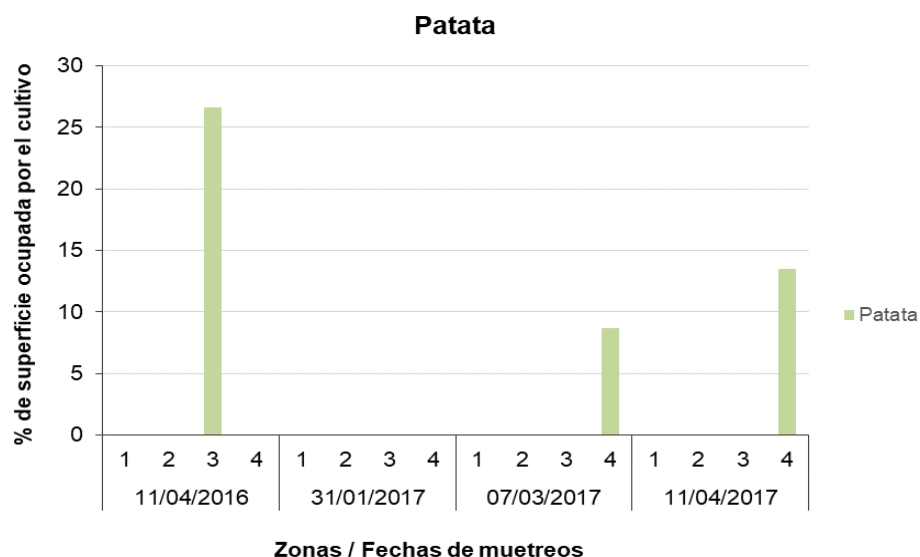


Ilustración 11: Ejemplo de cultivo almacenable.

4.2.3 Índices de diversidad según zonas.

En la tabla 8, se recogen los valores medios según zonas de los índices de diversidad. Quedando expresados por el índice de Shannon (e^H) y sus dos componentes, la riqueza (S) y la uniformidad (F).

Si comparamos los valores obtenidos de la tabla 8 para las 4 zonas estudiadas se observa que la diversidad es mayor cuando mayor es la superficie de cultivo, hecho que no significa que también lo sea la uniformidad.

Tabla 8: Valores medios en las zonas de estudio.

Zonas	Riqueza(S)	Diversidad(e^H)	Uniformidad(F)
1	20,75	13,41	0,71
2	16,50	10,18	0,76
3	17,00	8,30	0,81
4	23,50	14,65	0,75

Con los valores calculados para cada zona, se van contrastar según sus superficies.

Zonas 1- 4

Durante el mes de febrero del 2017 la diversidad en la zona 1 es mucho menor en comparación a la de la zona 4. Esta menor diversidad se debe a que en la zona 1, una de sus parcelas se encontraba en un período de descanso, contabilizándose en ella sólo tres especies diferentes.

Poco a poco la diferencia entre ambas va disminuyendo. En el mes de marzo se introducen nuevas especies de cultivo en la zona 1. En el mes de abril en la zona 4 se están recolectando muchos cultivos por lo que la diversidad disminuye respecto a la zona 1.

Destacar que al comparar los meses de abril del 2016 y 2017 tanto en la zona 1 como en la 4, la diversidad ha aumentado. La razón, como ya se ha apuntado, es debida a las nuevas exigencias del mercado.

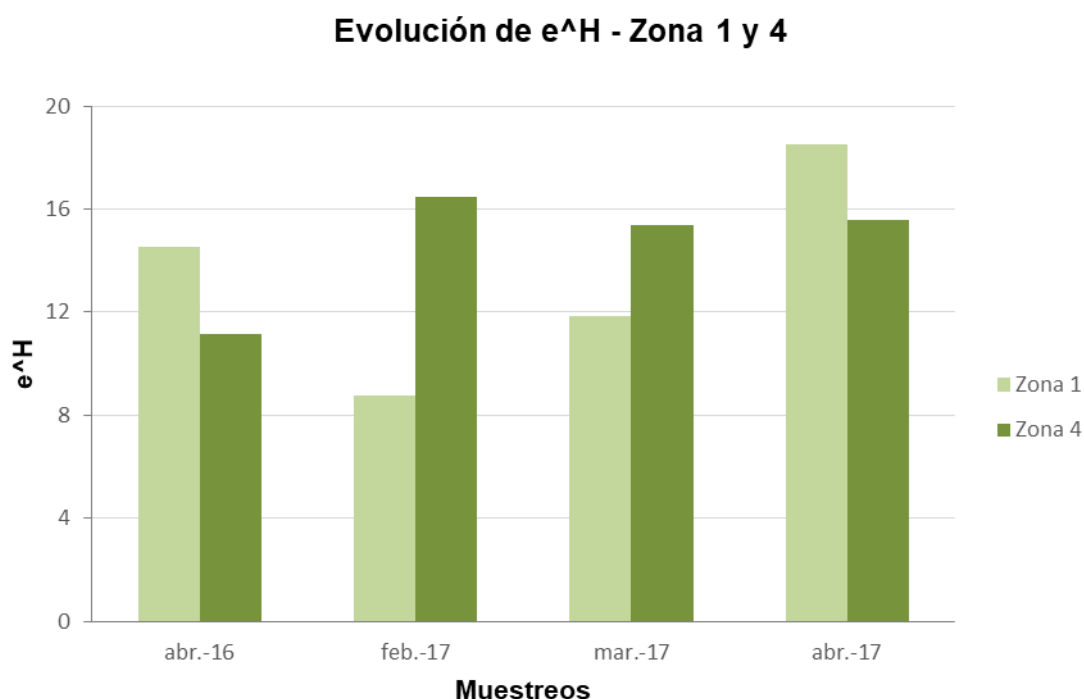


Ilustración 12: Evolución de los valores de e^H zona 1 y 4

Zonas 2-3

Los valores de diversidad calculados durante el año 2017, en ambas zonas, son bastante similares.

En general son más bajos que en la zona 1 y 4 no solo porque las parcelas son más pequeñas sino porque coinciden con la ocupación por parte de espárrago y alcachofa, cultivos plurianuales.

Aunque en estas zonas la diversidad de cultivos sea menor se ve compensado por la estabilidad que proporcionan estos dos cultivos.

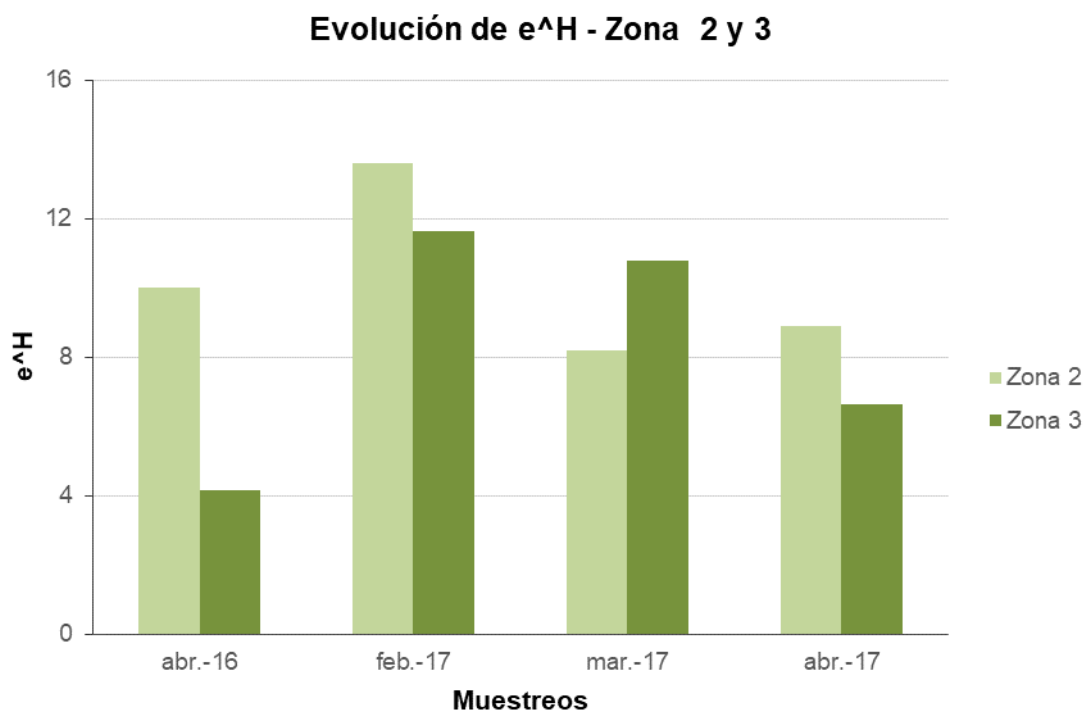


Ilustración 13: Evolución de los valores de e^H zona 2 y 3

4.3 Determinación y análisis de las plantas adventicias.

Tras los muestreos realizados hemos podido concluir que las adventicias que se pueden encontrar en los caminos y bordes de parcelas, durante los períodos de estudio, son la que enumeramos en la tabla 9.

Se han identificado 31 adventicias, las cuales pertenecen a 16 familias diferentes. La familia más representativa son las Poaceae seguida por las Brassicaceae.

Tabla 9: Adventicias identificadas.

FAMILIA	ADVENTICIAS
Amaranthaceae	<i>Amaranthus albus</i> L.
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.
Poaceae	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link
Poaceae	<i>Bromus hordeaceus</i> L.
Asteraceae	<i>Calendula arvensis</i> L.
Brassicaceae	<i>Capsella bursapastoris</i> (L.) Medik
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium murale</i> L.
Brassicaceae	<i>Diploaxis eruroides</i> (L.) DC.
Polygonaceae	<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd
Geraniaceae	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér. subsp. <i>malacoides</i>
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia segetalis</i> (Ileteresa)
Papaveraceae	<i>Fumaria capreolata</i> L.
Papaveraceae	<i>Fumaria officinalis</i> L.
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L. (apegalós)
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
Poaceae	<i>Hordeum murinum</i> L.
Poaceae	<i>Lolium rigidum</i> Gaud.
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.
Oxalidaceae	<i>Oxalis pes-caprae</i> L.
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.
Poaceae	<i>Piptatherum miliaceum</i> (L.) Coss.
Poaceae	<i>Poa annua</i> L.
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.
Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i> (L.) Britt
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
Asteraceae	<i>Sonchus tenerrimus</i> L. var. <i>tenerrimus</i>
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.
Apiaceae	<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertn.
Urticaceae	<i>Urtica urens</i> L.

El porcentaje de ocupación según familias cambia notablemente del 2016 al 2017 (ilustración 14 y 15). Esto se debe al marcado aumento de porcentaje de un año a otro de Oxalidaceae. Esta situación provocará que el resto de familias a excepción de Asteraceae, vean disminuidos sus valores.

Sólo Poaceae, mantiene un porcentaje por encima del 20% junto Oxalidaceae, el resto de familias, esto es, tres de las cinco que son, están por debajo.

% DE OCUPACIÓN POR FAMILIAS 2016

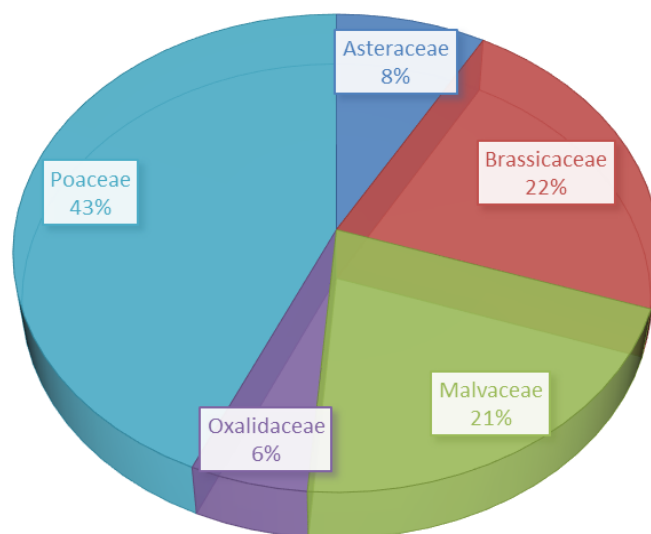


Ilustración 14: Porcentajes de ocupación según familias en 2016.

% DE OCUPACIÓN POR FAMILIAS 2017

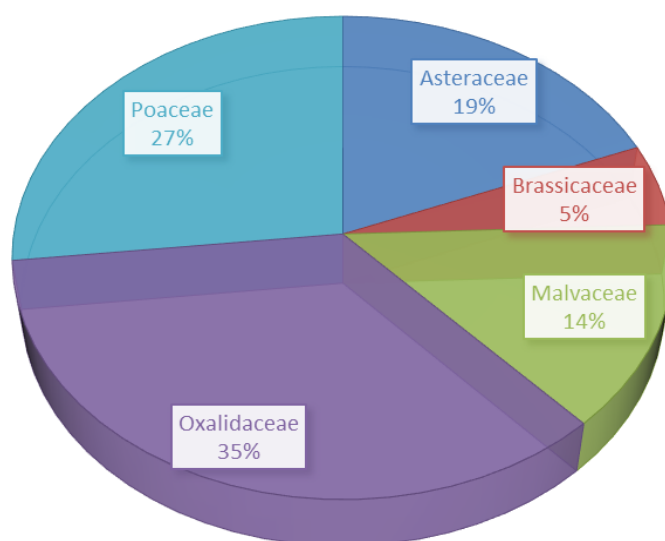


Ilustración 15: Porcentajes de ocupación según familias en 2017.

La composición de la flora adventicia varía de un año al otro (ilustración 16). Hay especies que directamente han sido eliminadas como por ejemplo las plantas aromáticas que estaban en la finca para ser comercializadas, otras como *Lobularia marítima* (L.) Desv., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Emex spinosa* (L.) Campd, eran relativamente abundantes en 2016 y en 2017 han desaparecido. Otras mantienen cierto nivel de estabilidad, *Hordeum murinum* L., *Papaver rhoeas* L., *Avena barbata* Pott ex Link, y *Malva sylvestris* L.

Si nos fijamos solamente en algunas especies, hay que destacar la ocupación de *Oxalis pes-caprae* L. en el período 2017. Este hecho podría deberse gracias a su alta capacidad invasora, la cual hace que se extienda con facilidad y rapidez, frente otras adventicias.

Por otro lado *Hordeum murinum* L. y *Calendula arvensis* L. son las siguientes especies con elevada ocupación. La primera de ellas, como gramínea, es de las primeras plantas que aparecen. Se las conoce como plantas “colonizadoras” (o pioneras), son resistentes y de crecimiento rápido. En la finca se han encontrado en los bordes de las parcelas y en los caminos.

De la segunda, hay que destacar su importancia como fuente de alimento y reservorio de fauna útil.

Por último destacar la aparición en 2016 de *Lobularia marítima* (L.) Desv. Esta fue introducida en algunos bordes como reservorio de fauna útil, ya que mantiene su flor casi todo el año, pero en el 2017 su ocupación es nula. La causa de ello es que las adventicias propias de la zona se extienden con mayor rapidez que ella, desplazándola del agrosistema.

Comparativa adventicias 2016 -2017

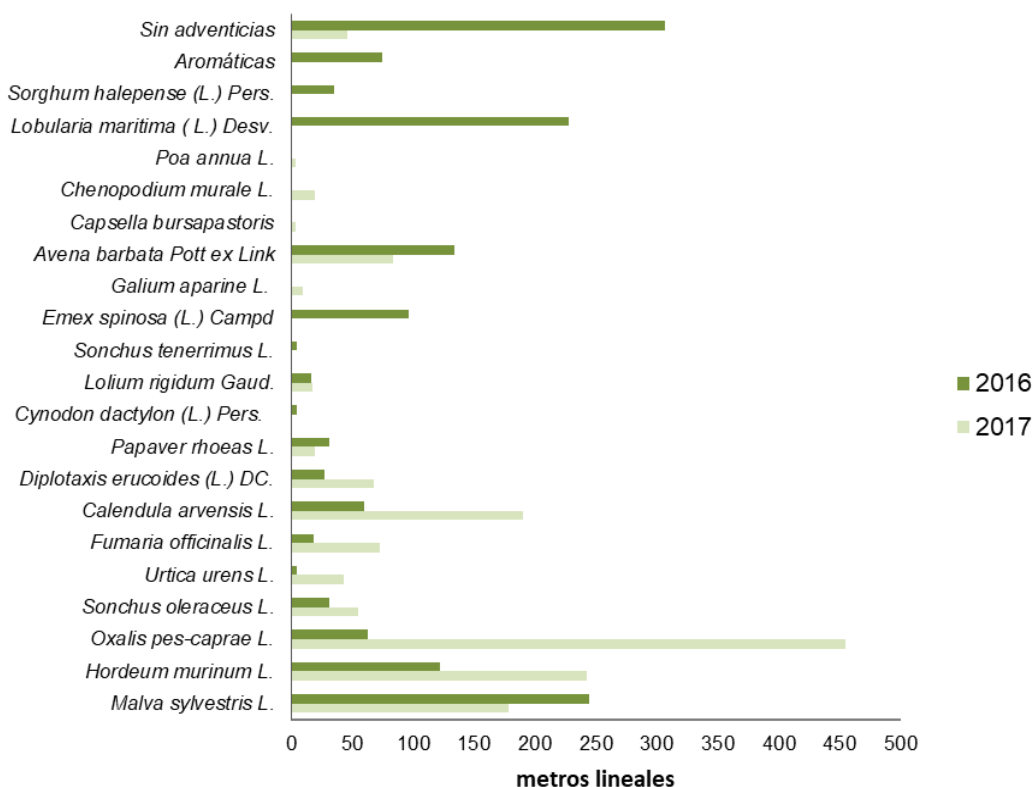


Ilustración 16: Comparativa de los metros lineales ocupados por adventicias durante el período de estudio 2016- 2017 .Los metros lineales medidos fueron 1504,19 m., siendo aproximadamente un 38% del total de bordes herbáceos totales que podemos encontrar en la finca.

Por otra parte, se ve que la capacidad de floración de las diferentes plantas adventicias (tabla 10) aporta alimento y refugio a los enemigos naturales, favoreciendo su abundancia y manteniendo sus poblaciones.

Tabla 10: Períodos de floración.

Especies	e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
<i>Malva sylvestris</i> L.												
<i>Hordeum murinum</i> L.												
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.												
<i>Sonchus oleraceus</i> L.												
<i>Urtica urens</i> L.												
<i>Fumaria officinalis</i> L.												
<i>Calendula arvensis</i> L.												
<i>Diplotaxis eruroides</i> (L.) DC.												
<i>Papaver rhoeas</i> L.												
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.												
<i>Lolium rigidum</i> Gaud.												
<i>Sonchus tenerrimus</i> L.												
<i>Emex spinosa</i> (L.) Campd												
<i>Galium aparine</i> L.												
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link												
<i>Capsella bursapastoris</i>												
<i>Chenopodium murale</i> L.												
<i>Poa annua</i> L.												
<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.												
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.												

■ Floración de gramíneas

4.4 Evaluación del diseño de las rotaciones y asociaciones de cultivos.

Junto el análisis de las rotaciones se ha evaluado también, las asociaciones de cultivos (policultivo) que como ya se ha dicho, es otra forma de mantener la biodiversidad en agroecosistema.

En los apartados anteriores se ha evaluado tanto la diversidad vegetal como las adventicias presentes en los márgenes de cultivo, sin embargo esta evaluación ha sido una evaluación puntual en momentos concretos. Para evaluar la idoneidad de las rotaciones se han seguido las recomendaciones de la Comisión Europea DG ENV (Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea).

Como se ve en la tabla 11 se cumplen 6 de las 7 recomendaciones, aunque en algunos momentos se han sembrado judías verdes en la finca, la presencia de leguminosas tanto como para cultivo de consumo o cubierta verde, es uno de los puntos a mejorar según dichas recomendaciones.

Tabla 11: Análisis de las rotaciones.

ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LAS ROTACIONES (patrón descrito en el informe final de la Comisión Europea DG ENV)	CUMPLIMIENTO
Rotar cultivos con raíces profundas con otros con raíces superficiales	SI
Rotar cultivos de verano y cultivos de invierno	SI
Evitar encadenar cultivos de especies muy inter-relacionadas	SI
Rotar cultivos con un alto nivel de producción de biomasa y cultivos donde las malas hierbas han de ser controladas de forma manual	SI
Incluir cultivos que dejen una cantidad significativa de residuos.	SI
Incluir legumbres para la fijación del nitrógeno atmosférico en el sistema	NO
Cultivar más de un cultivo de ciclo corto ("intercropping" o "cultivos intercalares"), entre los cultivos principales.	SI

Otras importantes actuaciones que también se cumplen son:

- La rotación de coliflores después de hortalizas de raíz, debido a que sus exigencias son diferentes.
- Patata como cabeza de rotación, no repitiendo parcela pasados 3 o 4 años.
- Utilización de cultivos de ciclos cortos como intercalares. Por ejemplo: espinacas, apio y lechuga.
- Alternar entre cultivos ensuciantes y limpiadores. La alternancia de plantas ensuciadoras" (ajo, cebolla, zanahoria) con otras de rápido crecimiento y densa vegetación (melón, boniato) impide la excesiva proliferación de adventicias.
- Incorporación a la rotación "variedades tradicionales" de cultivo, que han sido generadas en la zona y que están bien adaptadas a las condiciones locales.

Las asociaciones que más se repiten en las parcelas para el período de estudio son las siguientes:

Tabla 12: Asociaciones de cultivos realizadas en las parcelas.

CULTIVO	ASOCIACIÓN	POSITIVA/NEGATIVA
Apio	Acelga, coles, coliflores	+
Brócoli	Acelgas, apios, coles repollo, lechugas, remolachas, y zanahorias.	+
Cebolla	Remolachas, lechugas, zanahorias	+
Coliflor	Acelgas, espinacas, lechugas, remolachas y zanahorias.	+
Espinaca	Apios, lechugas y rábanos.	+
Lechuga	Cebollas, coles, espinacas, habas, nabos y zanahorias.	+
Lechuga	Apio	-
Nabo	Coles y lechugas	+
Puerro	Apio, coles repollo, lechugas, y zanahorias.	+
Remolacha	Apio, coles repollo, cebollas y lechugas.	+
Zanahoria	Cebollas, lechugas o puerros.	+
Zanahoria	Apio	-

Las asociaciones marcadas como negativas y que se aconsejan ser evitadas son:

- Lechuga y apio, debido a que ambos cultivos son exigentes en nitrógeno.
- Zanahoria y apio, debido a que ambos cultivos pertenecen a la misma familia.

5 CONCLUSIONES

1. Se ha establecido una metodología que permite valorar si el diseño y el manejo del agrosistema.
2. El número de cultivos durante todo el período de estudios en toda la finca ha oscilado entre 24 y 41 agrupados en 10 familias. Son las Brassicaceae las que cuentan con mayor número de especies, seguida por Amaryllidaceae, Solanaceae y Apiaceae.
3. Los cultivos que más aportan a la diversidad son aquellos de ciclo corto y que se consumen en fresco. Ya que se realizan diferentes plantaciones en pequeñas superficies durante gran parte del año.
4. En la finca, se ha optado por crear con la gran variedad de cultivos y adventicias, un paisaje muy diverso, incrementándose así la supervivencia de los enemigos naturales en los campos. Esto aumenta las posibilidades de que se ejerza un control biológico por conservación.
5. La presencia de plantas adventicias también aporta diversidad a la finca. Se han identificado 31 especie diferentes, siendo las familias más representativa Poaceae y Brassicaceae.
6. Gracias a los diferentes períodos de floración de las adventicias, podremos mantener unos buenos niveles de población de enemigos naturales, ya que les proporcionarán alimento (polen y néctar) y refugios para su invernación u otros momentos críticos.
7. El diseño de las rotaciones es muy adecuado según la Comisión Europea DG EN (Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea), dentro de las posibles mejoras en el diseño de las rotaciones, se recomienda la inclusión de un mayor número de cultivos de legumbres en las parcelas.
8. Sobre las asociaciones solo se aconseja evitar, la asociación de apio y lechuga y la de zanahoria y apio.

6 BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C., 1994. *Biodiversidad y manejo de plagas en agrosistemas*. Ed. Icaria. Barcelona
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C., 2010. *Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agrosistemas*. Ed. Socla. Colombia.83 pp.
- ARÍSTIDE, P., (2014). *Caracterización de Bordes de Cultivos en Agroecosistemas Campesinos del Chaco semiárido (Santiago del Estero, Argentina)*. [Fecha de consulta: febrero del 2017] disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/278328747_Caracterizacion_de_Bordes_de_Cultivos_en_Agroecosistemas_Campesinos_del_Chaco_semiarido_Santiago_del_Estero_Argentina
- BONNIER G.; DE LAYER, G., 1995. *Claves para la determinación de plantas vasculares*. Ed.Omega. Barcelona.
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2007).Reglamento (CE) N° 834/2007 del Consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CEE) n° 2092/91
- DOMÍNGUEZ, A.; ROSELLÓ I OLTRA J.; AGUADO J., 2002. *Diseño y manejo de la diversidad vegetal en agricultura ecológica asociaciones y rotaciones de cultivos, cubiertas vegetales silvestres y abonos verdes, setos vivos*. Phytoma España. Valencia.
- DOMÍNGUEZ, A., (2002). La diversidad vegetal en la agricultura ecológica: asociaciones, rotaciones, cubiertas vegetales y setos. [Fecha de consulta: Enero del 2017] disponible en:
www.agullent.es/sites/default/files/diversitat-vegetal-i-ae.pdf
- EUROPEAN COMMISSION - DG ENV (2010). Studies and Reports on Agriculture. *Environmental Impacts of Different Crops Rotations in the European Union* (Bio Intelligence, September 2010) [Fecha de consulta: febrero del 2017] disponible en:
http://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/BIO_crop_rotations%20final%20report_rev%20executive%20summary_.pdf
<http://ec.europa.eu/environment/agriculture/studies.htm>
- FAO, 2015. Crop Planning and Management in Organic Agriculture. [Fecha de consulta: diciembre del 2017] disponible en:
<http://teca.fao.org/read/8367>
- GARMENDIA, A.; SAMO, A.J., 2005.*Prácticas de ecología*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.174 pp.
- GURR, G.; WRATTEN, S.; ALTIERI, M., 2004.*Ecological Engineering for Pest Management (Advances in Habitat Manipulation for Arthropods)*.Cornell University Press. Ithaca .256 pp.
- GUZMÁN, G.; ALONSO, A., 2008. *Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Aprovechamiento y control de Flora Arvense*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

- GUZMÁN, G.; ALONSO, A., 2008. *Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Asociaciones y rotaciones*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- GUZMÁN, G.; ALONSO, A., 2008. *Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Cultivo de hortalizas*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- GUZMÁN, G.; ALONSO, A., 2008. *Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Funcionalidad de los setos*. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.
- HERBARIO VIRTUAL DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL, 2007. [Fecha de consulta: marzo del 2017] disponible en:
<http://herbarivirtual.uib.es/cas-uv/>
- HERNÁNDEZ, E. (2013). La conservación de la biodiversidad en los sistemas agrarios. *Ecosistemas*, 22(1):1-4.
- JOST, L.; GONZÁLEZ-OREJA, J.A., (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana*, 56 (1-2): 3-14.
- LABORDA, R., 2012. *Comparación de la abundancia y biodiversidad de insectos auxiliares entre parcelas de cultivo ecológico y convencional en parcelas de cítricos, caqui y nectarina*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del medio Natural. 173 pp.
- LLOPIS, D., 2013. *Diversidad de cultivos en la comarca de L'Horta Nord de Valencia*. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del medio Natural. 63 pp.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- NICHOLLS, C., 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología*, 1: 37- 48.
- ORTUÑO, T.; STEPHAN, B.; SARMIENTO L., (2006). Dinámica sucesional de la vegetación en un sistema agrícola con descanso largo en el Altiplano central boliviano. *Ecología en Bolivia [online]*, 41(3): 40-70. [Fecha de consulta: febrero del 2017] disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006001200005
- PAREDES, D.; CAMPOS, M.; CAYUELA, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas*, 22(1):56-61.
- PFIFFNER, L.; SCHÄRER, H.J.; LUKA, H., 2014. Functional biodiversity to improve pest control in annual and perennial cropping systems. ISOFAR Scientific Conference. Building Organic Bridges', at the Organic World Congress 2014.
- PLA, L., (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8):583-590. [Fecha de consulta: Enero del 2017] disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911906>

- ROSELLÓ, J., 2003. *Manejo agroecológico de cultivos hortícolas al aire libre*. IVIA. Estación experimental agraria de Carcaixent. Generalitat Valenciana.
- SANS I SERRA, F.X., *Biología, ecología y control de malas hierbas. Master agricultura biológica*. Universidad de Barcelona [Fecha de consulta: Marzo del 2018] disponible en:
http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL_formation-2-1.pdf
- SIMON, S.; BOUVIER, J.F.; DEBRAS, J.F.; SAUPHANOR, B. (2010). Biodiversity and pest management in orchard systems. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 139–152. [Fecha de consulta: marzo del 2017] disponible en:
<https://hal.inria.fr/file/index/docid/886515/filename/hal-00886515.pdf>
- SOMARRIBA, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*.6 (23):72-74.
- SUSO, M.J.; BOCCI, R.; CHABLE, V. (2013). La diversidad, una herramienta poderosa para el desarrollo de una agricultura de bajos-insumos. *Ecosistemas*, 22(1):10-15.