

Depredación de semillas de malas hierbas en el Baix Llobregat



Trabajo de Final de Grado de Enginyeria
Agroambiental i del Paisatge

Autor: Emilio Ordóñez Gallo

Tutor: Jordi Izquierdo Figarola

Resumen

Se ha observado que la depredación de semillas de malas hierbas por parte de diferentes vertebrados e invertebrados, junto a la viabilidad o no de la propia semilla, son razones que intervienen en la presencia de la vegetación arvense en diferentes espacios agrícolas. Este hecho puede suponer varios inconvenientes para la obtención de beneficios en la agricultura ya que la lucha contra las malas hierbas llega a convertirse en una inversión económica significativa, por ejemplo, para la compra y uso de herbicidas o por el gasto en su erradicación de forma mecánica, así como también puede suponer un perjuicio ecológico. En nuestro caso se ha querido comprobar la depredación de las semillas en dos espacios concretos: zonas de huerta y zona de árboles frutales, ambas irrigadas, situadas en el Parc Agrari del Baix Llobregat.

Nuestra labor ha consistido en comprobar cómo funciona esta depredación en zonas de regadío del Delta del Llobregat, en una zona de huerta donde el riego se hace llenando los diferentes surcos: la otra zona de control ha sido en zona de frutales donde el riego se hace entre las hileras de los diferentes ciruelos a través de sistemas de gota a gota. El control se ha hecho utilizando dos tipos de semillas como atrayentes: *Echinochloa crus-galli* y *Chenopodium album*. La elección de estas semillas viene condicionada por un experimento a nivel europeo en el cual se quería saber cómo afectará el cambio climático en la agricultura, cómo afectará también la presencia de la vegetación arvense en estos espacios conforme vaya aumentando la temperatura y cuáles pueden ser los instrumentos ecológicos utilizados para contrarrestar la presencia de esta vegetación. Para ello hemos utilizado dos sistemas de trampas con placas de Petri que contenían muestras de las referidas semillas. Con estos dos sistemas procurábamos distinguir el tipo de depredador para las semillas, si había sido vertebrado o invertebrado.

Este estudio se ha realizado a lo largo de las cuatro estaciones del 2016 como año natural, en los meses de marzo, mayo, agosto y octubre, una semana en cada una de éstas, con seguimiento constante y asegurándonos que durante esta semana de exposición de las semillas a los depredadores las condiciones atmosféricas no malograsen el ensayo.

A diferencia de estudios que conocíamos anteriormente, y en los cuales nos basábamos para redundar en los mismos resultados, pero en escenarios diferentes, se han obtenido datos contrarios a nuestra hipótesis. La depredación por parte de vertebrados, roedores y aves, no ha existido. La presencia de roedores no la hemos podido demostrar y las aves granívoras avistadas no han comido semillas. Para la depredación por parte de invertebrados hemos ido adaptándonos a las circunstancias para lograr que comieran las semillas que habíamos colocado. Salvo una excepción, que no la hemos contemplado como dato fiable, el resultado ha sido el mismo. Las condiciones para que la hormiga del género *Messor* depredase las semillas no han existido. Esta hormiga está reconocida como depredadora efectiva en campos de secano.

En definitiva no hemos obtenido los datos que esperábamos pero creemos que debemos perseverar en su búsqueda. Buscando los porqués se han abierto posibilidades para futuros estudios.

Resum

S'ha observat que la depredació de llavors de males herbes per part de vertebrats e invertebrats, junt a la viabilitat o no de la mateixa llavor, són raons que intervenen a la major o menor presència de la vegetació arvense en diferents espais agrícoles. Aquest fet pot suposar alguns inconvenients per l'obtenció de beneficis a la agricultura ja que la lluita contra las males herbes suposa una significativa inversió econòmica, per exemple, per la compra i ús d'herbicides o per la despesa en el maneig per l'eradicació de forma mecànica, així com també pot suposar un perjudici ecològic. En el nostre cas, s'ha volgut comprovar la depredació de les llavors a dos espais concrets: zona d'horta i zona d'arbres fruiters, totes dues irrigades i situades al Parc Agrari del Baix Llobregat.

Nostra activitat ha consistit en comprovar com funciona aquesta depredació en zones de regadiu del Delta del Llobregat, en una zona d'horta on el rec es fa omplint els diferents solcs; l'altre zona de control ha estat en zona de fruiters on el rec es fa entre dues fileres de les diferents pruneres mitjançant el sistema de gota a gota. El control s'ha fet amb dos tipus de llavors: *Echinochloa crus-galli* i *Chenopodium album*. L'elecció d'aquestes llavors està condicionada per un control que s'efectua a nivell europeu en el que es vol saber com afectarà el canvi climàtic a la agricultura, com afectarà també la presència de la vegetació arvense quan vagi augmentant la temperatura i quins poden ser els instruments ecològics utilitzats per contrarestar la presència d'aquesta vegetació. Per aconseguir-ho hem utilitzat dos sistemes de trampes amb plaques de Petri que contenien mostres de les esmentades llavors. Amb aquest dos sistemes es volia distingir el tipus de depredador per les diferents llavors, si havien estat vertebrats o invertebrats.

Aquest estudi s'ha realitzat al llarg de les quatre estacions del 2016 como any natural, als mesos de març, maig, agost i octubre, una setmana en cada una d'aquestes, amb un seguiment constant i assegurant-nos que durant aquesta setmana d'exposició de les llavors als depredadors les condicions atmosfèrica no fessin malbé l'assaig.

A diferència d'estudis que coneixíem anteriorment, i en els quals ens basàvem per redundar en els mateixos resultats, però amb escenaris diferents, s'han obtingut dades contràries a nostra hipòtesi. La depredació per part de vertebrats, rosegadors i aus, ha estat inexistente. La presència de rosegadors no l'hem pogut demostrar i les aus vistes no han menjat les llavors. Per la depredació per part dels invertebrats ens hem anat adaptant a les diferents circumstàncies per aconseguir que mengessin les llavors que havien posat. Excepte una dada, que no l'hem contemplada perquè ens semblava poc fiable, el resultat ha estat el mateix. Les condicions perquè les formigues del gènere *Messor* mengessin les llavors no han existit. Aquesta formiga està reconeguda com depredadora molt efectiva en camps de secà.

En definitiva, no hem aconseguit les dades que esperàvem però creiem que encara s'ha de seguir en la recerca de dades. Buscant els diferents perquè s'han obert possibilitats per futurs estudis.

Abstract

It has been noted that the predation of weed seeds by different vertebrates and invertebrates, besides the viability or not of the seed itself, are reasons that contribute to the presence of the weed seeds in different farming areas. This fact can lead to several disadvantages in order to obtain farming profits, the fight against weed seeds becomes a significant investment (e.g. for the purchase and use of herbicides or for the cost of eradication in a mechanical way) and an ecological damage as well. In our case, we wished to verify the seeds in two specific areas: garden of vegetables and fruit trees areas, both irrigated and located in the Parc Agrari del Baix Llobregat.

Our work has been to check how this predation works in irrigated areas of the Delta del Llobregat, in an area of vegetables garden where the irrigation is done filling the different furrows; another control area has been in fruit trees fields with drip irrigation between the rows of the plum trees. Control was made using two types of seeds as attractants: *Echinochloa crus-galli* and *Chenopodium album*. The choice of these seeds was conditional upon an experiment at European level. We wanted to know how might affect climatic change into the agriculture, how will also affect the occurrence of the weed seed in these areas as the temperature increases and which can be the ecological instruments used to counteract these weeds. In order to achieve these aims, two systems traps have been used with samples of weed seeds contained in Petri dishes. In this way, we tried to distinguish the predator type for these seeds, whether it has been vertebrate or invertebrate.

This study was carried out during all seasons of 2016, during the months of March, May, August and October, one week in each one of them, monitoring and controlling that during the reference week atmospheric conditions did not affect the test.

In contrast to previous studies, which were based on similar results but in various scenarios, we have obtained contrary data to our hypotheses. Predation by vertebrates, rodents and birds, has never existed. We have been unable to demonstrate the presence of rodents, and birds spotted in the area have not eaten seeds. To know the predation by invertebrates we have adapted to the circumstances to get them to eat the seeds we have placed. But with one exception, which we have not considered as reliable data, the result has been identical. The conditions for eating the seeds by the ant *Messor* have not existed. This ant is well known as an effective predator in dry land fields.

In short, we have not obtained any data that we expected but we believe that we must continue in this search. Looking for the whys, new possibilities for future studies have been opened.

Sumario

Índice de figuras	7
Índice de tablas	8
1. Introducción:	9
1.1. Consideraciones sobre flora arvense.....	9
1.2. Dinámica de poblaciones de malas hierbas.....	13
1.2.1. Las plántulas.....	13
1.2.2. El banco de semillas.....	13
1.3. La depredación de semillas del suelo.....	15
1.3.1. Depredadores vertebrados.....	16
1.3.1.1. Aves granívoras.....	16
1.3.1.2. Roedores.....	18
1.3.2. Depredadores invertebrados.....	19
1.3.2.1. Formícidos.....	19
1.3.2.2. Carábidos.....	20
1.4. Técnicas de estudio utilizadas para evaluar la depredación de semillas en ecosistemas agrícolas.....	20
2. Objetivos	24
3. Material y métodos	25
3.1. Localización del ensayo.....	25
3.2. Condiciones climáticas.....	27
3.3. Diseño experimental.....	27
3.3.1. Procedencia de las semillas.....	29
3.3.2. Disposición de las trampas utilizadas y diseño experimental.....	30
4. Resultados	32
5. Conclusiones	39
Referencias	41

Índice de figuras

Figura. 1- Pensamiento silvestre (Fuente: Andrea Moro).....	15
Figura. 2-Jilguero (fuente: M. J. Nilosé); Verdecillo (fuente: J. Gómez González); Verderón (fuente: Mariano de Villalba).....	17
Figura. 3- Gorrión común (fuente:SEO/BirdLife); Gorrión molinero (fuente: X. Porta Mata).....	17
Figura. 4- Ratón de campo (fuente: D. Stretton); ratón moruno (fuente: V. Prié); ratón ciervo (fuente: G. y M. Vargas).....	18
Figura. 5- <i>Messor barbarus</i> (foto: Taku Shimada); <i>Messor capitatus</i> (foto: Alkinne); <i>Aphaenogaster senilis</i> (foto: DMX).....	19
Figura. 6- Cebada (foto: R. Dupagne); trigo (foto: V. Protsak); avena (foto: A. Trepte).....	21
Figura. 7- <i>Lolium multiflorum</i> (foto: R.M. Canals); <i>Vicia villosa</i> (foto: V. Buono); <i>Lolium rigidum</i> (foto: G. Jordan); <i>Galium aparine</i> (foto: P.S. Drobot).....	22
Figura. 8- <i>Stellaria media</i> (foto: D. Nicholls); <i>Avena fatua</i> (foto: K. Stueber); <i>Phalaris canariensis</i> (foto: E.J. Judziewicz).....	22
Figura. 9-Arboretum de Can Comas y los dos terrenos de Cal Xagó en el Parc Agrari (fuente: Google maps).....	26
Figura. 10- Parc Agrari del Baix Llobregat (fuente: Google maps).....	26
Figura. 11- Localización europea del Parc Agrari (fuente: Google maps).....	26
Figura. 12- Comederos en Cal Xagó, con pocas semillas para hacer de reclamo (foto: E. Ordóñez).....	27
Figura. 13- Disposición de las muestras (Fuente: E. Ordóñez).....	28
Figura. 14- Comederos en Cal Xagó (foto: E. Ordóñez).....	29
Figura. 15- <i>Echinochloa crus-galli</i> (foto: M. Becker) y <i>Chenopodium album</i> (foto: M. Licher)...	30
Figura. 16- Comederos con muchas semillas, facilita la visualización (foto: E. Ordóñez).....	31
Figura. 17- Cogiendo hormigas para su identificación (foto: E. Ordóñez).....	35
Figura. 18- Comederos en Can Comas (foto: E. Ordóñez).....	37

Índice de tablas

Tabla 1- Resultados del mes de marzo.....	32
Tabla 2- Resultados del mes de mayo.....	32
Tabla 3- Resultados del mes de agosto.....	33
Tabla 4- Resultados del mes de octubre.....	33

1 Introducción

1.1 Consideraciones sobre la flora arvense

A lo largo de la historia, conforme el hombre avanzaba en sus conocimientos agrícolas y conforme se reafirmaba en la creencia del inconveniente que suponía la presencia de vegetación arvense, tanto económica como culturalmente, el agricultor siempre ha luchado contra esta presencia. En el siglo pasado este avance fue vertiginoso, gracias a los avances de la química y su aplicación en lo que se llamó la Revolución Verde. En nuestros días estos avances se han revelado en muchos casos como perjudiciales y se ha avanzado en diferentes aspectos alternativos.

Los inconvenientes de la presencia de las plantas arvenses vienen fundamentados en las razones que se enumeran seguidamente y que causan considerables pérdidas en la producción agrícola (Thomson, 1979):

- Competencia por el agua, por el acceso al sol y por los nutrientes del suelo.
- Técnicamente pueden perjudicar un laboreo eficaz mediante la obstrucción de los arados por rizomas y raíces grandes.
- Perjudican o impiden la recolección, contaminando, en el caso de algunas gramíneas, la recolección, sobre todo a la hora de separarlas.
- Permite la presencia de plantas venenosas o parásitos vegetales.
- Pueden hospedar plagas y enfermedades.

El mismo autor aconsejaba una serie de métodos para poder controlarlas, entre otros enumera:

- Rotación de cultivos.
- Estercolar para favorecer la pudrición de las semillas de estas hierbas.
- Eliminación de rizomas, laboreo entre líneas y siegas en el momento de barbecho y posterior emergencia.
- Aplicación de fertilizantes para promover un crecimiento competitivo del cultivo.
- Herbicidas.

Para reducir los efectos perjudiciales de la flora arvense en los cultivos explicamos seguidamente diferentes estrategias que se emplean:

- ✓ Gestión de la flora arvense en cultivos extensivos.
 1. Estrategias culturales.
 - a) Barbecho y rotación de cultivos.
 - b) Uso de semillas certificadas.
 - c) Densidad de siembra adecuada.
 - d) Uso de fertilizante natural bien compostado (a 80°C).
 2. Estrategias mecánicas.
 - a) Extracción de malas hierbas aunque es más común en el tercer mundo en la gestión de cultivos extensivos.

3. Falsa siembra. Labrando se estimula la germinación de las semillas no latentes y, cuando emergen, se eliminan con otro laboreo o con herbicidas. Estrategias químicas. Uso de herbicidas.
 - a) Cuándo:
 - i. En pre-emergencia de cultivo y de mala hierba gracias a la absorción radicular.
 - ii. En post-emergencia de cultivo y de mala hierba gracias a la absorción foliar i/o radicular.
 - b) La materia activa dependerá del tipo de cultivo y mala hierba.

- ✓ Gestión de la flora arvense en cultivos de huerta.
 1. Estrategias culturales. Rotación de cultivos.
 2. Estrategias mecánicas.
 - a) Riegos con filtro, sobre todo en zonas de extracción de agua de canales.
 - b) Escarda manual.
 - c) Labrar entre surcos.
 - d) Coberturas naturales o artificiales.
 - i. Paja.
 - ii. Plásticos de polietileno negro, etc.
 3. Estrategias químicas. Uso de herbicidas aunque mejor en grandes superficies.

- ✓ Gestión de la flora arvense en cultivos arbóreos.
 1. Secano. Laboreo del suelo cuando la densidad de hierbas así lo aconseja.
 2. Regadío. Capa herbosa entre hileras y limpio alrededor del árbol, si es necesario se puede segar o utilizar herbicidas. Mantener una capa herbosa permite generar con el tiempo materia orgánica que fertiliza el suelo y genera una estructura adecuada que evita su erosión y compactación. Se generan condiciones que favorecen la presencia de fauna útil en la lucha contra plagas.

¿Qué ha hecho que este tipo de plantas merezca un control permanente? Salisbury en 1961 consideraba las malas plantas como aquéllas que crecen donde no se quiere que crezcan.

El desarrollo de las malas hierbas es diferente respecto a las plantas de cultivo. Varias son las características que las distinguen, cuantas más características de éstas posean más difícil es la lucha contra su erradicación. Zimdahl (1993) enumera las siguientes:

1. Se reproducen a una edad más temprana y también maduran a una edad más temprana que cuando lo hace el cultivo.
2. Pueden poseer dos modos de reproducción, a través de semilla o vegetativa, así como poseer mecanismos de dispersión adaptados en cada caso.
3. Son capaces de crecer bajo condiciones adversas o de permanecer viables durante mucho tiempo.
4. Exhiben diferentes tipos de dormición y de dispersión.
5. Producen semillas similares en tamaño y forma de las que se utilizan para producir.

6. Algunas pueden generar semillas más de una vez al año además de una mayor cantidad por planta.
7. En algunas sus raíces pueden penetrar y emerger del suelo generando rizomas y hacer así que el número de individuos sea mayor. A la vez sus raíces pueden poseer reservas suficientes para una elevada resistencia a las condiciones ambientales adversas.
8. Presencia de mecanismos para repeler que se las ingiera.
9. Habilidad para competir por los nutrientes, la luz y el agua.
10. Pueden volverse resistentes al uso de herbicidas y el hecho de que pueda encontrarse en muchos hábitats hace que se pueda convertir potencialmente en mala hierba en cualquier momento.

A estas características debemos añadir:

11. Elevada persistencia en una zona por la germinación escalonada, que impide una solución total con un único tratamiento; por una gran plasticidad fisiológica, que hace que la planta se adapte a las condiciones ambientales existentes; y también por una gran plasticidad genética, que hace que posean genotipos diferentes que facilita la aparición de resistencias.
12. Elevada capacidad de competencia, que las hace que sean más eficientes. Tienen así mayor vigor, y eso les permite que crezcan más rápido y puedan absorber más nutrientes; o una elevada sincronización con el crecimiento del cultivo haciendo que maduren antes o al mismo tiempo que él. Si crecen más o más rápido pueden tapar el cultivo; también puede tapar el cultivo el hecho que tengan hojas más amplias.

En la actualidad la protección del medio ambiente ha sido una de las razones por las que se han buscado alternativas más respetuosas al uso de fitosanitarios; a la vez se ha considerado la presencia de la vegetación arvense como un mal menor (contra el cual hay que buscar métodos alternativos), cuando no beneficioso, según los casos, considerando que frente a éstas es mejor gestionar su presencia que controlarlas. Si bien el uso de herbicidas es cada vez más certero y puntual no deja de ser menos cierto que no despeja las dudas de sus inconvenientes. El uso de herbicidas, los monocultivos y la agricultura intensiva han ido eliminando o simplificando funciones ecológicas o servicios ecosistémicos que abundaban no hace mucho tiempo y se ha ido generando cada vez mayor dependencia respecto a estos herbicidas.

Respecto a la función de la flora arvense en el ecosistema agrario ésta es dual. Por un lado nos encontramos que su presencia, como competidoras del cultivo, es un inconveniente, sobre todo cuando es muy elevada. A mayor densidad la competencia por la luz, agua y nutrientes es mayor y desciende el rendimiento. Además también se las puede ver como cobijo de numerosas especies de organismos perjudiciales, siendo un trampolín para acceder a los cultivos cercanos; y por último, una gran presencia de éstas puede generar un microclima húmedo que a nivel del suelo puede resultar favorable para el desarrollo de ciertos hongos perjudiciales también para el cultivo. Sin embargo, por otro lado, su presencia es muy positiva ya que puede facilitar el control biológico de plagas al ser refugio de depredadores y parasitoides; o refugio de insectos polinizadores. También son zonas de refugio para

vertebrados, tanto depredadores o no. Contribuye así a aumentar la biodiversidad del ecosistema.

Un conocimiento cada vez más efectivo de las malas hierbas, facilitaría que se pudiese gestionar su presencia en beneficio de los ecosistemas agrarios. Esa gestión se inicia conociendo cuál es el funcionamiento de las malas hierbas respecto a los cultivos y cómo interactúan con la fauna útil.

Tscharntke *et al.*, (2005) argumenta que los sistemas agrarios deben poder compaginar la producción agrícola con el mantenimiento de la biodiversidad en estos espacios. Los sistemas de producción de hoy en día son cada vez más intensivos y homogeneizadores y cada vez más hacen que la biodiversidad, necesaria para generar un ecosistema estable, sea menor. Una producción agraria que compatibilice la producción viable económicamente con beneficios sociales y ambientales, aporta unos beneficios globales que no deben obviarse. Tscharntke *et al.*, (2005) añade que los paisajes estructuralmente complejos mejoran la diversidad local y pueden compensar el manejo local de alta intensidad. Dice también que la polinización, el control biológico y la capacidad de resiliencia de un ecosistema estable son conceptos que se contraponen al uso de insecticidas y herbicidas. No debemos olvidar que la constatación del cambio climático como un factor que condicionará nuestro futuro si no se actúa rápida y enérgicamente ha ayudado también a que en los últimos años se hayan ido haciendo estudios para profundizar en un conocimiento de los ecosistemas agrícolas más respetuosos con el medio ambiente y beneficiosos para la sociedad en general.

El respeto por los lindes (la presencia de los lindes como espacio para evitar las perturbaciones y el suelo desnudo (Tattersall *et al.*, 2001) sería un recurso de refugio para los roedores y un punto de salida para el acceso a los campos de cultivo), un manejo del suelo más respetuoso con la estructura del suelo (siembra directa) y, como consecuencia, un mayor respeto por la biodiversidad en los campos de cultivo son acciones que permiten un equilibrio entre la producción agrícola y el respeto a la biodiversidad. El control sobre las malas hierbas, sin olvidar que son refugio de posibles depredadores de las propias malas hierbas y refugio también de la conocida como fauna útil (posibles depredadores o parasitoides de plagas), es necesario para obtener este equilibrio que buscamos (Landis *et al.*, 2005). Es en este escenario que se quiere situar este trabajo.

La producción de semillas de malas hierbas sufre diversas contingencias y entre ellas se ha destacado la depredación de semillas por parte de diferentes depredadores. Si además la predación se produce sobre plantas anuales, cuya supervivencia se vería en entredicho cada año, es importante conocer estas posibles contingencias. Ya se conocen trabajos sobre la depredación de semillas en zonas de cereal de secano en la Península Ibérica y en el norte de Europa. Pero no se tienen datos de qué es lo que sucede en áreas de regadío. En nuestro caso se ha querido estudiar si los datos y las propuestas correspondientes a las zonas de secano eran aplicables a zonas de regadío con árboles frutales de gestión ecológica y cubierta vegetal y de huerta con gestión integrada de producción.

1.2. Dinámica de poblaciones de malas hierbas

Los estudios de dinámica de poblaciones tienen por objeto determinar el tamaño de las poblaciones a lo largo del tiempo y los factores que influyen en dicho tamaño (Saavedra, 1994).

1.2.1. Las plántulas

Una vez la semilla germina, la supervivencia de la plántula depende de diferentes factores. Los podemos agrupar en factores que dependen de la densidad de individuos, denso-dependientes, y factores no dependientes de la densidad, denso-independientes. Éstos últimos, los independientes de la densidad vienen condicionados por factores abióticos y bióticos. Dentro de los factores abióticos, la plántula puede morir por condiciones ambientales extremas, desastres naturales, contaminación, etc. Dentro de los factores bióticos, la plántula puede morir por ataque de plagas, enfermedades, etc. Los factores denso-dependientes se dividen en competencia tanto intra como interespecífica y la alelopática.

Uno de estos factores, que también condiciona el desarrollo de la plántula y puede perjudicar los cultivos, es la alelopatía. Es la producción por parte de ciertas plantas de sustancias tóxicas que inhiben o interfieren en la germinación, crecimiento o desarrollo de las plantas que tienen a su alrededor. Con este fenómeno se consigue que la planta afectada compita menos eficazmente por los recursos. Las sustancias tóxicas que producen, compuestos alelopáticos, suelen ser fenoles, terpenos, flavonas, alcaloides y otros compuestos del metabolismo secundario vegetal que se producen en hojas, tallos y raíces.

1.2.2. El banco de semillas

Cuando la planta llega a la madurez y las flores generadas han sido fecundadas se acaban generando semillas. Entonces se produce el fenómeno de la lluvia de semillas que consiste en la dispersión de las semillas por parte de la planta. Las semillas que caen al suelo, junto con la presencia de propágulos en el suelo o ya enterrados, conforman lo que es conocido con el nombre de banco de semillas que, concretando, es el conjunto de semillas y propágulos que están en el suelo o en su superficie.

Las semillas que se depositan en el suelo permanecerán en su superficie un cierto tiempo antes de quedar enterradas. Durante este tiempo, y cuando aún estén en la planta madre, estarán al alcance de posibles depredadores. Aves, roedores e insectos componen el elenco de depredadores más comunes de semillas, hasta el punto de que son considerados como los causantes de una gran mortalidad de la flora arvensis (Hulme, 1994; Westerman *et al.*, 2003; Baraibar *et al.*, 2009). Por ejemplo hay estudios que han demostrado que el 70% de semillas producidas en los campos arables no emergen como plántulas ni pueden ser recuperadas del banco de semillas en la próxima temporada (Cardina y Norquay, 1997; y Gerowitt y Bodendörfer, 1998).

Además de los depredadores, no hay que olvidar que la actividad de los microorganismos del suelo y la propia viabilidad de la semilla son también factores que reducen el número de semillas del suelo. Westerman *et al.* (2003) considera que la depredación de semillas es una parte importante en el control de las malas hierbas y que ésta, combinada con otras técnicas de control no químicas, puede reducir los costos ambientales y económicos del efecto de dichas plantas.

La pérdida de viabilidad de la semilla en el banco de semillas se debe a la muerte del embrión y ésta se puede acelerar por alguna de las siguientes razones:

- Las propiedades intrínsecas de la formación de la semilla respecto a la acumulación de sustancias de reserva. Si no ha acumulado suficientes reservas se reducirá su viabilidad.
- La situación de la semilla en la planta. Las primeras semillas que genera la planta y las últimas a lo largo del tiempo son menos viables.
- Las condiciones ambientales en el suelo: tipo de suelo, humedad, actividad microbiana, presencia o no de lluvias, etc.

Las semillas del banco de semillas se encuentran en el suelo en dos estadios: no latentes y latentes. El primero a la espera de poder emerger porque ya se cumplen las condiciones para ello y el segundo a la espera que se den las condiciones de precipitación (humedad) y temperatura, el conocido como tiempo hidrotermal (conocido a través de una fórmula que mide los grados hidrotérmicos que necesita una semilla para poder germinar). Hay tres tipos de latencia:

- a) Dormición primaria o innata. No germina cuando acaba de caer al suelo sino que tiene que pasar un cierto tiempo porque hay alguna característica intrínseca de la semilla que lo impide, como puede ser: que el embrión aún no está formado, que la cubierta de la semilla tiene una gran resistencia mecánica o que en la semilla hay ciertos inhibidores químicos.
- b) Dormición secundaria. Es aquella impuesta a las semillas sin dormición primaria cuando las condiciones no son favorables para su germinación.
- c) Dormición forzada. Se produce cuando una semilla sin latencia innata no germina porque no ha acumulado los grados hidrotérmicos necesarios.

En seco, una vez realizada la cosecha, el agricultor suele labrar la tierra. Mediante esta acción las semillas de malas hierbas que están presentes en el campo acaban enterradas y tienen una mayor probabilidad de germinar. Más adelante si vuelve a labrar, enterrará las plántulas de las semillas que hayan germinado. Baráibar (2011) considera que habría que dejar actuar antes del laboreo a los depredadores durante un cierto tiempo, cuando la semilla esté aún en la superficie, y que aquéllas que no hayan sido depredadas, durante este tiempo de depredación, puedan seguir su proceso natural y acabar enterradas por el paso del tiempo o ayudadas por el agricultor con la maquinaria adecuada. El agricultor puede volver a pasar el tractor para enterrar las plántulas que aún surjan posteriormente. Así se podrá conseguir que

surjan menos malas hierbas para la temporada siguiente y se ahorre en fitosanitarios con los beneficios que eso conlleva.

Según datos de Díaz y Tellería (1993), referidos a pastizales de Europa Oriental, cuando nos referimos a la cuantificación del banco de semillas se puede hablar de hasta 31.334 semillas/m². De esta flora potencial, la posibilidad de convertirse en flora real oscila entre un 10 y un 30% (Cardina y Norquay, 1997), lo cual es una cantidad considerable. Gerowitt y Bodendörfer (1998) en sus experimentos con *Viola arvensis* (Pensamiento silvestre), constataron que sólo un 10% de las semillas de esta planta acababan siendo viables en los campos de gramíneas del norte de Europa cuando la generación de semillas era de 2.500 por planta (Figura 1).



Figura 1 Pensamiento silvestre
(Fuente: Andrea Moro)

1.3. La depredación de semillas del suelo

Las semillas que se encuentran en la superficie del suelo pueden ser objeto de depredación por parte de diferentes organismos presentes en el ecosistema. Entre estos organismos tenemos a vertebrados e invertebrados. Dentro de los vertebrados encontramos a aves y roedores granívoros y, dentro de los invertebrados, a insectos como carábidos y hormigas (Hulme, 1994; Westerman *et al.*, 2003; Baraibar *et al.*, 2009).

A través de comederos artificiales se quiere conocer cómo actúan los depredadores respecto a las semillas que se colocan pero es difícil sacar conclusiones cuando a partir de ese momento estamos actuando sobre el medio (Díaz, 1992). Baraibar (2009) considera sobre el control de semillas de malas hierbas que respecto al depredador y respecto a las semillas hay muchas variables que pueden incidir. La actividad de los depredadores cambia continuamente por la dinámica de su población (nacimiento y muerte y emigración e inmigración) así como las interacciones sociales y la respuesta a variables ambientales y estacionales. Respecto a la abundancia de semillas ésta puede cambiar de un día a otro, sea por el hundimiento de semillas sea porque se entierran. A la vez debemos tener en cuenta que no siempre es la semilla el objeto buscado o deseado, sino que puede darse la circunstancia de que en la búsqueda de semillas el organismo se pueda encontrar algún cadáver de insecto, resina o cualquier otro elemento deseable y haga que la semilla quede para otra oportunidad.

1.3.1. Depredadores vertebrados

1.3.1.1. Aves granívoras

La depredación de las semillas por parte de las aves está reconocida aunque también se reconoce la dificultad a la hora de concretar su trascendencia por su movilidad, hecho que implica una gran complejidad a la hora de estimar su impacto (Díaz, 1994). El orden de las Paseriformes es donde podemos encontrar a las aves granívoras (depredadoras de semillas), ya que son éstas las que se alimentan mayoritariamente de semillas. Aláudidos, fringílicos, passeridos y emberícidos son las familias de aves más comunes en dieta granívora, aunque otras aves de dieta diferente también se alimentan de semillas pero en menor cantidad. Díaz y Tellería (1993) han constatado en sus estudios que las zonas más desprotegidas de vegetación permiten que las aves visualicen mejor los rodales de semillas. Estos autores han trabajado en espacios abiertos de la Península Ibérica, básicamente campos abandonados, zonas de rastrojo y de cultivo, pero siempre relacionado con zonas extensivas de producción de cereales en secano, y han constatado la presencia de las siguientes especies de aves:

- ✓ Familia de Aláudidos:
 - ✓ alondra (*Alauda arvensis*), principalmente.
 - ✓ calandria (*Melanocorypha calandra*).
 - ✓ cogujada común (*Galerida cristata*).
 - ✓ cogujada montesina (*Galerida theklae*).
- ✓ Fringílicos:
 - ✓ jilguero europeo (*Carduelis carduelis*).
 - ✓ Pardillo común (*Carduelis cannabina*).
 - ✓ pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*).
- ✓ Passeridos:
 - ✓ gorrión molinero (*Passer montanus*).
 - ✓ gorrión chillón (*Petronia petronia*).
- ✓ Emberícidos:
 - ✓ triguero (*Miliaria calandra*).
 - ✓ escribano palustre (*Emberiza schoeniclus*).
- ✓ Fasianidos:
 - ✓ perdiz roja (*Alectoris rufa*).

En todo caso, su trabajo nos muestra que aunque hablemos de aves granívoras, los hábitats estudiados acreditan en muchos casos que la presencia de semillas es considerablemente superior a las necesidades de este tipo de aves: en hábitats no cultivados, la presencia de semillas llega a ser hasta casi 100 veces (Díaz y Tellería, 1993) superior a los requerimientos de su alimentación. Esto significa que existen espacios donde la presencia de semillas podría alimentar a muchas más aves de las que hay.

Las condiciones de nuestra zona de estudio son diferentes y por lo tanto también lo es el ecosistema que se ha estudiado. Nos encontramos en una zona de paso de aves migratorias, el delta del Llobregat, en los alrededores de una gran metrópoli, en una zona de huerta y árboles

frutales y en la proximidad de humedales protegidos que hace que en nuestro estudio podamos encontrar algunas diferencias. Gracias a los inventarios realizados por Seo/Birdlife (2017), sede local de Barcelona, durante los meses de marzo y setiembre del año 2016 que fue cuando se realizó el experimento, se constató en la zona de estudio la presencia de:

- Fringílidos:
 - ✓ Jilgueros (*Carduelis carduelis*) (Figura 2)
 - ✓ Verdecillos (*Serinus serinus*) (Figura 2)
 - ✓ Verderones (*Carduelis Chloris*) (Figura 2)
 - ✓ Pinzón real (*Fringilla montifringilla*) (Figura 2)
- Passeridos
 - ✓ Gorrión molinero (*Passer montanus*) (Figura 3)
 - ✓ Gorrión común (*Passer domesticus*) (Figura 3)



Figura 2. Jilguero (fuente: Manuel J. Nilosé); Verdecillo (fuente: Javier Gómez González; Verderón (fuente: Mariano de Villalba).

A la hora de conocer la aportación de la depredación de semillas de flora arvense por parte de estas aves y conociendo que en nuestro espacio hemos encontrado tanto gorrión molinero como común, hemos consultado el trabajo realizado por Sánchez-Aguado (1987). Este investigador estudiaba el comportamiento alimenticio de estas dos especies de aves y constataba la diferencia de comportamiento que tenían entre el invierno y la primavera. En invierno se alimentaban básicamente de semillas. El gorrión común (Figura 3) basa su alimentación casi exclusivamente en trigo, en cambio el molinero (Figura 3), de tamaño menor, se alimenta de vegetación arvense como *Chenopodium album*, *Amaranthus albus* y *Echinochloa crus-galli*. En primavera la alimentación de ambos pasa a ser casi por completo de invertebrados como áfidos (16 especies) y coleópteros (8 familias, sobre todo larvas de Coccinidos).



Figura 3. Gorrión común (fuente: SEO/Birdlife); Gorrión molinero (fuente: Xavier Porta Mata).

1.3.1.2. Roedores

Junto a las hormigas, que veremos más adelante, los roedores son el otro grupo de depredación de semillas más efectivo. *Peromyscus maniculatus* (ratón ciervo) (Figura 4), *Mus spretus* L. (ratón moruno) (Figura 4) y *Apodemus sylvaticus* L. (ratón de campo) (Figura 4) se mueven bien en zonas con cobertura vegetal y evitan así el peligro de sus posibles depredadores como son algunas aves rapaces. Pueden ejercer la depredación a lo largo de todo el año, depredando tanto en campos de secano, con o sin labranza, como en campos de regadío donde son los depredadores de semillas más efectivos (Baráibar *et al.*, 2013). Es fácil encontrarlos en los márgenes de los campos y sería común encontrarlos en los campos con un mínimo laboreo que conserve una cobertura herbácea que los protegería (Baráibar, 2012). También es muy común que la depredación de semillas sea más efectiva cuanto más cercanos estemos de las lindes, ya que es donde mayoritariamente se encuentran sus madrigueras. En cambio es complicado encontrarlos en las zonas de regadío, sobre todo cuando es por inundación, ya que las madrigueras y cámaras de almacenamiento se inundan periódicamente (Baráibar, 2009) y sólo podría encontrarse en los setos circundantes y libres de este peligro. Sin embargo, como ya mencionamos anteriormente, la depredación en los campos de regadío por los roedores es de las más efectivas, teniendo en cuenta, como veremos más adelante, que en estos espacios la depredación por parte de las hormigas es inexistente; se comprueba también que en los campos de regadío la depredación de semillas es mayor en los márgenes de los campos que en el interior de las zonas de cultivo (Baraibar, 2009). La labranza es otro de los peligros con los que se encuentran los roedores, el trabajo de campo complica mucho la pervivencia de sus escondites (Loman, 1991).

Los roedores seleccionan semillas basadas en los niveles de carbohidratos y proteínas (Jenkins y Ascanio, 1993), balance metabólico de agua (Frank, 1988) y tamaño y forma de las semillas (Henderson, 1990). Los cambios en la humedad relativa y en las necesidades nutricionales de los roedores pueden causar cambios en la preferencia de las semillas durante una temporada (Tew *et al.*, 2000).



Figura 4. Ratón de campo (fuente: Denise Stretton); ratón moruno (fuente: V. Prié); ratón ciervo (fuente: Glenn y Martha Vargas).

1.3.2. Depredadores invertebrados

Diversos estudios han corroborado que coleópteros carábidos, principalmente de los géneros *Harpalus* y *Amara*, grillos de la especie *Gryllus pennsylvanicus* y hormigas del género *Messor*, son los mayores depredadores de semillas de vegetación arvense. Haremos incidencia en carábidos y hormigas.

1.3.2.1. Formícidos

La depredación de semillas por parte de este género ha sido muy estudiada, sobre todo en zonas de cultivo de secano de cereales de invierno (cebada, trigo y avena) que están a punto de cosecharse a finales de primavera y comienzos del verano.

Hablamos de *Messor* pero debiéramos distinguir entre diferentes especies dentro de este género. En los ecosistemas de secano con una pluviometría de 350 mm anuales Baraibar *et al.* (2009) ha trabajado con la especie *Messor barbarus* (Figura 5). Allí las poblaciones de estas hormigas son muy elevadas y la depredación observada se acerca a un 72% de las semillas producidas (Westerman *et al.*, 2012). Las razones que se barajan tienen que ver con la disminución del laboreo del suelo y con siembra directa, que favorecerían la presencia de colonias de hormigas en el propio campo y una mayor depredación, ya que el laboreo implica una destrucción de los hormigueros. Así que lo más común es encontrar estos insectos en terrenos abiertos y secos para poder alimentarse (Azcarate y Peco, 2003) y, sobre todo, para construir sus nidos; en estos casos se duda de que se puedan beneficiar de la presencia de los márgenes (Baráibar 2009).

En Sepúlveda (Castilla), con una pluviometría que ronda los 600 mm/año, Díaz (1992) ha estudiado la depredación en campos de gramíneas y aquí las condiciones de depredación eran diferentes. Nos encontramos con la especie *Messor capitatus* (Figura 5) que trabaja en condiciones diferentes, el campo abierto lo ha cambiado por zonas de matorrales y caméfitos, siendo las tasas de remoción más altas en primavera que en verano aunque raramente la depredación era a una distancia de más de 10 m del nido.



Figura 5. *Messor barbarus* (foto: Taku Shimada); *Messor capitatus* (foto: Alkinne); *Aphaenogaster senilis* (foto: DMX)

En zonas húmedas con riego por inundación o con posible encharcamientos es más difícil encontrar las hormigas en medio del cultivo y sí en los márgenes, donde es más fácil que se conserven los hormigueros (Baraibar *et al.*, 2009).

También puede incidir en los porcentajes de depredación/eliminación de semillas la época del año en que nos encontremos. Estas hormigas recolectoras alcanzan su pico de actividad durante la primavera y el verano (Azcárate *et al.*, 2005). Durante el otoño destinan más mano de obra a la fase reproductiva y en invierno la temperatura restringe su actividad (Baráibar, 2011). Es durante la primavera y el verano que deben asignarse más hormigas a la exploración y por lo tanto cuando más semillas se depredan. Una vez encontradas se debe tener en cuenta que existen unas preferencias a la hora de la recolección, tales como la especie de semilla y su tamaño. Azcárate *et al.* (2005) constató que eran las semillas más alargadas las preferidas por la hormiga *Messor barbarus* y relacionó el volumen de la semilla con la variable tiempo, cuanto menos tiempo esté la hormiga recolectando más posibilidades tendrá de no ser depredada, con poco tiempo cuanto mayor sea la semilla más posibilidades de transportar lo que es necesario. Oliveras *et al.* (2008) tiene en cuenta la tenacidad de la capa de la semilla a la hora de ser recolectada. Se reduda en la misma idea cuando se argumenta que durante la primavera se prefieren semillas de mayor masa, cuando los graneros están vacíos; a final de temporada ya no es éste el objetivo sino que se prefieren semillas más pequeñas (Reyes López y Fernández-Haeger, 2002b).

La distribución de los nidos puede afectar el encuentro de la semilla por parte de la hormiga. El forrajeo de la hormiga puede alcanzar hasta 30 m del nido (Cerdán, 1989), pero la eficiencia disminuye con el aumento de la distancia hasta tal punto que Díaz (1992b), aunque no era con *M. barbarus* sino con *Messor capitatus*, habla de una disminución del 50% en la eficiencia del forrajeo a distancias mayores de más de 1,5 m del nido.

1.3.2.2. Carábidos

La depredación por parte de los carábidos es más complicada de cuantificar, viene condicionada por la época de la lluvia de semillas de cada especie, la temperatura y sus estadios de reproducción. Coberturas vegetales y restos de cosechas pueden servir tanto de cobijo como de generación de un microclima y una humedad necesarios para su desarrollo que los salvaguarde de condiciones climatológicas adversas (Shearin *et al.*, 2008). En zonas de no laboreo hay estudios que confirman una presencia mayor que en zonas con sistemas labrados (Brust y House, 1988; Kromp, 1999; Lys y Nentwig, 1991) y a la inversa otros estudios no encuentran diferencias o, incluso, muestran datos contrarios (Zhang, J. 1993).

1.4. Técnicas de estudio utilizadas para evaluar la depredación de semillas en ecosistemas agrícolas

Diferentes trabajos sobre depredación de semillas se han realizado en zonas de cultivo de cereales de secano y con temperaturas propias de clima continental mediterráneo (inviernos fríos y veranos muy calurosos) en la Península Ibérica donde la cantidad de lluvia caída acostumbra a ser poca. Baráibar (2009) habla de una temperatura media de 14.7°C y una

precipitación media anual de 369 mm, en tierras de Lleida. Díaz (1991) sitúa su trabajo en la meseta castellana, Sepúlveda, con veranos cálidos e inviernos fríos y con una precipitación media anual de 610 mm. Westerman *et al.* (2003) trabaja sobre campos de Holanda con mayor abundancia de agua y una media de temperaturas más frías.

Los estudios sobre la depredación de semillas se han hecho mayoritariamente en zonas de cultivo de secano en campos de cereales de invierno –cebada (*Hordeum vulgare*) (Figura 6), trigo (*Triticum aestivum*) (Figura 6) y avena (*Avena sativa*) (Figura 6)-. Y también se ha investigado la depredación distinguiendo entre campos de cultivo ecológico, intensivo e integrado (que es un sistema a medio camino entre la producción ecológica y la industrial); tanto en regadío como secano; y distinguiendo también la forma de cultivar si con siembra directa o con laboreo de suelos, otros donde existe barbecho y otros en los que no se cultiva ni se ha cultivado nada en tiempo.



Figura 6. Cebada (foto: R. Dupagne); trigo (foto: Viktoriia Protsak); avena (foto: A. Trepte)

En la mayoría de estudios se sitúan varios puntos de muestreo, entre 20, 30 o 40, formando una cuadrícula. La separación de los puntos de control puede variar entre 5, 10 y hasta 18 metros de distancia. El tipo de puntos de muestreo también varía. Pueden ser dos placas de Petri preparadas para cada tipo de depredador, vertebrado o invertebrado, que sirven para depositar en ellas las semillas que debieran ser depredadas. Para los vertebrados las placas se colocan elevadas sobre el suelo entre 5 y 10 cm y con un repelente para evitar que los invertebrados suban hasta allí, recojan las semillas y adulteren el resultado. En este caso se utilizan tanto placas de 9 como de 20 cm.

Otro tipo de punto de muestreo es colocar “tarjetas de siembra” con las semillas pegadas de forma aleatoria, hechas de papel de arena firme y de alta calidad (4,0 X 9,5 cm, KWB, tamaño de grano agitado 60 o 80) rociado con pegamento reposicionable (soporte de pulverización 3M, Art. Nº 6065 (Westerman, 2003). Las semillas se conservan adheridas en el papel y los depredadores pueden extraerlas fácilmente. Estas tarjetas se clavan al suelo para asegurar su permanencia.

En todos los casos, las semillas que se utilizan deben ser similares en tamaño, forma y peso a las que nos encontramos en la zona de estudio. Además es conveniente que no estén tratadas para garantizar su germinación. En los anteriores estudios se han utilizado semillas de diferentes plantas:

- *Lolium multiflorum* (Baráibar, 2011 y 2009); peso de la semilla es $3,95 \pm 0,33$ mg. (Figura 7)
- *Vicia villosa* (Baráibar, 2011 y 2009); peso de la semilla es $31,3 \pm 0,239$ mg. (Figura 7)

- *Lolium rigidum* (Recasens *et al.*, 2016); peso de la semilla es $2,09 \pm 0,02$ mg. (Figura 7)
- *Galium aparine* (Recasens *et al.*, 2016) (Figura 7)



Figura 7. *Lolium multiflorum* (foto: R.M. Canals); *Vicia villosa* (foto: V. Buono); *Lolium rigidum* (foto: G. Jordan); *Galium aparine* (foto: P.S. Drobot).

- *Stellaria media* (Westerman, 2003); peso de la semilla es 0.4 mg. (Figura 8)
- *Avena fatua* (Westerman, 2003); peso de la semilla es 2.1 mg. (Figura 8)
- *Phalaris canariensis* (Díaz, 1992), peso de la semilla de 7 mg. (Figura 8)



Figura 8. *Stellaria media* (foto: D. Nicholls); *Avena fatua* (foto: K. Stueber); *Phalaris canariensis* (foto: E.J. Judziewicz).

- *Chenopodium album* (nuestro estudio); peso de la semilla oscila entre 0.6 y 0.7 mg.
- *Echinochloa crus-galli* (nuestro estudio), peso de la semilla es 5.5 mg.

En cada placa se colocan semillas en cantidad suficiente para que sea posible su visualización y el trabajo posterior a la hora de contabilizarlas. En la mayoría de estudios se coloca 1 gramo de semillas de cada especie, tanto juntas como separadas, según la voluntad de estudio; se dejan un tiempo de exposición de 2 días, una semana, 2 semanas, etc. Y se contabilizan para poder anotar la predación una vez pesados los restos. Puede efectuarse durante la primavera y el verano, de abril a octubre cuando la actividad de los depredadores es más acusada.

Hay estudios que relacionan la actividad depredadora con la diversidad vegetal existente. Así, Recasens *et al.* (2016) inventariaron la flora presente en campos de Lleida con una malla de 100 x 100 m donde consideran las intersecciones que hay cada 10 m como punto de muestra.

La intersección abarca un cuadro de 50x50 cm y se anota la abundancia de las especies y el porcentaje de cobertura. Para cada punto de muestra se calcula la riqueza y el índice de diversidad de Shannon para medir la biodiversidad específica. Los mismos autores referenciaron y contabilizaron el número de nidos de hormigas del género *Messor*.

Cuando se realiza un muestreo de este tipo se sitúan las placas en espacios donde existen ya de forma natural semillas de malas hierbas. Conocer qué y cuántas semillas puede haber en la zona estudiada puede facilitar el estudio de las semillas colocadas de forma artificial para su control. Con esta intención, para cuantificar la lluvia de semillas que hay en el campo, Westerman (2003) colocó una bandeja de aluminio (2x10x6 cm) colocadas longitudinalmente entre dos hileras de cultivo y enterradas entre medio y un centímetro, había un drenaje que permitía que no hubiera agua y la superficie estaba recubierta por un paño fino para recoger las semillas. A la vez estaban protegidas por una rejilla de plástico de 3.5 mm y de alambre 11 mm para evitar la depredación.

La distancia de las placas de control respecto a los bordes de los campos oscila alrededor de los 10 m, así lo hizo Baráibar *et al.* (2009) y Westerman *et al.* (2003).

Conocer el número y el tipo de invertebrados requiere de diversos sistemas. Si el control es sobre seco, Baráibar *et al.* (2009) considera que la presencia de carábidos es marginal y el número de hormigas es difícil de contabilizar. Las hormigas siguen las feromonas de las exploradoras esto hace que caigan muchas o ninguna, dependiendo de las guías, por lo cual optó por contabilizar hormigueros y su tamaño. En otros casos se ha optado por utilizar las “trampas de gravedad” para identificar a los principales invertebrados. Se analizaba en laboratorio los animales caídos durante una semana (Baraibar, 2013). Las trampas consisten en depósitos de 1 litro enterrados en el suelo y llenados con agua, etilenglicol y jabón.

Para roedores se utilizan trampas Sherman (Baraibar *et al.*, 2009; Baraibar, 2013) situadas en los campos y márgenes (Baráibar *et al.*, 2009). Están cebadas para atraer a los roedores con masa de harina de trigo, avena, mantequilla de cacao, agua y aceite, y colocadas en época de luna nueva cuando la luz es menor y el roedor más atrevido.

Para evitar que suban los insectos a las placas para vertebrados se utiliza algún tipo de repelente. Se ha utilizado desde flúor (Polytetrafluoroetileno, BioQuip Products Inc., Rancho Domínguez, CA, EE.UU) (Baráibar 2011) hasta pegamento natural de resinas y colas (Cinta encolada contra insectos, W. Neudorff GmbH KG, Emmerthal, Alemania) o Fluoropolímero solución acuosa (Entomopraxis SCP, Barcelona), éstos dos últimos los utilizamos nosotros.

2. Objetivos.

El objetivo del presente trabajo es determinar cuál es el grado de depredación de semillas de malas hierbas en ecosistemas de regadío (huerta y árboles frutales) y cuáles son los principales grupos de animales implicados. Se realiza con dos plantas anuales, *Echinochloa crus-galli* (pasto dentado en castellano y xereix pota de gall en catalán) y *Chenopodium album* (cenizo en castellano y blet blanc en catalán). Siguiendo la senda de otros trabajos efectuados anteriormente sobre campos de cereales en zonas semiáridas de la Península Ibérica, hemos querido conocer cómo se desarrolla este fenómeno para los ecosistemas mencionados.

En concreto queremos conocer:

- Si la depredación de semillas por parte de depredadores puede ser efectiva para el control de malas hierbas en campos de huerta y frutales con capa herbosa.
- Qué tipo de organismos pueden estar implicados en la depredación de estas semillas.
- Si la actividad depredadora es efectiva a lo largo de todo un año natural y cuándo se registra más actividad.
- Si la temperatura por el cambio climático es cada vez más alta, ¿puede ser un condicionante para esta depredación?

3. Material y Métodos

3.1. Localización del ensayo

El experimento se realizó en parcelas de huerta y de árboles frutales situadas en el Parc Agrari del Baix Llobregat, espacio que forma parte del delta del Llobregat y que está protegido ya que está incluido dentro de la Xarxa de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. Forma parte de una llanura fluvial, que pertenece al Cuaternario, y que incluye depósitos fluviales del río Llobregat. Los sedimentos depositados son de muy buena calidad para tierra de cultivo, porque son muy permeables, y de interés por la aportación al acuífero que se encuentra en su subsuelo.

Situado en la zona del delta, por una parte el Parc Agrari está sometido a una gran presión urbanística por la presencia cercana de Barcelona, el aeropuerto de El Prat así como poblaciones del Baix Llobregat como Gavà, Viladecans, El Prat, Sant Boi... Por otra parte, gracias a que goza de una gran extensión, uno de sus flancos limita con el río Llobregat y por el lado sur limita con el Parc Natural Delta del Llobregat, donde se encuentra una gran variedad de hábitats y una riqueza faunística y botánica que tiene trascendencia a nivel europeo. El Parc del Delta goza de protección especial y está incluido en el PEIN (Pla d'espais d'interès natural de Catalunya). Asimismo el Consejo de las Comunidades Europeas ha declarado 900 hectáreas de la zona como ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) y por ello están protegidas por la Red Natura 2000. Desde 2014 toda la superficie de la Red Natura del Delta del Llobregat ha sido declarada como ZEC (Zona d'Especial Conservació).

Se ha buscado dos tipos de cultivo totalmente diferentes para realizar el experimento. Por un lado cultivos de huerta y por otro de frutales. Para los primeros se ha realizado el experimento en Cal Xagò (Figura 9) con plantaciones de alcachofas y judía verde. Aquí el trabajo agrícola sigue una gestión integrada con riego abundante y presencia en bordes de caminos y canales de vegetación arvense que podría facilitar el refugio de los depredadores que se han considerado.

Por otro lado, para los frutales se ha ubicado el experimento en el Arboretum de Can Comas (Figura 9), distante en menos de medio kilómetro de Cal Xagó. En la zona de frutales, en concreto de ciruelo, se conservaba una cubierta de vegetación arvense alrededor del arbolado. El riego allí se efectúa mediante el gota a gota.



Figura 9. Arboretum de Can Comas y los dos terrenos de Cal Xagó en el Parc agrari (fuente: Google maps)



Figura 10. Parc agrari del Baix Llobregat (fuente: Google maps)

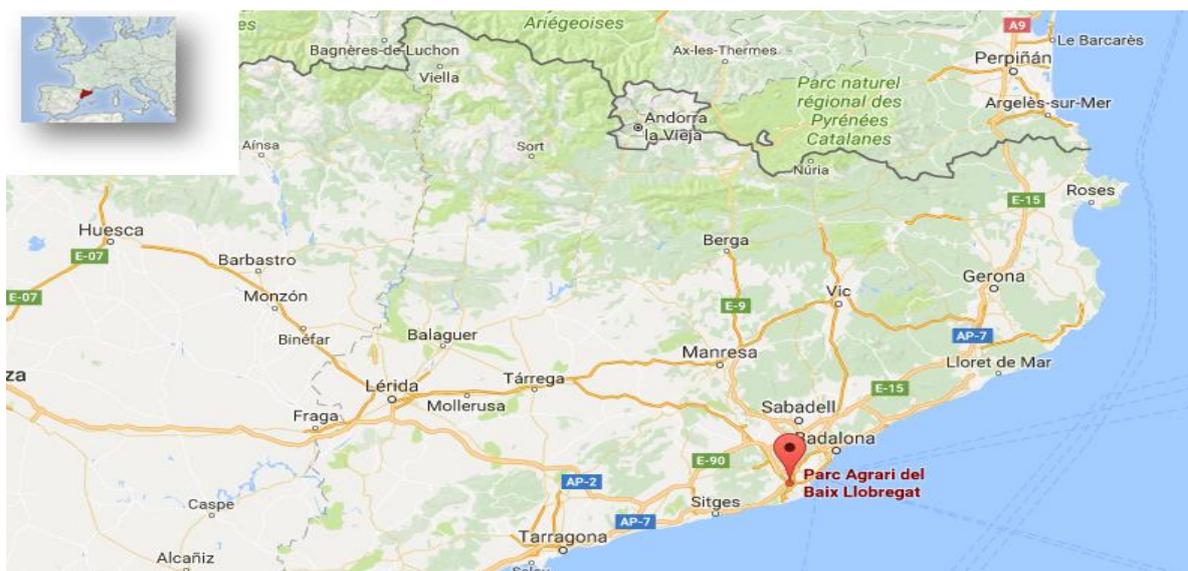


Figura 11. Localización europea del Parc agrari (Fuente: Google maps)

3.2. Condiciones climáticas

Los datos climáticos (precipitación total y temperatura media anual) durante el experimento se han obtenido de dos fuentes: del Servei Meteorològic de Catalunya (Idescat) para el año 2016 y una media desde 1981 a 2010 de la Agencia Española de Meteorología. Ambas fuentes están situadas en el aeropuerto de El Prat de Llobregat (Latitud 41°17' 34" N, Longitud 2°4' 12" E) a escasos kilómetros de nuestra zona de control. La recopilación de 30 años de datos da una media anual de temperatura de 16.1°C y de precipitación de 588 mm.

3.3. Diseño experimental

A lo largo del año 2016 hemos realizado muestreos en los meses de marzo, mayo, agosto y octubre. Conforme ha ido avanzando hemos considerado algunos cambios para que el ensayo resultase más efectivo.

❖ Marzo

Se situó el experimento en la zona de ciruelos del Arboretum de Can Comas y en un campo de alcachofas de Cal Xagò. En ambas localizaciones los puntos de muestreo estaban alejados 10 m de la zona de paso.

Colocamos 10 puntos de muestreo separados entre sí 5 metros, en forma de retícula. En total el área muestreada ocupaba 50 m² y con dos tipos de placas de Petri en cada punto (20 placas en total), unas para las capturas de vertebrados y otras para las de invertebrados. Pusimos 30 granos por especie en cada una de las placas (Figura 12).



Figura 12. Comederos en Cal Xagó, con pocas semillas para hacer de reclamo (foto: E. Ordóñez)

❖ Mayo

Debido a que una semana después del primer control ninguna placa había padecido depredación alguna, procedimos a aumentar en 8 los puntos de muestreo (Figura 13) y poner un número de semillas muy superior, 425 semillas de cada una de las muestras en el mes de mayo.

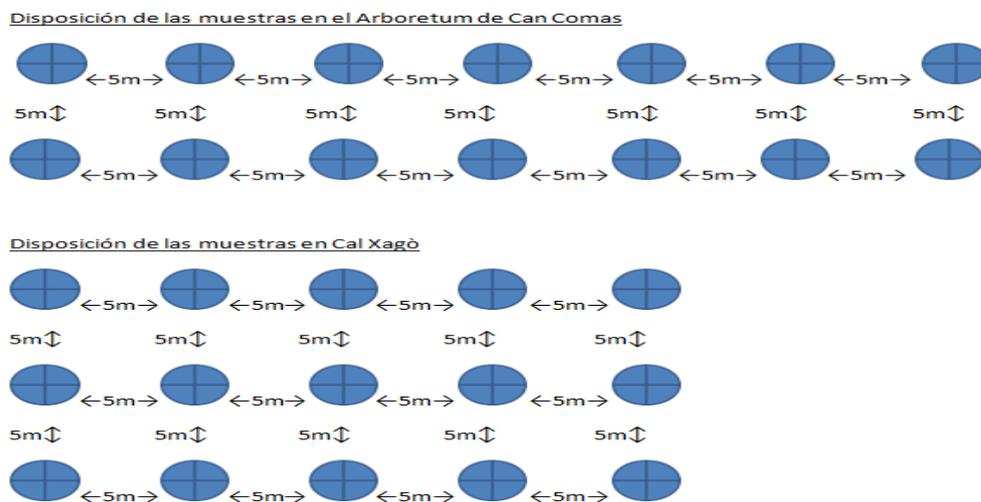


Figura 13. Disposición de las muestras

Esto se hizo entre el 16 y el 21 de mayo. El aumento de la cantidad de semillas se debió a la sospecha de que las 30 semillas por cada especie del primer control fueran insuficientes para que, sobre todo, las aves granívoras reparasen en ellas.

El propietario del campo de alcachofas había arrancado su campo de alcachofas y tuvimos que trasladar la prueba a otro campo del mismo propietario y también con alcachofas.

Durante esta semana un hecho logró que nos desconcertáramos aún más. Una de las placas elevadas había caído por el viento y todas las semillas aparecían amontonadas en el suelo. Se volvió a poner la trampa en su posición y con otra dosis de semilla. Las semillas caídas aún permanecían en el suelo el día que se hacía la recogida de todas las placas. Además en las observaciones de seguimiento que se hacían durante esa semana, más de una vez se vio pasar hormigas por encima de las semillas depositadas en la placa de Petri pero no actuaban sobre ellas.

❖ Agosto

Se hizo entre el día 12 y el 19 del mes de agosto. El experimento sobre la zona de huerta se tuvo que cambiar de nuevo ya que habían arrancado las alcachofas y los comederos se tuvieron que situar en un campo de alubias que, aunque crecidas, aún no tenían frutos (Figura 14). Las condiciones y los resultados fueron los mismos que en el mes de mayo.



Figura 14. Comederos en Cal Xagó (foto: E. Ordóñez)

❖ Octubre

En otoño, entre el 26 de octubre y el 1 de noviembre, se colocaron las últimas muestras con las mismas condiciones que las de mayo y agosto. La única diferencia con respecto a estas últimas es que, aunque situamos las placas en los mismos campos, esta vez estaban más cerca del camino y con una de las muestras muy próximas a un hormiguero. El resto de placas se colocaron formando también una retícula que abarcase los 50 m² estipulados al lado del camino y del hormiguero.

Una semana antes del control de octubre quisimos comprobar si nuestras semillas eran atractivas para las hormigas. Colocamos las muestras en dos zonas diferentes. En Badalona primero para asegurarnos que las semillas podían desaparecer; en el Parc Agrari después por si las hormigas podían ser de un género diferente a las de la primera comprobación. En el primer caso colocamos las semillas en un parque con poca vegetación, justo en el recorrido de las hormigas y cerca del hormiguero en pequeños montoncitos. Una vez identificados los montoncitos, las hormigas apartaban las semillas del recorrido para que no interfirieran su actividad, pero un día después las semillas habían desaparecido. En la segunda colocamos semillas sobre diversas placas de Petri que abarcasen 10 m² y también junto al hormiguero, esta vez en la zona de Agrópolis. Si bien un día de viento muy fuerte tiró alguna de las placas también se pudo constatar que las semillas cercanas al hormiguero también habían desaparecido.

3.3.1. Procedencia de las semillas

Las semillas utilizadas en el experimento eran de *Echinochloa crus-galli* y *Chenopodium album* (Figura 15). Las semillas de *E. crus-galli* se tenían almacenadas en el laboratorio de la ESAB provenientes de anteriores ensayos. En cambio, las semillas de *C. album* se recolectaron al inicio del experimento en campos cercanos a Badalona, en las hoyas de arbolado de *Platanum*

acerifolia. Hemos tenido que ir quitándole la cáscara para dejar únicamente la semilla desnuda. Para completar el peso de semilla necesario también tuvimos que comprar 10 gramos de semillas en el Reino Unido.

La semilla del *C. album* es de color brillante, negro, con un perianto rugoso que cubre el fruto. La de *E. crus-galli* es una gramínea con espícula y cariósipide que rodea el fruto, de color amarillo marrón cuando está maduro típico de muchas gramíneas.



Figura 15. *Echinochloa crus-galli* (foto: M. Becker) y *Chenopodium album* (foto: M. Licher)

3.3.2. Descripción de las trampas utilizadas y diseño experimental

En cada punto de muestreo se han situado dos placas, una para vertebrados y otra para invertebrados. La trampa de invertebrados consistía en una placa de Petri colocada a ras de tierra de 9 cm de diámetro y protegida por una malla metálica con unas oberturas de 0.8 cm para facilitar el acceso de invertebrados e impedir la depredación de vertebrados gracias a la malla metálica. La placa de Petri para invertebrados podía estar abierta por algún lado para facilitar la entrada de los depredadores aunque en nuestro caso no lo consideramos necesario, ya que al menos las hormigas fuimos testigos que pasaban con toda facilidad y la impresión era que cualquier insecto podía acceder.

La trampa para vertebrados consistía en una placa de Petri de 14 cm de diámetro en el interior de la cual se colocó otra de 9 cm de diámetro, y separadas ambas unos 8 cm del suelo por un vaso de plástico duro (Figura 14). La placa pequeña dentro de la grande nos ayudaba a la hora de contabilizar la posible dispersión de las semillas por parte de los depredadores ya que si picoteaban sobre las semillas podían desplazar las semillas un corto espacio, lo suficiente para echarlo fuera de la placa menor e impedir así la contabilización de la semilla. Se esperaba que las semillas desechadas o apartadas por las aves cayesen en la placa más ancha y así poder contabilizarlas. Se esperaba así también poder contabilizar las desplazadas por efecto del viento.

En las trampas para vertebrados, para evitar que subieran invertebrados, se colocó una cinta encolada contra insectos Neudorf en el vaso que actuaba de soporte de la placa, que si bien fue efectiva contra la subida de insectos, su manipulación resultó ser engorrosa y además se pegaba todo lo que se acercaba: lo que traía el viento, algún ácaro que se acercara, etc. Al final acabamos utilizando Fluoropolímero solución acuosa (Entomopraxis SCP, Barcelona), ya que acabamos considerándola más efectiva para el trabajo en el campo.

El vaso y la placa de Petri grande se pegaron inicialmente entre sí con plastilina, pero el primer día que volvimos para visitar las trampas ya vimos que no daba la suficiente estabilidad a la placa de Petri y no permitiría que los vertebrados se sintieran con confianza para subir o bien se podría volcar, como pasó con una. Por todo ello, la unión entre el vaso y la placa se hizo con un adhesivo soldador especial para tuberías y PVC (Ceys S.A., Barcelona).

Para conocer los roedores que había en la zona intentamos comprar trampas de captura de roedores pero fue imposible encontrarlas.

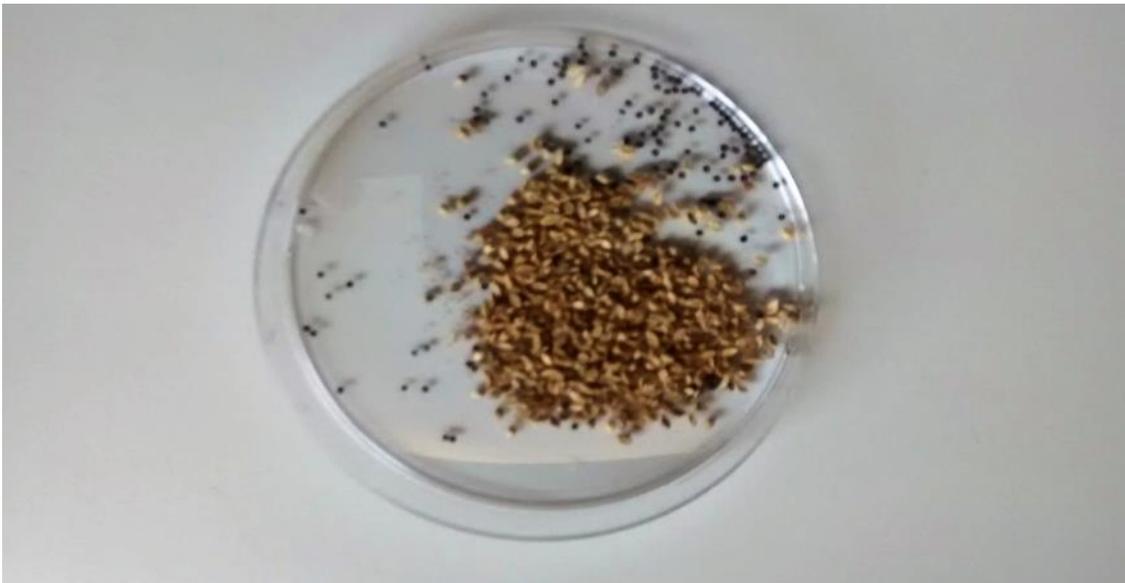


Figura 16. Comederos con muchas semillas, facilita la visualización (foto: E. Ordóñez)

Para conocer qué invertebrados había en la zona de estudio y que podían ser potenciales depredadores de semillas, colocamos trampas de gravedad al final del experimento, en el mes de octubre. Las trampas se colocaron dentro del área experimental del mes de octubre, en las dos zonas de pruebas y se recogieron dos días después de haberlas colocado junto con el control de las placas. Consistían en vasos de ensayo de medio litro enterrados a ras de superficie con la boca hacia el exterior para recoger los invertebrados que caían. Se puso un volumen de agua de unos 2 centímetros de altura con un poco de jabón para evitar que los invertebrados atrapados volvieran a salir.

4. Resultados

A lo largo del año 2016 se ha intentado comprobar la depredación de semillas de malas hierbas en zonas de regadío (huerta y árboles frutales) por parte de vertebrados e invertebrados. Se han utilizado semillas de *Chenopodium album* y de *Echinochloa crus-galli*. Los ensayos se han efectuado en los meses de marzo, mayo, agosto y octubre con los resultados que seguidamente analizaremos.

Las tablas de resultados que mostramos seguidamente informan sobre el número de muestras colocadas (M1, M2, M3...). Si son para vertebrados (V) o invertebrados (I). Distingue entre *C. album* y *E. crus-galli*. El recuento de semillas se distingue con el 0 y el 1, 0 cuando no ha habido depredación y 1 cuando la depredación ha sido total (sólo hemos tenido estas dos variantes).

En el mes de marzo, con las condiciones que más arriba se han enumerado de 10 placas para invertebrados y otro tanto para vertebrados y con 30 semillas por placa. Los resultados han sido negativos como muestra el gráfico:

Arboretum de Can Comas (Marzo)										
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Vertebrados/Invertebrados	V/I									
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Cal Xagó (Marzo)										
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Vertebrados/Invertebrados	V/I									
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabla 1 Resultados del mes de marzo

El mes de mayo se cambiaron las condiciones. Aumentaron el número de placas con muestras y el número de semillas por placa:

Arboretum de Can Comas (Mayo)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I													
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Cal Xagó (Mayo)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I													
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabla 2 Resultados del mes de mayo

Durante el mes de agosto se han copiado las condiciones de anterior de mes y los resultados también han sido los mismos:

Arboretum de Can Comas (Agosto)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I													
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Cal Xagó (Agosto)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I													
<i>Chenopodium album</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabla 3 Resultados del mes de agosto

En octubre, visto que los resultados no eran los esperados, colocamos las placas cerca del camino, con la misma disposición en retícula y la primera muestra justo al lado de un hormiguero (la única cuyas semillas desaparecieron):

Arboretum de Can Comas (Octubre)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I
<i>Chenopodium album</i>	1/1,	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1/1,	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Cal Xagó (Octubre)														
Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
vertebrados/invertebrados	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I	V/I
<i>Chenopodium album</i>	1/1,	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1/1,	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

Tabla 4 Resultados del mes de octubre

Durante estos meses hemos ido cambiando las condiciones conforme debíamos adaptarnos a los resultados que se iban obteniendo. Se puede comprobar que, a pesar de estos intentos, los resultados han sido infructuosos. La depredación de la M1 en la tabla de octubre, tanto en Can Comas como en Cal Xagó, la consideramos anecdótica porque las placas se situaban muy cerca del hormiguero más para comprobar de nuevo si las semillas eran factibles que para corroborar nuestras conclusiones. Del resto de muestras que se situaban entre el hormiguero y el campo no desapareció ninguna más.

Durante el mes de octubre se ha comprobado la presencia de posibles insectos depredadores a través de trampas de gravedad. Éstas han sido las determinaciones de los insectos capturados:

- Cal Xagó:
 - 3 formícidos
 - 2 *Ocypus olens*, de la familia de los estafilínidos
 - 1 ortóptero
 - 4 dermápteros juveniles

- 3 arácnidos
- 1 coleóptero, de la familia de los curculiónidos
- Arboretum de Can Comas:
 - 18 formícidos
 - 4 arácnidos
 - 2 ortópteros
 - 5 coleópteros sin especificar
 - 1 curculiónido
 - 3 carábidos

Quizá las semillas no fueran las adecuadas o era la situación de las placas las que no estaban situadas en los espacios adecuados, quizá los depredadores que esperábamos, básicamente *Messor barbarus*, no estaban presentes en la zona de ensayo, o quizá la temperatura haya podido intervenir pero lo cierto es que el ensayo no ha producido los efectos esperados. Seguidamente desarrollamos una serie de puntos que pueden explicar el porqué de esta situación:

- ✓ Cuando se ha controlado la depredación de las semillas por parte de los invertebrados, Azcárate *et al.* (2010) inciden en la predilección de las hormigas recolectoras por semillas medianas o grandes y no pequeñas como las que hemos utilizado nosotros. Detrain y Pasteels (2000) llegan a poner peso a esta predilección: a partir de 4 mg la hormiga considera que la semilla merece el esfuerzo. El premio es mayor y el riesgo menor cuando, realizando un desplazamiento, lo que transporta es más grande, eso podría explicar por qué en el mes octubre cuando se colocaron las semillas de nuestro ensayos a una distancia menor a un metro no han sido recolectadas y sí que lo han sido aquéllas que estaban situadas muy cerca de los hormigueros (20 cm). También nos habíamos planteado que existía la posibilidad que los depredadores no hubieran encontrado las semillas, pero el hecho de que se mantuvieran durante una semana expuestas y que las placas se colocaran generando un entramado en red hace poco probable que las hormigas no las hubiesen localizado.
- ✓ El estudio iba encaminado a conocer cómo era la actividad de la especie *Messor spp.* en los cultivos del Baix Llobregat, pero como habíamos visto que no había sido efectivo hemos comprobado qué otras hormigas había por la zona. A través de un aspirador para insectos (Figura 17), y gracias a la ayuda de Diego Fernández Ruiz, entomólogo, se ha podido constatar la presencia de varias especies de formícidos. Junto a *Messor barbarus*, hemos encontrado *Formica rufibarbis*, *Plagiolepis pigmaea*, *Aphaenogaster senilis*, *Tapinoma melanocephalum* y *Crematogaster scutellaris*. Las trampas colocadas cercanas a un hormiguero que consideramos activo resultó ser de la especie *Aphaenogaster senilis*, que tiene una dieta mucho más omnívora y es recolectora de material vegetal. El hormiguero de *A. senilis* estaba situado en el borde del camino, en

los dos campos, junto a los árboles frutales y junto al campo de alcachofas. La localización en un espacio abierto coincide con la localización que Azcárate y Peco



✓ **Figura 17** Diego Fernández Ruiz, entomólogo, cogiendo hormigas para su identificación (foto: E. Ordóñez)

(2003) reconoce para los hormigueros de la especie de más actividad granívora, la especie *Messor*, en espacios abiertos y secos. El hormiguero de la hormiga de género *Messor* lo encontramos situado a unos 10 m de nuestras placas de Can Comas. Teniendo en cuenta que su actividad recolectora se centra en espacios cercanos al hormiguero y que esta actividad es significativamente menor conforme nos alejamos del hormiguero es normal que no se encontrara ninguna actividad por parte de este género de hormigas en nuestras placas.

- ✓ Como ya hemos visto, no acababan de coincidir nuestras expectativas con la actividad de las hormigas del género *Messor* respecto a nuestras semillas. Si anteriormente pudimos comprobar que una semilla en sí no es motivo suficiente para ser depredada por éstas hormigas (Azcárate *et al.*, 2005), sino que el tamaño también era importante, a través de un estudio consultado (Fernández-Escudero y Tinaut, 1992) pudimos constatar que puede haber otras razones que interfieran en nuestro estudio. Estos autores comprobaron que no siempre la respuesta de las hormigas frente a las semillas era la misma. Si bien corroboraron mediante el control de desechos cerca de los hormigueros que había abundantes desechos de semillas, no era lo mismo a la hora de la recolección. La actividad por parte de las hormigas iba más encaminada a la recolección de cadáveres de insectos y otros cadáveres a su alcance. Estos cadáveres no siempre llegaban a su destino; posibles conflictos con otras hormigas más poderosas que las *Messor* podían acabar en un robo de mercancía; la falta de pericia a la hora de transportar estos cadáveres también podía influir en que al final la recolección acabase siendo básicamente granívora. A mayor distancia del hormiguero mayor inconveniencia para el transporte de insectos, por la presencia de otros formícidos que les quitaban la presa y por la poca adaptación del género *Messor* para el transporte de estos insectos, multiplicando por 3 el número de hormigas recolectoras para el transporte. Nosotros pudimos presenciar algo que podría avalar este estudio. Así mientras observábamos, de forma casual vimos que igual que las hormigas pasaban por encima de todo el cúmulo de semillas, sin hacer un caso aparente de los mismos, momentos después y a una distancia de 10 cm, varias

hormigas estaban intentando despedazar un insecto que las triplicaba en tamaño y que ya estaba moribundo.

- ✓ El riego por inundación de bancales en las zonas de huerta de Cal Xagó no permite la abundancia de hormigueros. Azcárate y Peco (2003) consideran que no son espacios propicios para la nidificación ni alimentación por parte de las hormigas. Los hormigueros en zona de riego o inundables son propicios a la inundación y requieren un trabajo de mantenimiento constante por parte de las hormigas, desviándose así mano de obra de recolección a reparación. Es por esto que los nidos se acostumbran a situar en los márgenes. Este hecho se ha podido comprobar por partida doble, porque era en espacios abiertos donde hemos localizado más hormigueros y porque, una vez localizados los hormigueros, ha sido allí donde se han puesto los comederos y ha sido allí también donde ha sido evidente la depredación. Este hecho implica un alejamiento de las hormigas de la zona donde queremos controlar la depredación y una disminución efectiva de ésta (Baráibar *et al.* 2009).
- ✓ Una de las razones de la no depredación de las semillas expuestas es la arbitrariedad que parece existir en este sentido, Detrain y Pasteels (2000) han comprobado en sus experimentos que aquéllas semillas elegidas durante una época no lo son en otra. La abundancia y la maduración podrían ser las razones que explicasen esta aparente contradicción.
- ✓ Las épocas de muestreo fueron durante invierno, primavera, verano y otoño pero no acabaron de coincidir con los efectuados con otros estudios. Junio y julio parecen ser los meses de mayor actividad de la especie *Messor* según se ha podido comprobar en otros estudios (Westerman, 2003), en cambio nuestro experimento se realizó en los meses de mayo y agosto dejando los meses de mayor actividad sin muestreo. En el mismo sentido debemos tener en cuenta que *C. album* libera sus semillas principalmente en otoño (Clements *et al.*, 1996) y quizá esto interfiera en la actividad de los depredadores. Quizá será en esa época cuando haya disposición por parte de las hormigas para buscar este tipo de semilla pero no lo hemos podido constatar.
- ✓ Las condiciones para la depredación por parte de los carábidos no eran las adecuadas en la zona de huerta ya que eran espacios desprovistos de vegetación frondosa y éste necesita coberturas vegetales que le sirvan de cobijo y en los que se genere un microclima y humedad adecuados. En cambio, en la zona arbolada con una capa vegetal permanente sí que se cumplían las condiciones para su presencia. Hemos constatado que había carábidos con las trampas, pero no la depredación.
- ✓ La depredación por parte de las aves ha sido nula aunque se ha constatado la presencia de aves granívoras depredadoras de semillas. Según Seo/Birdlife (2017), durante 2016 (marzo y septiembre) se inventariaron tanto fringílidos (jilgueros, verdicillos, verderones) como passeridos (gorrión molinero y común). La presencia de nuestras semillas, incluso depositadas en gran cantidad, no ha servido como atrayente para estas aves. En el Arboretum la localización de las semillas debiera haber sido más fácil, pues se había despejado un espacio libre de hierbas alrededor del punto de control para evitar que las plantas interfiriesen en la visualización (Fig. 18). Y además

las semillas estaban rodeadas de plantas y árboles que podían ser refugio de aves. Una posible explicación a la no depredación la podríamos encontrar en el trabajo de Sánchez-Aguado (1987), en el que se indica que la alimentación del gorrión común y gorrión molinero pasa a ser casi por completo de invertebrados a partir de la primavera, dejando las semillas para el invierno. Con estos precedentes, el hecho de iniciar el estudio en invierno, pero casi a la entrada de la primavera, sumado al aumento de temperaturas mayores que la media, durante todo el año 2016 podría ser una explicación pertinente.



Figura 18. Comederos en Can Comas (foto: E. Ordóñez)

- ✓ La depredación de semillas por parte de roedores ha sido también nula. No conocíamos si estaban o no en nuestro campo pero lo cierto es que ni nuestro control ni nuestras semillas nos permiten despejar esta duda. Otros estudios se han visto en la misma situación. Baráibar (2009) alega que se necesitan estudios de comportamiento y dietéticos de estos animales para conocer por qué no comen estas semillas y por tanto de qué se alimentan. Si antes ya mencionábamos la posibilidad de que las aves se alimentasen de insectos antes que de grano por la época en que habíamos desarrollado el experimento, aquí también resulta pertinente esa explicación, los roedores granívoros son omnívoros y su dieta también puede incluir insectos. La presencia de roedores es un factor que quizá debiera cuestionarse en su aportación a la depredación de semillas como control biológico de las malas hierbas, si bien es cierto que Hulme (1994) constató su efectividad, como depredador de plántulas. Nosotros analizábamos su labor como depredador de semillas pero la muerte de plántulas por parte de estos roedores también podría beneficiar al agricultor si fueran de malas hierbas, pero no así si fueran las del cultivo.

- ✓ El año 2016 ha sido una excepción respecto a los datos de años anteriores. Disponíamos de datos de temperatura y precipitaciones entre 1981-2010. La temperatura ha sido más de medio grado superior, llegando a 16.7 °C, y las precipitaciones han sido significativamente menores, de 351.7 mm para todo el año (entre 1981-2010 era de 588mm). Nos encontramos, entonces, con un año más caluroso y con menores precipitaciones, hecho que ha podido condicionar nuestro trabajo.

5. Conclusiones

Hemos intentado seguir los mismos pasos que en otros ensayos pero los resultados no han sido los esperados. Más arriba se ha intentado explicar el porqué de esta situación. Ahora es el momento de plantearnos si nuestras expectativas se han cubierto y cuáles han sido las conclusiones finales:

1. A pesar que trabajos en campos de secano habían dado resultados esperanzadores sobre la depredación y control de semillas de malas hierbas por parte de animales granívoros, nuestro trabajo no ha servido para extraer conclusiones similares para zonas de regadío.
2. Al no existir depredación de este tipo de semillas no hemos podido identificar qué organismos hubieran podido intervenir.
3. Si bien en el mes de octubre ha habido depredación en una de las placas con muestras, la situación de la placa tan cerca del hormiguero no nos anima a considerarlo un dato fiable. Esto hace que no hayamos podido comprobar tampoco este punto y no podamos medir las diferencias en la depredación dependiendo de la época del año.
4. El aumento de la temperatura respecto a datos obtenidos de años anteriores puede haber facilitado que haya más insectos en época más temprana y éstos pueden ser escogidos por algunos granívoros antes que las semillas.

A pesar que nuestras hipótesis no han sido todo lo certeras que esperábamos, a lo largo de este ensayo hemos podido comprobar que las hipótesis pueden ser viables si cambiamos las estrategias para la obtención de datos correctos. Seguimos considerando la depredación de semillas de malas hierbas por parte de granívoros como una estrategia a contemplar. Según la bibliografía, la presencia de estos depredadores está demostrada y debiera estar asegurada en los ecosistemas agrícolas. A la vez se deberían habilitar espacios que proporcionasen refugio para los posibles depredadores y alimento en los momentos de escasez. Estos espacios facilitarían la presencia de insectos (básicamente carábidos y hormigas), roedores y aves que ayudarían al control de las malas hierbas.

En definitiva consideramos que nuestro ensayo tiene un valor *per se* para futuros trabajos. Se debe perseverar en el conocimiento de la depredación de semillas de malas hierbas en los campos que hemos propuesto pero cambiando método e instrumento:

- Para tener un estudio más completo de la actividad depredadora de semillas en sistemas de regadío, se deberían haber colocado puntos de control cerca de caminos o espacios no trabajados como las lindes donde haya el mínimo de perturbación humana. Los desplazamientos de las hormigas para ser efectivos no deben ser muy grandes.

- Las placas son efectivas para que los depredadores las visualicen pero el trabajo en el campo, la humedad, el viento, la propia manipulación y contabilización de las semillas de las placas, todas estas razones pueden hacer que más de una semilla se pierda y los datos no sean del todo fiables.
- Como vamos avanzando en el conocimiento de la actividad de las hormigas, antes de iniciar el ensayo, habría que conocer qué hormigueros hay y cuál es el género de hormigas que lo habitan.
- A lo largo de nuestro ensayo hemos podido conocer que hay predilección por algún tipo de semillas, para ello debiéramos cambiar las semillas que hemos utilizado, incorporando alguna más grande para poder comprobar si no las ven o no les gustan. Dependiendo de qué semilla cogen y a qué distancia se puede sacar conclusiones más exactas.
- La presencia de cubierta vegetal considerable en los campos frutales hace que la actividad de las hormigas granívoras sea más complicada al no haber espacios despejados donde nidifican.
- Respecto a roedores no hemos podido constatar su presencia y la depredación ha sido nula. El seguimiento respecto a su presencia no pudimos efectuarlo pero sería conveniente encontrar una forma para poder hacerlo.
- En la hipótesis se contemplaba que el cambio climático y, unido a este cambio, un aumento en la temperatura, puede haber sido un factor a tener en cuenta en la ausencia de depredación de semillas. Este punto sería un aspecto que requeriría un mayor desarrollo para confirmarlo.

Referencias

- Azcárate, F.M., Arqueros, L., Sánchez, A.M. y Peco, B. (2005). Seed and fruit selection by harvester ants, *Messor barbarus*, in Mediterranean grassland and scrubland. *Functional Ecology* 19, 273–283.
- Azcárate, F.M., Manzano, P. y Peco, B. (2010). Testing seed-size predictions in Mediterranean annual grasslands. *Seed Science Research* 20, 179-188.
- Baraibar, B., Westerman, P.R., Carrión, E. y Recasens, J. (2009). Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of Applied Ecology* 46, 380-387.
- Baraibar, B., Carrión, E., Recasens, J. y Westerman, P.R. (2011). Unraveling the process of weed seed predation: Developing options for better weed control. *Biological Control* 56, 85-90.
- Baraibar, B. (2013). Biodiversidad funcional: La depredación de semillas de malas hierbas en cereales de invierno. *XII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, 19-22.
- Baraibar, B. (2013). La depredación de semillas de malas hierbas, una función ecológica a conservar y potenciar. *Ecosistemas* 22, 62-66.
- Brust, G.E. y House, G.J. (1988). Weed seed destruction by arthropods and rodents in low-input soybean agroecosystems. *American Journal of Alternative Agriculture* 3, 19-25.
- Cardina, J. y Norquay, H.M. (1997). Seed production and seedbank dynamics in subthreshold velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) population. *Weed Science* 44, 85-90.
- Detrain, C. y Pasteels, J.M. (2000). Seed preferences of the harvester ant *Messor barbarus* in a Mediterranean mosaic grassland (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 35, 35-48.
- Díaz, M. (1992). Spatial and temporal patterns of granivorous ant seed predation in patchy cereal crop areas of central Spain. *Oecologia* 91, 561-568.
- Díaz, M. y Tellería, J.L. (1993). Predicting the effects of agricultural changes in central Spanish croplands on seed-eating overwintering birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 49, 289-298.
- Espigares, T. y López-Pintor, A. (2005). Seed predation in a Mediterranean pasture: can ants modify the floristic composition of soil seed banks? *Revista Chilena de Historia Natural* 78, 615-622.
- Fernández-Escudero, I. y Tinaut, A. (1993). Alimentación no granívora en *Messor bouvieri* Bondroit, 1918 y *Messor barbarus* (L. 1767) (Hymenoptera: Formicidae). *Boletín Asociación española de Entomología* 17, 247-254.
- Firbank, L.G. y Watkinson, A.R. (1986). Modelling the population dynamics of an arable weed and its effects upon crop yield. *Journal of Applied Ecology* 23, 147–159.

Frank, C.L. (1988). Diet selection by a heteromyid rodent: role of net metabolic water production. *Ecology* 69, 1943–1951.

Gerowitt, B. y Bodendörfer, H. (1998). Long-term population development of *Viola arvensis* Murr. in a crop rotation. I. Field experiments. *Journal of Plant Diseases and Protection* 105, 641-654.

Henderson, C.B. (1990). The influence of seed apparency, nutrient content and chemical defenses on dietary preference in *Dipodomys ordii*. *Oecologia* 82, 333–341.

Hulme, P. E. (1994). Seedling herbivory in grassland: relative impact of vertebrate and invertebrate herbivores. *Journal of Ecology* 82, 873-880.

Jenkins, S.H. y Ascanio, R. (1993). A potential nutritional basis for resource partitioning by desert rodents. *Am. Midl. Nat.* 130, 164–172.

Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 187-228.

Landis, D.A., Menalled, F.D., Costamagna, A.C. y Wilkinson, T.K. (2005). Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53, 902-908.

Loman, J. (1991). The small mammal fauna in an agricultural landscape in southern Sweden, with special reference to the wood mouse *Apodemus sylvaticus*. *Mammalia* 55, 91–96.

Lys, J.A. y Nentwig, W. (1991). Surface activity of beetles inhabiting cereal fields. *Pedobiologia* 35, 129-138.

Medd, R.W. y Ridings, H.I. (1989). Relevance of seed kill for the control of annual grass weeds in crops. *Proceedings of the VII International Symposium on the Biology Control of Weeds*, 6–11 Marzo 1988, Roma, Italia, pp. 645–650.

Nurse, R.E., Booth, B.D. y Swanton, C.J. (2003). Predispersal seed predation of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* growing in soyabean fields. *Weed Research* 43, 260-268.

Oliveras, J., Gómez, C., Bas, J. M. y Espadaler, X., (2008). Mechanical defense in seeds to avoid predation by a granivorous ant. *Naturwissenschaften* 95, 501–506.

Recasens, J., Baraibar, B., Izquierdo, J., Royo, A. y Torra, J. (2013). La depredació de llavors per part de formigues granívores com a eina funcional per reduir les males herbes dels camps. *Producció Agrària Ecològica*, Fitxa Tècnica Núm. 01.

Saavedra, M.S. (1994). Dinámica y manejo de poblaciones de malas hierbas. *Planta Daninha*, v.12, n. 1, 29-38.

Sánchez Aguado, F. J. (1986). Sobre la alimentación de los gorriones molinero y común (*Passer montanus* L. y *P. domesticus* L.) en invierno y primavera. *Ardeola* 33, 17-33.

<http://glseobarcelona.com/iba-llobregat/censo-llobregat/>, 12/03/2017

Shearin, A.F., Chris Reberg-Horton, S. y Gallandt, E.R. (2008). Cover crop effects on the activity-density of the weed seed predator *Harpalus rufipes* (Coleoptera: Carabidae). *Weed Science* 56, 442-450.

Tew, T.E., Todd, I.A. y Macdonald, D.W. (2000). Arable habitat use by wood mice (*Apodemus sylvaticus*). 2. *Microhabitat*. *J. Zool. Lond.* 250, 305–311.

Thomson, J. R. (1979). Introducción a la tecnología de las semillas. *Editorial Acribia*, Zaragoza.

Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Stefan-Dewenter, I. y Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology letters* 8, 857-874.

Westerman, P.R., Wes, J.S., Kropff, M.J. y Van Der Werf, W. (2003). Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* 40, 824-836.

Zhang, J. (1993). Biology of *Harpalus rufipes* De Geer (Coleoptera: Carabidae) in Maine and dynamics of seed predation. *MS thesis, University of Maine, Orono, ME*.

Zimdahl, R. L. (1993). Fundamentals of Weed Science. *Academic Press Limited*, London.