

Expansión de *Torymus sinensis* como método de control biológico contra la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*) y evolución del nivel de daños en castaños de Navarra

Resumen

La avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) es considerada una de las mayores amenazas mundiales para el cultivo del castaño. Esta avispa genera daños en yemas, brotes y hojas, reduciendo la producción de fruto y causando defoliación y muerte de yemas. El uso de *Torymus sinensis* como método de control biológico se ha realizado en países como Italia, Francia y algunas CCAA de España.

Aunque en la C.F. de Navarra no se han realizado sueltas de *Torymus sinensis*, se constata su abundante presencia en todo el territorio tras una expansión natural desde Francia, alcanzando tasas de parasitismo elevadas y observando a su vez, una disminución de daños en *Castanea spp.*

Palabras clave: *Dryocosmus kuriphilus*, DRYCKU, *Torymus sinensis*, REFINA, identificación, biología, daño, control biológico, parasitoide.

Introducción

La avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) es considerada una de las mayores amenazas actuales para el cultivo del castaño. Esta avispa genera daños en forma de daños y abortos en yemas y brotes, al desarrollar agallas en las mismas, así como en hojas, reduciendo el alargamiento del brote, la producción de fruto y causando la muerte de yemas, flores y defoliación. *D.kuriphilus*, originaria de China se extendió por Japón (1941), Corea (1963), Estados Unidos (1974), hasta llegar a Europa (Italia 2002). Posteriormente fue detectada en Eslovenia, Francia, Hungría, Suiza, Croacia, Holanda, Alemania, Rep. Checa, Eslovaquia y España en 2012.

Dryocosmus kuriphilus (DRYCKU) está clasificado en la lista A2 de la Organización Europea y Mediterránea de Protección Fitosanitaria (EPPO) y en el Anexo III del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/2072 por la que se establecen medidas de protección contra las plagas de los vegetales.

Torymus sinensis Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) es un parasitoide de *D.kuriphilus*, la avispa de las agallas del castaño. Las dos especies tienen como origen China y es la única especie parasitoide conocida de *D. kuriphilus* que es específica de este hospedador y fenológicamente bien sincronizada con ella (Moriya et al., 2003). Las hembras de *T. sinensis* son las que ponen los huevos en las agallas de *D. kuriphilus*. Será la larva parasitoide la que se alimente de la larva huésped (*D.kuriphilus*), destruyéndola. Así, ya se han validado métodos de control biológico mediante *T.sinensis* y se han realizado sueltas en varios países europeos como España, Italia y Francia, entre otros.

Desde la primera detección en 2012 en España, su expansión por Galicia (R.Pérez-Otero, et al., 2017), toda la cornisa Cantábrica, Cataluña y Andalucía ha sido muy rápida, causando daños muy relevantes.

Los trabajos de muestreo realizados en el presente estudio han tenido como objetivo principal determinar la presencia, abundancia y descripción de daños causados por la avispa del castaño *D.kuriphilus*, así como determinar la posible presencia de diferentes parasitoides de la avispa del castaño. Para ello, se ha realizado una evaluación del nivel de defoliación y cantidad de agallas de *D.kuriphilus*, ya que es un buen indicativo del estado de salud de los bosques, donde un mayor porcentaje de defoliación o cantidad de agallas es indicativo de una mayor afección.

Durante los trabajos de 2019 se detectó la presencia de varios parasitoides en muestras de agallas de *D.kuriphilus* por lo que en las campañas de prospección de 2020-2021 se han realizado las bases para el estudio de la presencia de Hymenópteros parasitoides y determinar si pertenecen a *T.sinensis* (procedentes de sueltas realizadas en regiones limítrofes como Francia, ya que en la Comunidad Foral de Navarra no se han llevado a cabo sueltas por parte de la Administración Pública).

Material y métodos

Evaluación de defoliación y nivel de infestación por *Dryocosmus kuriphilus*

Se realiza una evaluación general sobre 25 parcelas, donde se realiza evaluación intensiva pie a pie en 10 parcelas) para determinar el porcentaje de infestación por *D.kuriphilus*, nivel de defoliación y de copa muerta, en base a los criterios de evaluación establecidos por el Programa ICP-Forest para las Redes de Seguimiento de Daños en los Bosques (Red Nivel I y Nivel II). Las parcelas de seguimiento del castaño se integran en la red REFINA (Red de Evaluación Fitosanitaria de masas forestales de Navarra) con el denominador REFINA-DRYCKU.

Por otro lado, se realiza una evaluación cualitativa del nivel de infestación, que se determina mediante una escala de niveles semejante a la empleada para otras plagas como la procesionaria del pino (Montoya y Hernández, 1998), adaptada para la avispa del castaño (Gestión Ambiental de Navarra, 2015).

Tabla 1. Clasificación de niveles de infestación empleado para la determinación de la avispa del castaño en Navarra.

Nivel	Descripción del nivel de infestación
0	Ausente
1	Fase inicial, colonización-conquista. Habitual en 1º o 2º año en la zona (caso de 2013-2016). Puede ser difícil distinguir agallas y se concentran básicamente en la zona baja de la copa. Afección copa <10%. En general, de 0 a 25 agallas por árbol.
2	Fase de multiplicación y asentamiento en la zona. Agallas en la parte baja de la copa, e incluso algunas ramas de la zona media. Se produce cuando la plaga lleva más de 2 años en la zona. Afección copa 10-50%. En general, de 25 a 100 agallas por árbol.
3	Fase expansión. Las agallas en la zona media y baja de la copa son abundantes, incluso hay algunas en la parte superior. Afección copa >50%. En general, más de 100 agallas por árbol (dependiendo del tamaño del ejemplar).

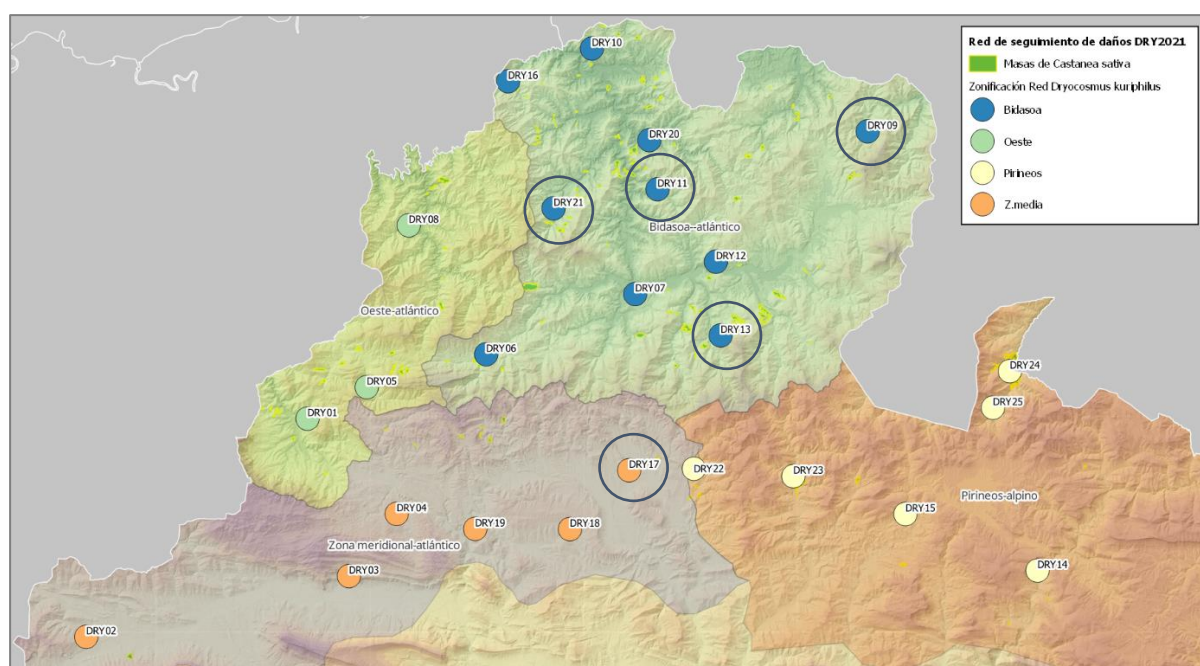
Área de estudio de *Dryocosmus kuriphilus* y periodo de muestreo

Con el fin de simplificar la interpretación de los datos obtenidos, se ha realizado una clasificación de las parcelas mediante criterios climáticos (influencia atlántica o alpina) y geográficos (cuencas hidrográficas o altitud), obteniendo cuatro zonas diferenciadas.

Los periodos de estudio abarcan el periodo 2016-2021 (continua), donde la evaluación del nivel de infestación se inició en 2016, mientras que la evaluación del % de se inicia en 2020.

Área de estudio de parasitoides de *Dryocosmus kuriphilus* y periodo de muestreo

Del área de estudio formada por 25 parcelas de castaño y clasificadas por zonas, el seguimiento de daños por *D.kuriphilus* en 2020 se seleccionaron 5 ubicaciones (REFINA-DRY09, DRY11, DRY13, DRY17 y DRY21) y en 2021 se ha ampliado el estudio de parasitoides a toda la red, aunque en la parcela DRY15-Biskarret no se han logrado recolectar agallas por estar inaccesibles.



Mapa 1. Localización de las parcelas del estudio de la avispa del castaño (DRYCKU) zonificado por características climáticas y geográficas. Marcados con círculos azules las parcelas con recolección de agallas en 2020.

Recolección y cría de agallas

Las agallas de *D.kuriphilus* se recogieron aleatoriamente de los castaños de las parcelas, siempre a una altura < 3 m. Se recogieron un total de 25 muestras por parcela. Cada muestra de agallas fue trasladada a laboratorio, contadas y puestas individualmente en tubos de ensayo 50 ml con tapón formado mediante algodón hidrófilo de uso médico. Las muestras se han conservado etiquetadas y ordenadas en cajas por localización de recogida (25 tubos de ensayo por caja).

Las cajas se mantuvieron en lugar seco y ventilado a temperatura ambiente (15-20 °C) y se revisaron semanalmente para detectar las primeras emergencias. Debido a las escasas emergencias, se elevó la temperatura de conservación hasta 20-25°, con el fin de romper la hibernación, logrando que los insectos emergiesen (*D.kuriphilus* y parasitoides), realizando su contabilización y clasificación.

En 2019 se realizó un estudio preliminar con una muestra de agallas reducida por lo que no es posible realizar comparativas precisas respecto a los datos obtenidos del estudio de 2020 y 2021.

Identificación de parasitoides

Los parasitoides se almacenaron en seco antes de su identificación. Fueron identificados por sus características morfológicas utilizando las claves disponibles, alcanzando la clasificación a nivel de género en los insectos observados.

Con el fin de mejorar la identificación de los parasitoides y gracias a las claves específicas para la caracterización morfológica e identificación de *T. sinensis* y de las especies nativas de *Torymus* afines (Nieves-Aldrey, J.L. & Gil-Tapetado, D. & Polidori, C. & Gómez, J.F. 2019c) facilitadas por los autores, se ha conseguido mejorar el trabajo de identificación.

De igual manera, el estudio “*Fauna secundaria asociada a las agallas de la avispa del castaño D. kuriphilus Yasumatsu en España (Hymenoptera, Cynipidae)*” de Nieves-Aldrey, Jose-Luis & Gil-Tapetado, Diego & Rodríguez-Rojo, María. (2019d), permite conocer en mayor profundidad el resto de fauna asociada a la avispa del castaño.

Finalmente, las larvas extraídas manualmente de las agallas (2020) y que fallecieron sin alcanzar la fase adulta se han contabilizado como probable *T. sinensis*, a fin de determinar la tasa de parasitación de la parcela (Ts? ♀♂ no identificable).

En estudio de 2021 el periodo de emergencia y revisión de los parasitoides se ha alargado hasta que la tasa de emergencias semanales ha tendido a cero.

Estimación de parasitismo

Para cada parcela de muestreo, el parasitismo (%) se ha determinado como $N_{\text{parasite}} / (N_{\text{galls}} \times 3,5) \times 100$, donde N_{parasite} y N_{galls} indican el número de adultos parasitoides emergidos y número de agallas recogidas, respectivamente. Como las agallas *D. kuriphilus* son multiloculares, se ha empleado como valor promedio 3,5 celdas/agalla en base a los estudios publicados (Cooper & Rieske, 2011; Aebi et al. (2011); Panzavolta et al., 2013; EPPO, 2017).

Mediante este método de cálculo (empleando un valor medio de celdas/agalla), se busca limitar la posible sobreestimación del parasitismo en laboratorio en comparación con la situación de campo, porque las condiciones de laboratorio causan una mayor mortalidad adulta de *D. kuriphilus* dentro de las agallas en comparación a los parasitoides (Aebi et al., 2011).

Resultados

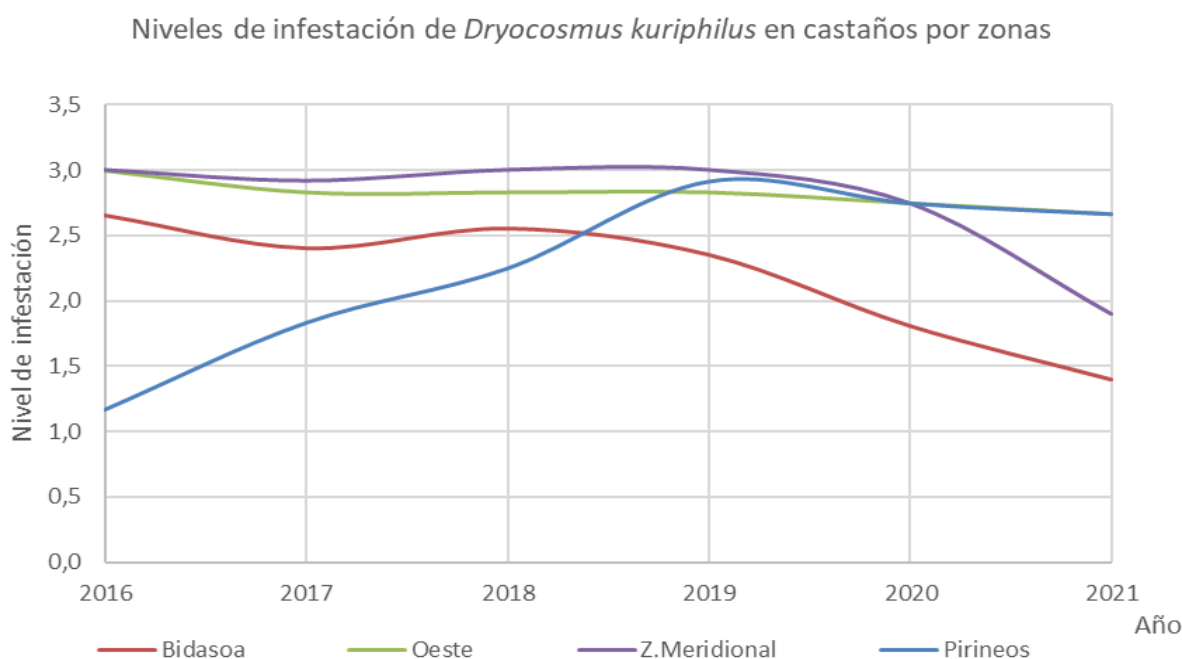
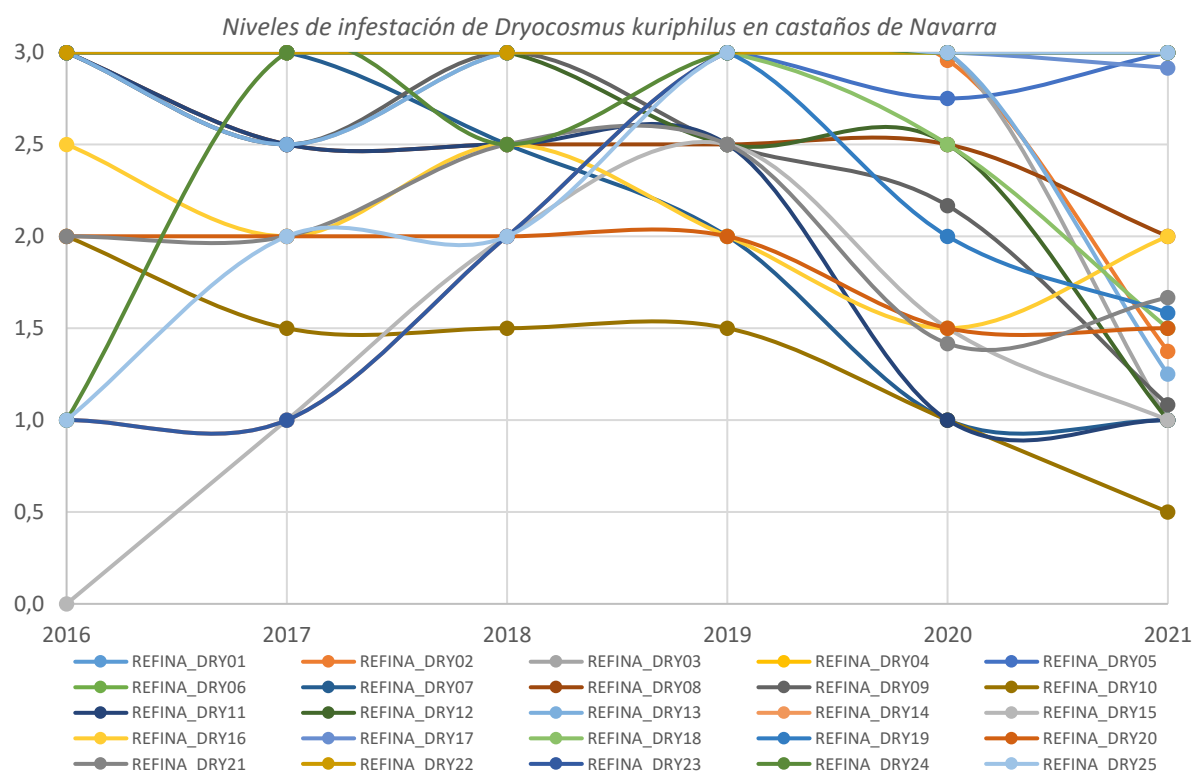
Los datos de evaluación del nivel de presencia, defoliación, copa muerta e infestación por *D.kuriphilus* se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Evaluación de % defoliación, presencia de agallas y copa muerta durante 2020 y 2021 en la red de parcelas REFINA de castaños de Navarra.

Referencia	Municipio	Superficie (ha)	%Defoliación 2020	% Parasitación 2020 (agallas)	Copa Muerta 2020	%Defoliación 2021	% Parasitación 2021 (agallas)	Copa Muerta 2021	Severidad 2020	Severidad 2021	Dif. severidad 2020-2021	Zonificación
REFINA DRY01	Araitz (Atallu)	10,38	20	2,0	20,0	20,0	2,0	20,0	40,0	40,0	0,0	Oeste
REFINA DRY02	Alsasua	3,14	22,1	2,5	29,6	19,6	0,4	27,5	51,7	47,1	-4,6	Z.Meridional
REFINA DRY03	Irañeta	24,42	25	2,0	20,0	15,0	0,01	20,0	45,0	35,0	-10,0	Z.Meridional
REFINA DRY04	Larraun (Alli)	5,84	35	3,0	25,0	20,0	3,0	20,0	60,0	40,0	-20,0	Z.Meridional
REFINA DRY05	Leitza	9,70	16,3	2,3	28,8	17,1	4,1	27,9	45,0	45,0	0,0	Oeste
REFINA DRY06	Eratsun	4,97	10	3,0	25,0	15,0	5,0	20,0	35,0	35,0	0,0	Bidasoa
REFINA DRY07	Doneztebe	4,14	10	0,1	10,0	10,0	0,05	10,0	20,0	20,0	0,0	Bidasoa
REFINA DRY08	Goizueta	13,02	10	1,0	15,0	10,0	1,0	10,0	25,0	20,0	-5,0	Oeste
REFINA DRY09	Baztan (Aritzakun)	20,25	13,3	0,7	20,0	15,0	0,1	19,6	33,3	34,6	1,2	Bidasoa
REFINA DRY10	Bera	4,12	10	0,1	15,0	15,0	0,01	15,0	25,0	30,0	5,0	Bidasoa
REFINA DRY11	Facero 87	4,00	14,6	0,1	14,6	12,9	0,1	17,1	29,2	30,0	0,8	Bidasoa
REFINA DRY12	Baztan (Orabidea)	8,11	15	1,0	15,0	10,0	0,5	15,0	30,0	25,0	-5,0	Bidasoa
REFINA DRY13	Baztan (Berroeta)	16,59	15,8	2,0	24,2	12,9	0,2	22,9	40,0	35,8	-4,2	Bidasoa
REFINA DRY14	Garralda	1,16	25	2,0	15,0	15,0	2,0	15,0	40,0	30,0	-10,0	Pirineos
REFINA DRY15	Erro (Biskarret)	0,07	20	1,0	15,0	25,0	0,01	15,0	35,0	40,0	5,0	Pirineos
REFINA DRY16	Lesaka (Endara)	3,31	10	0,5	20,0	15,0	0,5	15,0	30,0	30,0	0,0	Bidasoa
REFINA DRY17	Ultzama (Eltzaburu)	21,02	16,7	3,1	30,0	18,8	2,2	27,9	46,7	46,7	0,0	Z.Meridional
REFINA DRY18	Atez (Beunza)	18,56	25	1,0	20,0	15,0	0,5	20,0	45,0	35,0	-10,0	Z.Meridional
REFINA DRY19	Basaburua (Udabe)	2,09	21,7	1,0	14,6	17,1	0,6	15,0	36,3	32,1	-4,2	Z.Meridional
REFINA DRY20	Etxalar	14,54	15	0,5	20,0	15,0	0,5	15,0	35,0	30,0	-5,0	Bidasoa
REFINA DRY21	Lesaka (Otxango)	7,36	17,9	0,7	22,5	19,6	0,6	24,6	40,4	44,2	3,7	Bidasoa
REFINA DRY22	Lantz	13,05	20	5,0	30,0	15,0	5,0	25,0	50,0	40,0	-10,0	Pirineos
REFINA DRY23	Esteribar (Eugui)	23,00	19,2	2,7	27,5	15,0	2,9	30,8	46,7	45,8	-0,8	Pirineos
REFINA DRY24	Valcarlos	83,54	12,5	2,0	22,5	15,8	4,7	34,2	35,0	50,0	15,0	Pirineos
REFINA DRY25	Valcarlos	13,47	15	2,0	25,0	15,0	5,0	25,0	40,0	40,0	0,0	Pirineos

Los datos de severidad (% de defoliación + % copa muerta) reflejan una media elevada (36%) pero con una tendencia a la mejoría que se acentúa especialmente en la zona meridional y Bidasoa.

Los datos de la evaluación cualitativa que se llevan realizando desde 2016 se resumen en los siguientes dos gráficos, el primero con todas las parcelas y un segundo, donde se agrupan los datos por zonas. La clasificación de las parcelas por zonas se ha realizado en base a criterios geográficos y climáticos diferenciados que han influido en el avance temporal y expansión de *D. kuriphilus* en Navarra.



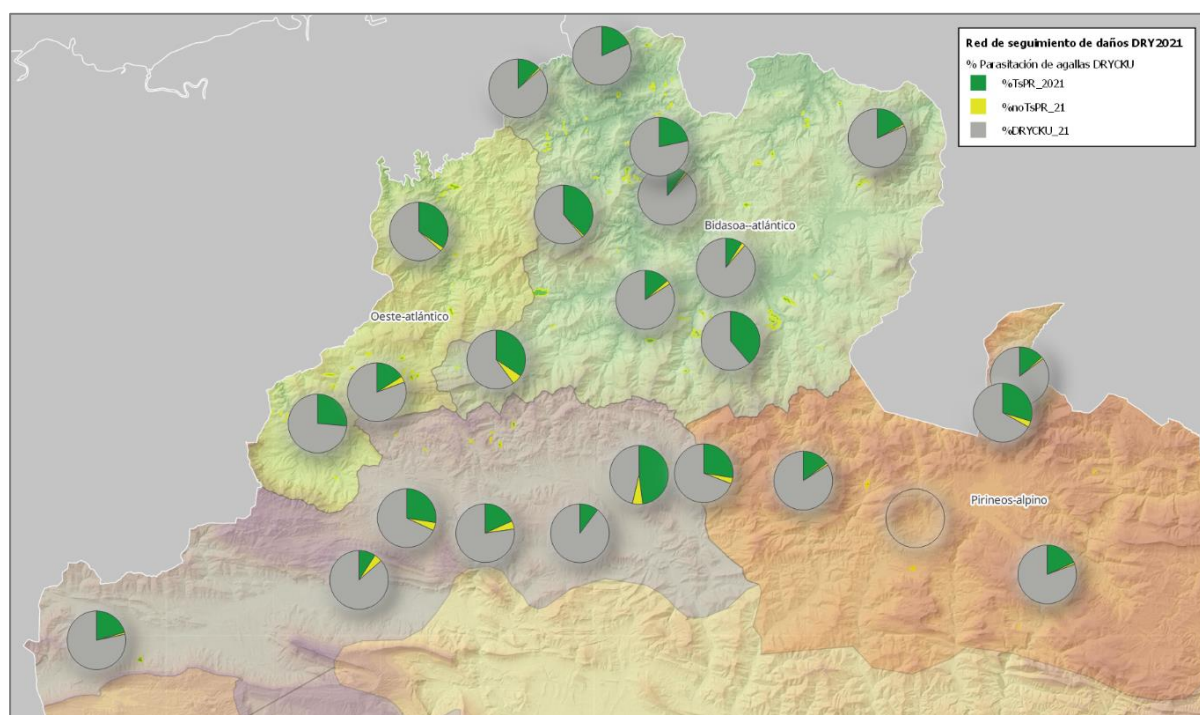
Los datos de identificación morfológica de las muestras de agallas recogidas en Navarra durante 2020 y 2021 arrojan los siguientes resultados.

Tabla 3. Resumen 2020 del número de parasitoides identificados en agallas de Castanea spp. y estimación de ratio de parasitismo. DRYCKU=Dryocosmus kuriphilus, ♀=hembra, ♂=macho, Ts=Torymus sinensis, TsPR=Ratio de parasitismo de Ts, PR=Ratio de parasitismo general. Los datos de parasitismo corresponden a una dispersión natural desde regiones limítrofes y F, ya que la Administración de la C.F. de Navarra no ha realizado sueltas experimentales hasta el momento.

Cod parcela	Localización	Nº agallas DRYCKU	Nº Ts♀	Nº Ts♂	Ts?♀♂ no identif.	Eupelmus kiefferi	DRYCKU	Sp. no identif.	Total	TsPR	PR
REFINA DRY09	Baztan (Aritzakun)	25	13	9	0	0	0	0	22	25,14%	25,14%
REFINA DRY11	Facero 87	25	17	27	0	0	0	0	44	50,29%	50,29%
REFINA DRY13	Baztan (Berroeta)	25	26	23	0	0	1	0	49	56,00%	56,00%
REFINA DRY17	Ultzama (Eltzaburu)	25	13	17	8	0	1	1	39	43,43%	44,57%
REFINA DRY21	Lesaka (Otxango)	25	4	5	16	2	0	5	32	28,57%	36,57%
TOTAL		125	73	81	24	2	2	6	186	40,69%	42,51%

Tabla 4. Resumen 2021 del número de parasitoides identificados en agallas de Castanea spp. y estimación de ratio de parasitismo. DRYCKU=Dryocosmus kuriphilus, ♀=hembra, ♂=macho, Ts=Torymus sinensis, TsPR=Ratio de parasitismo de Ts, PR=Ratio de parasitismo general.

Cod parcela	Localización	Nº agallas DRYCKU	Nº de Ts♀	Nº de Ts♂	DRYCKU	Sp. no identif.	Total	TsPR	PR
REFINA DRY01	Araitz (Atallu)	25	16	7	0	0	23	26,29%	26,29%
REFINA DRY02	Alsasua	25	14	4	1	0	18	20,57%	20,57%
REFINA DRY03	Irañeta	25	7	1	2	2	10	9,14%	11,43%
REFINA DRY04	Larraun (Alli)	25	15	9	3	1	25	27,43%	28,57%
REFINA DRY05	Leitza	25	8	6	2	1	15	16,00%	17,14%
REFINA DRY06	Eratsun	25	16	14	2	3	33	34,29%	37,71%
REFINA DRY07	Doneztebe	25	7	5	0	2	14	13,71%	16,00%
REFINA DRY08	Goizueta	25	20	10	1	1	31	34,29%	35,43%
REFINA DRY09	Baztan (Aritzakun)	25	10	5	0	1	16	17,14%	18,29%
REFINA DRY10	Bera	25	11	5	0	0	16	18,29%	18,29%
REFINA DRY11	Facero 87	25	5	4	0	1	10	10,29%	11,43%
REFINA DRY12	Baztan (Orabidea)	25	3	5	0	2	10	9,14%	11,43%
REFINA DRY13	Baztan (Berroeta)	25	23	11	0	0	34	38,86%	38,86%
REFINA DRY14	Garralda	25	10	6	0	1	17	18,29%	19,43%
REFINA DRY15	Erro (Biskarret)	0	-	-	-	-	-	-	-
REFINA DRY16	Lesaka (Endara)	25	11	0	0	1	12	12,57%	13,71%
REFINA DRY17	Ultzama (Eltzaburu)	25	28	14	2	3	45	48,00%	51,43%
REFINA DRY18	Atez (Beunza)	25	5	4	0	0	9	10,29%	10,29%
REFINA DRY19	Basaburua (Udabe)	25	12	4	2	2	18	18,29%	20,57%
REFINA DRY20	Etxalar	25	11	8	0	0	19	21,71%	21,71%
REFINA DRY21	Lesaka (Otxango)	25	18	15	0	1	34	37,71%	38,86%
REFINA DRY22	Lantz	25	15	9	1	2	26	27,43%	29,71%
REFINA DRY23	Esteribar (Eugui)	25	11	2	0	1	14	14,86%	16,00%
REFINA DRY24	Valcarlos	25	5	7	0	1	13	13,71%	14,86%
REFINA DRY25	Valcarlos	25	20	6	2	1	27	29,71%	30,86%
TOTAL		600	301	161	18	27	489	22,00%	23,29%



Mapa 2. Porcentaje de parasitismo en agallas DRYCKU clasificado por parasitoides no nativos (TsPR) y nativos (noTsPR). DRYCKU=Dryocosmus kuriphilus, Ts=Torymus sinensis, TsPR=Ratio de parasitismo de Ts, noTsPR=Ratio de parasitismo de especies distintas a Ts (nativas). Marcado con círculo vacío aparecen las parcelas donde no se pudieron recolectar agallas durante los trabajos de 2021.

En todas las muestras de parasitoides se ha realizado una identificación morfológica del género y/o especie. Por otro lado, se han remitido muestras de parasitoides al Laboratorio de Referencia de Navarra donde han realizado diferentes ensayos moleculares mediante PCR + secuenciación Sanger para confirmar analíticamente la identificación de *T.sinensis* en las diferentes localizaciones, gracias a la fiabilidad, sensibilidad y especificidad del análisis.

Discusión

En cuanto a la evolución de la plaga durante el año 2021, podemos observar algunos comportamientos diferenciados dependiendo de la ubicación de las parcelas en las 4 zonas clasificadas.

Bidasoa (Cuenca del río Bidasoa). Se trata de la zona en la que se observaron inicialmente daños sobre los castaños y que tras observar niveles máximos en 2015 y 2016, posteriormente empieza un lento pero progresivo descenso del nivel de daños. En el año 2019, se detectan los primeros casos de parasitación por especies autóctonas generadoras de agallas en robledales, mientras que un año después se confirman los primeros casos de *T.sinensis*, parasitación que continúa produciéndose en 2021 y que se considera responsable del menor del nivel de infestación de *D.kuriphilus* y de la mejora que se empieza a observar en los castaños, con menores niveles de defoliación asociada a esta plaga (14,0%).

Oeste: Tras Bidasoa, la zona Oeste es otra de las zonas que más tiempo lleva sufriendo los daños por DRYCKU en los castaños. Sin embargo, aunque los niveles de infestación alcanzaron los máximos en 2015 y 2016, no se han producido descensos relevantes desde ese año, manteniéndose altos. La severidad de los daños es importante, con % de copa muerta muy importantes, no tanto las defoliaciones que se mantienen en niveles medios. El parasitismo es patente en las agallas estudiadas,

sin embargo, todavía no parece traducirse en una mejoría general de las masas, con diferencias en los niveles de defoliación (+0,3%) del último año todavía en ascenso.

Zona meridional: Representa a la zona más meridional de la distribución del castaño en Navarra, dentro de la zona de influencia atlántica. En esta zona, la expansión de la plaga nuevamente alcanzó el máximo en 2015-2016 y es a partir de 2019 cuando se produce un importante descenso del nivel de infestación que viene acompañado por un acusado descenso de la defoliación media (-6,7%) en el último año, sin embargo, es una zona con los niveles más elevados de severidad de daño, con % de copa muerta y defoliación que parece que empiezan a descender.

Pirineos: Se trata de la zona de influencia pirenaica que abarca diferentes castaños desde Lantz hasta Valcarlos. Es la zona en la que más tarde llegó la plaga y es esperable que evoluciones con cierto retraso respecto al resto de zonas. El nivel máximo de infestación de *D.kuriphilus* se produjo en 2019 (3-4 años más tarde que el resto de zonas) y actualmente parece que ha iniciado un ligero descenso que precisa de tiempo para ser consolidado. La severidad actual de los daños es elevada (41,0%), acompañada de niveles de defoliación ligeramente superiores al resto de zonas. El parasitismo es patente en las agallas estudiadas, sin embargo, todavía no parece traducirse en una mejoría general de las masas.

Parasitismo de agallas de *Dryocosmus kuriphilus*

El enfoque clásico de control biológico, basado en la liberación de *T.sinensis* parece una buena opción de control de *D.kuriphilus* a largo plazo (Quacchia *et al.*, 2008) en las zonas en las que éste se encuentre distribuido. En Italia, la eficacia de este parasitoide en el control biológico de *D.kuriphilus* permitió restaurar un hábitat a condiciones similares a las observadas antes de la introducción de la plaga (Bosio *et al.*, 2013; Ferracini *et al.*, 2015a; Ferracini *et al.*, 2019).

En 2019 se detectó *T.sinensis* en el inicio de una dispersión natural desde Francia sobre las comunidades autónomas de Navarra, País Vasco y Cataluña (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019a), donde los valores de parasitación eran muy bajos con 3,76% en las localidades navarras (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019b). Hasta el momento, el impacto de *T.sinensis* sobre agallas de otros cinípidos y parasitoides nativos parece ser nula (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019b) en España, aunque en Italia se lleva estudiando más tiempo (Quacchia *et al.*, 2014; Francati *et al.*, 2015).

La dispersión de *T.sinensis* ha continuado de forma natural, confirmando ahora la presencia de *T.sinensis* en todas las parcelas del estudio, con valores de parasitación que van en aumento (media de 23,29%). Se puede confirmar que el parasitoide se ha extendido ampliamente de forma natural, alcanzado la práctica totalidad de los castaños de Navarra.

Se constata el descenso del nivel de infestación de *D.kuriphilus* en castaños navarros y con la abundante presencia de parasitoides de agallas, nativos y no nativos. El aumento de la presencia de *T.sinensis* sobre el resto de avispias nativas ya representa el 94,48% de las parasitaciones observadas, no observando diferencias significativas entre las diferentes zonas climáticas.

El porcentaje de parasitismo por *T. sinensis* ha variado desde los datos de 2019 (3,76%), aumentando muy significativamente en 2020 ($42,51 \pm 0,12\%$) y descendiendo en 2021 ($23,29 \pm 0,11\%$) pero confirmando su expansión a todo el territorio de Navarra y sugiriendo que el establecimiento del parasitoide en estas localidades es muy importante y no es reciente, dado el tiempo que necesita para establecerse con éxito.

Se puede concluir indicando que, tras el máximo del nivel de infestación detectado en 2019, se constata una tendencia de reducción de la plaga, que va acompañada de la confirmación de la presencia de *T.sinensis* en cantidades muy significativas, así como de otras especies de parasitoides nativos formadoras de agallas en *Quercus spp.*. En los próximos años se deberá estudiar qué capacidad de control tienen los parasitoides y observar si se producen cambios en la salud de los castaños que certifiquen su estado de salud.

Agradecimientos

Agradecimientos a Iñaki Pascal, Susana Andrés, Virginia Álvarez de Eulate e Itsaso Goñi del Área de Biología Vegetal del Laboratorio Agroalimentario de Navarra por su valiosa ayuda en la confirmación de especies de parasitoides como *T.sinensis*, así como a Juan Markina (GAN-NIK) por su incansable trabajo de campo.

Por otro lado, la identificación morfológica ha sido posible gracias a las claves facilitadas por J.L. Nieves-Aldrey y Diego Gil-Tapetado del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), autores de las claves específicas para la caracterización morfológica e identificación de *T.sinensis* y de las especies nativas de *Torymus* afines.

Finalmente, este estudio ha sido elaborado por el técnico responsable de GAN-NIK en el marco del encargo de “Asistencia técnica para el desarrollo de la Agenda Forestal de Navarra, otras actuaciones forestales y mantenimiento del Parque Natural de Urbasa-Andía 2022”, del Gobierno de Navarra.

Referencias bibliográficas

- Aebi, A., Schöenenberger, N., Bigler, F. 2011. Evaluating the use of *Torymus sinensis* against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in the Canton Ticino, Switzerland. *Agroscope Reckenholz-Tanikon Report* 72 pp. Zürich, Switzerland.
- Bosio G., Armando M., Moriya S., 2013.- Verso il controllo biologico del cinipide del castagno.- *L'Informatore Agrario*, 69 (14): 60-64.
- Cooper W. R., Rieske L. K., 2011. A native and an introduced parasitoid utilize an exotic gall-maker host.- *BioControl*, 56: 725-734.
- Ferracini C., Ferrari E., Saladini M. A., Pontini M., Cor-Radetti M., Alma A., 2015a.- Non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl*, doi:10.1007/s10526-015-9676-1
- Ferracini, C., Ferrari, E., Pontini, M. et al. Effectiveness of *Torymus sinensis*: a successful long-term control of the Asian chestnut gall wasp in Italy. *J Pest Sci* 92, 353–359 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0989-6>
- Francati, Santolo & Alma, Alberto & Ferracini, Chiara & Pollini, Aldo & Dindo, Maria. (2015). Indigenous parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production area of Emilia Romagna (Italy). *Bulletin of Insectology*. 68. 127-134. 2015 ISSN 1721-8861
- Gil-Tapetado, D., Cabrero-Sañudo, F., Polidori, C., Gómez, J., & Nieves-Aldrey, J. (2020). Climate as a possible driver of gall morphology in the chestnut pest *Dryocosmus kuriphilus* across Spanish invaded areas. *Bulletin of Entomological Research*, 1-14. doi:10.1017/S0007485320000450
- Moriya, S.; Shiga, M. & Adachi, I. 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan, pp. 407-415. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods*. USDA-Forestry Service, Honolulu. 573 pp.
- Nieves-Aldrey, J.L. & Gil-Tapetado, D. & Polidori, C. & Gomez, J.F. 2019b. Evaluación del impacto de la introducción en el medio natural de *Torymus sinensis* como organismo de control biológico de la especie *Dryocosmus kuriphilus*, sobre las poblaciones de cinípidos y parasitoides nativos. Informe Final 03-2019b no publicado.
- Nieves-Aldrey, J.L. & Gil-Tapetado, D. & Polidori, C. & Gomez, J.F. 2019c. Caracterización morfológica e identificación de *Torymus sinensis* y de las especies nativas de *Torymus* afines.
- Nieves-Aldrey, Jose-Luis & Gil-Tapetado, Diego & Gavira, Oscar & Boyero, J. & Polidori, Carlo & Lombardero, Maria & Blanco, Diana & Rey, Carmen & Rodríguez-Rojo, María & Vela López, José & Wong, Eva. 2019a. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and the first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*. 28. e001. 10.5424/fs/2019281-14361.
- Nieves-Aldrey, Jose-Luis & Gil-Tapetado, Diego & Rodríguez-Rojo, María. 2019d. Fauna secundaria asociada a las agallas de la avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu en España (Hymenoptera, Cynipidae).

Panzavolta T., Bernardo U., Bracalini M., Cascone P., Croci F., Gebiola M., Iodice L., Tiberi R., Guerrieri E., 2013.- Native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66: 195-201.

Quacchia A., Moriya S., Bosio G., Scapin I., Alma, A., 2008.- Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chest-nut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*.- *BioControl*, 53: 829-839

Quacchia, Ambra & Moryia, Seiichi & Askew, Richard & Schonrogge, Karsten. (2014). *Torymus sinensis*: Biology, Host Range and Hybridization. *Acta horticulturae*. 1043. 105 - 111. 10.17660/ActaHortic.2014.1043.13.

R. Pérez - Otero, D. Crespo, J.P. Mansilla. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion, associated parasitoids and first biological control attempts. *Archivos Entomológicos*, ISSN-e 1989-6581, Nº. 17, 2017, págs. 439-448