



Figura 1. Imagen de los Jardines del Real de Valencia donde se han realizado parte de los estudios de biodiversidad explicados en el artículo.

E. Rodrigo¹

P. Xamaní², **D. Perea**²,
L. Navarro-Villalba²,
P. Valverde³

R. Laborda²

¹ Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València. erodrigo@eaf.upv.es

² Dpto. de Ecosistemas Agroforestales, Universitat Politècnica de València (UPV). rlaborda@eaf.upv.es

³ Servicio de jardinería sostenible y renaturalización del Ayuntamiento de Valencia. pvalverde@valencia.es

La biodiversidad como herramienta de la gestión integrada de plagas en áreas verdes urbanas

Las áreas verdes urbanas se han convertido en elementos fundamentales para mejorar el bienestar de la población, especialmente en las grandes ciudades. La ciudad de Valencia consta de numerosas áreas verdes distribuidas a lo largo de toda su área metropolitana. Concretamente, posee 4.856.170 m² de superficie ajardinada y, según datos del último inventario municipal, en dicha superficie hay plantados 144.614 ejemplares de árboles pertenecientes a 215 especies. De todas las especies plantadas, 22 especies representan el 70% del total del arbolado. Desde 2007, el Departamento de Ecosistemas Agroforestales, en colaboración con el servicio de jardinería sostenible y renaturalización del Ayuntamiento de Valencia, ha realizado estudios de la biodiversidad de diferentes áreas verdes urbanas de la ciudad y cómo influye en la presencia de plagas. El objetivo final de estos estudios es poder manejar la biodiversidad vegetal para utilizarla como una herramienta en la GIP de las áreas verdes. En este trabajo se muestran los resultados de siembra de plantas en alcorques y estudios sobre la biodiversidad de plantas y artrópodos en diferentes tipologías de áreas verdes urbanas y su influencia en el nivel de fitófagos en dos especies de árboles, encina (*Quercus ilex* L) y ficus (*Ficus microcarpa* L.).

Aumento de la biodiversidad mediante la siembra de plantas en alcorques

En noviembre de 2012, en los Jardines del Real de la ciudad de Valencia (Figura 1) se escogieron una serie de alcorques y en ellos se realizó la siembra de plantas. El objetivo de este trabajo fue aumentar la biodiversidad de los alcorques, aumentando su valor estético y analizar las ventajas de la presencia de plantas en aspectos físicos del suelo, como la compactación e infiltración, y la presencia de artrópodos en las plantas y el suelo. Las especies de plantas elegidas (dos mezclas comerciales de semillas) se muestran en la Tabla 1.

Para medir la compactación del suelo se utilizó un penetrómetro analógico para suelo, y para la infiltración se colocaron cuatro cilindros de 10 cm de diámetro y 6 cm de altura en cada alcorque muestreado. En los cilindros se vertieron 200 ml de agua en cada uno y se midió el tiempo que tardó en desaparecer el agua. Estas medidas se hicieron en los mismos alcorques dos años después de la siembra.

Los resultados sobre la mejora del valor ornamental de los alcorques se evidenciaron desde el momento en que las plantas empezaron a crecer (Figura 2).

Desde 2012, que empezamos la experiencia en los Jardines del Real, hasta 2019 se han sembrado aproximadamente tres mil alcorques con distintas mezclas de plantas (Figura 3). Con la siembra de alcorques se ha mejorado la calidad estética y la limpieza de los mismos.

Las diferencias en la infiltración y nivel de compactación del suelo de los

Tabla 1. Especies de plantas presentes en las dos mezclas comerciales utilizadas para la siembra de los alcorques en los Jardines del Real en noviembre de 2012.

Mezcla 1	Mezcla 2
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Brachypodium retusum</i>
<i>Asphodelus fistulosus</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
<i>Calendula officinalis</i>	<i>Muscari armeniacum</i>
<i>Centrathus ruber</i>	<i>Allium molly</i>
<i>Diplotaxis eruroides</i>	<i>Crocus</i> spp.
<i>Lobularia maritima</i>	
<i>Moricandia arvensis</i>	
<i>Papaver rhoeas</i>	
<i>Sanguisorba minor</i>	



Figura 2. Aspecto actual de un alcorque sembrado en 2019 en la ciudad de Valencia.

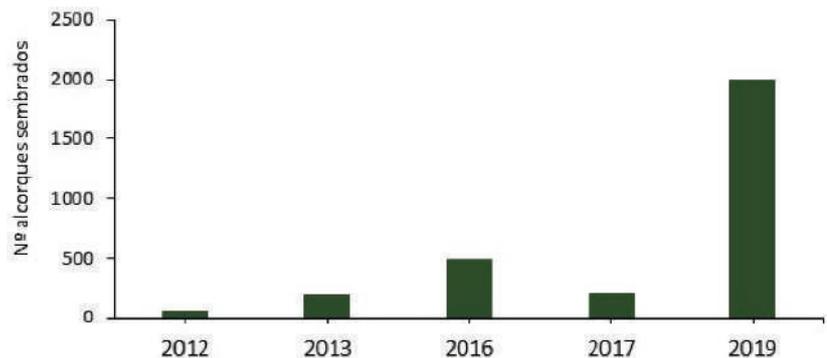


Figura 3. Número de alcorques sembrados en la ciudad de Valencia desde 2012 hasta 2019.

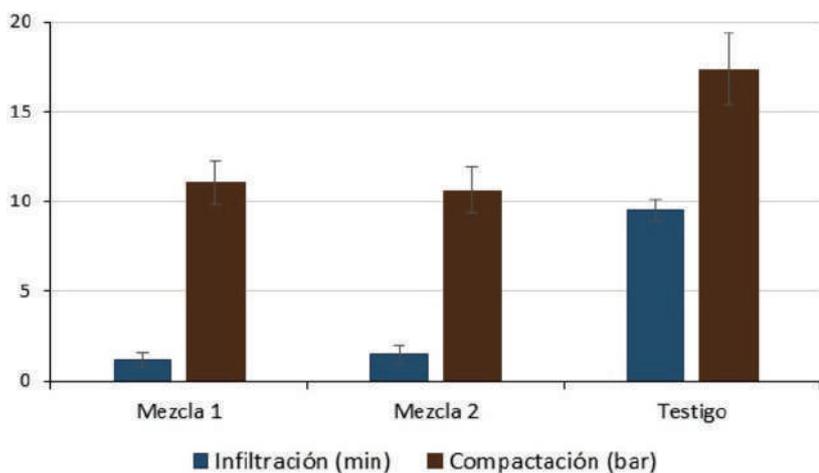


Figura 4. Tiempo de infiltración (en minutos) y grado de compactación (medida en bares) en los alcorques sembrados con la mezcla 1, mezcla 2 y testigo, 2 años después de la realización de la siembra.

alcorques, se muestran en la Figura 4. Aunque no hubo diferencias en la infiltración y compactación entre las dos mezclas utilizadas, el tiempo de infiltración fue menor, así como menor el nivel de compactación en los alcorques con plantas que en los alcorques donde no se sembraron plantas.

Los artrópodos se muestrearon seis meses después de la siembra mediante un aspirador de jardín modificado para la extracción de los artrópodos que viven sobre las plantas. El número de artrópodos capturados fue aproximadamente setecientos. Se capturaron en mayor cantidad pulgones, trips (en mayor número sobre las plantas con flores de la mezcla 1) y ácaros tetránquidos (más abundantes en las plantas de la mezcla 2). En el momento que se tomaron las muestras había presencia de fauna útil en las plantas (Figura 5). Así, se capturaron más braconidos afidiíinos, parasitoides específicos de pulgones, en la mezcla 1. Destaca la presencia en ambas mezclas de depredadores generalistas de las familias sírfidos, crisópidos, coccinélidos y antocóridos (Van Driesche y col., 2007).

Se tomaron muestras de suelo de cinco alcorques hasta 10 cm de profundidad aproximadamente. De cada muestra se tomaron cien gramos, que se depositaron en embudos de Berlese para la extracción de ácaros oribátidos. Las muestras se tomaron en octubre de 2012 y volvieron a tomarse catorce meses después. La identificación de los ácaros la realizó la Dra. Anna Seniczak (Museo Universitario de Bergen, Noruega). En total, se han identificado nueve especies de oribátidos. Este grupo de ácaros son abundantes en la mesofauna del suelo en hábitats naturales y muy importantes en el reciclado de los nutrientes del suelo (Walter y Proctor, 1999; Gulvik, 2007). Sin embargo, los suelos urbanos poseen comunidades pobres en oribátidos debido a la acción humana. Coincidiendo con nuestros resultados, algunas de las especies identificadas se han encontrado también en hábitats urbanos de ciudades europeas. *Epilohmannia cylindrica* (Berlese) ha sido identificada en Bucarest (Honciuc y Manu, 2010) y Kiev. *Protoribates capucinus* Berlese y *Tectocephus velatus* (Michael) han sido identificadas en Kiev (Shevchenko y Kolodochka, 2013).

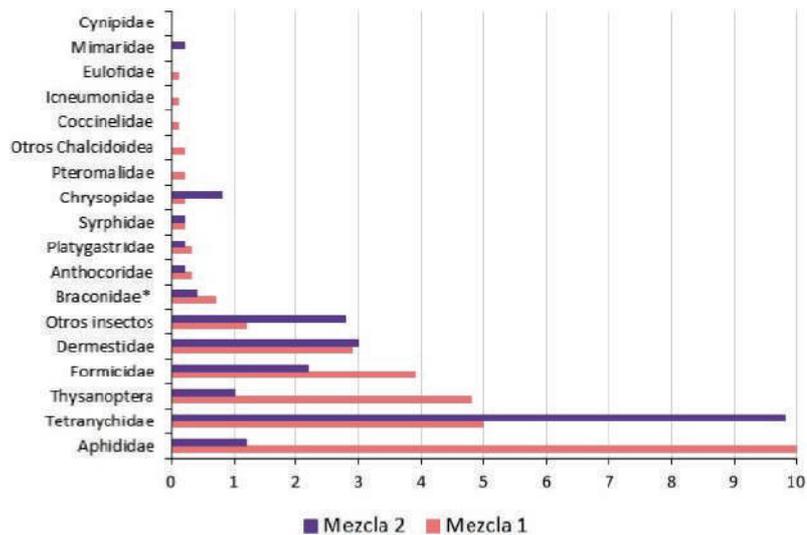


Figura 5. Número medio de insectos capturados por alcorque, separando los artrópodos capturados en las plantas de la mezcla 1 y la mezcla 2. *Los insectos capturados de la familia Braconidae, pertenecían a la subfamilia Aphidiinae, parasitoides específicos de pulgones.



Figura 6. Hembra adulta de *Kermes vermilio* (L.) (Hemiptera, Kermesidae) sobre encina en la ciudad de Valencia.

Tabla 2. Porcentaje de cobertura acumulada, porcentaje de área sin vegetación, riqueza de especies de plantas e índice de Shannon obtenido en la cada zona de estudio alrededor de la encina y el ficus.

Tipo área verde	<i>Q. ilex</i>				<i>F. microcarpa</i>			
	Cobertura acumulada (%)	Área sin vegetación (%)	Riqueza	Shannon	Cobertura acumulada (%)	Área sin vegetación	Riqueza	Shannon
Viario	37.5	72.0	1	0.001	10.8	89.3	4	1.27
	40.0	60.0	2	0.23	8	92	1	0.001
Barrio	60.0	58.0	7	1.28	54.3	45.8	24	2.6
	64.1	62.0	19	1.72	47.5	52.5	19	2.6
Histórico	85.6	50.0	13	1.74	71.8	28.3	18	1.7
	94.3	20.0	13	1.24				

Influencia de la biodiversidad de plantas en el nivel de fitófagos en encina y ficus en la ciudad de Valencia

Para estudiar la influencia de la diversidad vegetal en el nivel de fitófagos, se realizaron inventarios florísticos donde se identificaban y cuantificaban todas las especies presentes dentro de un área delimitada por una parcela circular, en cuyo centro se situaba el árbol estudiado. Se eligieron dos especies de árboles *Quercus ilex* y *Ficus microcarpa* y tres tipos de áreas verdes urbanas: acompañamiento viario, jardín de barrio o plaza y jardín de especial protección o histórico.

El área total de la parcela fue de 490,9 m². Se seleccionaron dos parcelas de estudio en cada tipo de jardín (en total, seis parcelas de estudio con una encina en el centro de la parcela, y otras seis parcelas de estudio con un ficus en el centro). En cada parcela, también se midió el porcentaje de terreno impermeable (pavimentos, aceras, etc.) con el visor cartográfico de la Generalitat Valenciana.

La plaga principal estudiada fue *Kermes vermilio* (L.) (Hemiptera, Kermesidae) (Figura 6) en la encina y *Macrohomotoma gladiata* (Kuwayama) (Hemiptera, Homotomidae) en ficus. De cada árbol se tomaban cuatro ramillos de cada uno de los puntos cardinales. Para cada especie de insecto se contaban los individuos vivos, separándolos en los diferentes estadios de desarrollo encontrados en 15 cm de ramillo y diez hojas al azar de cada ramillo para *K. vermilio*. En *M. gladiata* se anotaban todos los individuos vivos de cinco brotes, un brote de cada una de las ramas, y un quinto brote de cualquiera de las ramas al azar.

Para evaluar la diversidad de artrópodos en la vegetación alrededor del árbol problema se colocaron trampas amarillas pegajosas en algunas de las plantas de alrededor y otra más en la encina y el ficus. La riqueza de especies se calculó como el número de especies diferentes encontradas.

Para el cálculo de la diversidad o alfa-diversidad (de plantas y artrópodos) se utilizó el índice de Shannon-Weaver (1964).

Riqueza de artrópodos (*Quercus ilex*)

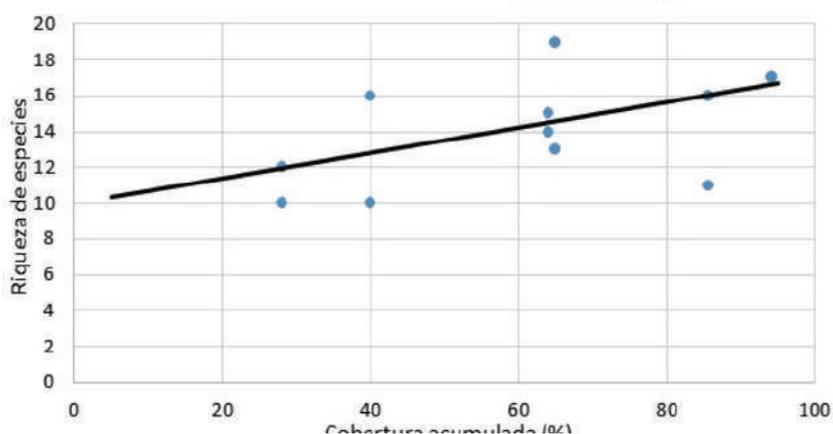


Figura 7. Relación entre porcentaje de cobertura vegetal y riqueza de artrópodos en las distintas áreas verdes estudiadas en torno a la encina (F=7,34; g.l.=1; p=0,0155; r= 0,56).

Riqueza de fauna útil (*Quercus ilex*)

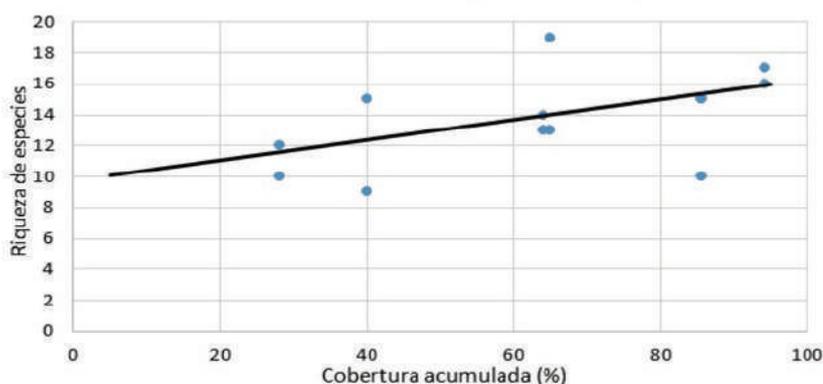


Figura 8. Relación entre porcentaje de cobertura vegetal y riqueza de enemigos naturales en las distintas áreas verdes estudiadas en torno a la encina (F=5,62; g.l.=1; p=0,0306; r= 0,51).

Tabla 3. Número medio de insectos plaga encontrado en las distintas zonas de muestreo para el periodo estudiado. Letras diferentes indican diferencias significativas con confianza del 95% según test LSD.

Tipo área verde	Nombre	n ⁽¹⁾	<i>K. vermilio</i> ⁽²⁾ media±e.e.	Nombre del jardín	n	<i>M. gladiata</i> ⁽³⁾ media±e.e.
Viario	Alborai	10	81,30±24,51a	Reales Atarazanas	35	20,97±22,90a
	Aragón	7	3,57±29,29b	Pepita	25	37,56±28,64b
Barrio	Nicasio Benlloch	9	0,33±25,83b	Pl. Xúquer	35	13,31±10,89a
	Plaza Badajoz	8	0,001±27,40b	Alameda	35	20,91±17,43a
Histórico	Hospital	9	1,66±25,83b	Jardines del Real	35	13,54±16,25a
	Jardines del Real	8	0,25±27,40b			

¹ n= n° muestras analizadas. ² N° medio de *Kermes* por rama. ³ N° medio psila por brote.

$$\bar{H} = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

S= número de especies

p_i = proporción de especie respecto total de individuos

Los resultados indican que la riqueza y diversidad de especies vegetales, en general, fue bajo en alrededor de los árboles de acompañamiento viario, intermedio en los jardines de barrio y mayor en los jardines de especial protección o históricos (Tabla 2).

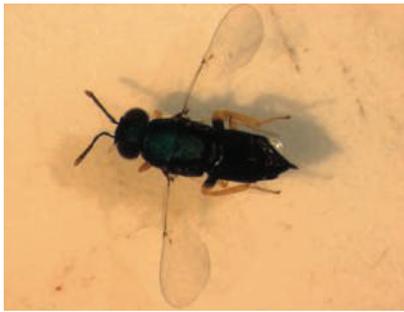


Figura 9. *Prionomitus mitratus* (Dalman) (Hymenoptera, Encyrtidae) hembra, parasitoide de la psila del ficus.

Respecto a las plagas de *K. vermilio* y *M. gladiata*, el nivel de plaga fue significativamente mayor ($F=6,53$; $g.l.=5$; $p=0,001$; $F=7,09$; $g.l.=4$; $p=0,000$, respectivamente) en los árboles de acompañamiento viario comparado con el nivel de fitófagos presentes en los árboles de los jardines de barrio y jardines históricos (Tabla 3).

Mediante las trampas amarillas se ha analizado si había relación entre cobertura y riqueza de especies de artrópodos y fauna útil. Los resultados obtenidos en encina y ficus han sido similares. En el caso de la encina hemos encontrado relación entre el grado de cobertura vegetal y la riqueza de artrópodos y fauna útil en las distintas zonas de estudio. Es decir, a mayor cobertura vegetal, mayor riqueza de artrópodos y fauna útil (Figuras 7 y 8).

Respecto a la psila del ficus, existe un parasitoide de este insecto, *Prionomitus mitratus* (Dalman) (Hymenoptera,

Tabla 4. Porcentaje medio de parasitismo activo¹⁾ de *Prionomitus mitratus*, parasitoide de la psila del ficus, en las diferentes áreas verdes estudiadas de la ciudad de Valencia.

Zona	Número de muestras	Parasitismo activo (media \pm e.e.)
Pl. Xúquer	35	13,74 \pm 1,17
Alameda	35	15,52 \pm 1,42
Jardines del Real	35	11,95 \pm 1,01
Reales Atarazanas	35	11,71 \pm 1,34
Calle Pepita	25	3,9 \pm 1,66

¹⁾ El porcentaje de parasitismo activo se calculó dividiendo el número de psilas parasitadas vivas entre la suma total de estadios susceptibles ($N3+N4+N5$), parasitados y no parasitados, y multiplicándolo por cien.

Encyrtidae) (Laborda y col., 2015) (Figura 9). Destaca que hemos capturado el himenóptero en las trampas amarillas de los ficus y también en las trampas de la vegetación alrededor de los ficus. *P. mitratus* no es específico de la psila del ficus y podría parasitar otras especies de psilas presentes en la vegetación de alrededor, actuando como reservorio del insecto. La tasa de parasitismo fue muy inferior en los árboles de acompañamiento viario que en los árboles de las otras zonas (Tabla 4) y las mayores tasas de parasitismo activo coincidieron con las zonas con mayor diversidad de plantas alrededor de los ficus.

Conclusiones

Se conoce que una mayor presencia y diversidad de vegetación se correlaciona de forma positiva con el aumento de la biodiversidad de fauna en general, y de artrópodos en particular (Welti y col., 2017), coincidiendo con

nuestros resultados. Hay estudios que prueban que factores abióticos como la temperatura afectan de forma directa la mayor presencia de algunas plagas sobre los árboles, siendo el impacto de este factor más importante que el que pueden ocasionar factores bióticos como los enemigos naturales (Dale y Frank, 2014). Otros trabajos muestran la importancia de las plantas con flores sobre el control biológico por conservación en áreas urbanas (Ellis y col., 2005). De acuerdo con nuestra experiencia, la presencia de plantas en los alcorques supone beneficios para los árboles plantados en ellos, como hemos demostrado. Igualmente, la cobertura vegetal diversa alrededor de los árboles aumenta la riqueza de artrópodos y fauna útil y supone un ambiente más favorable para el árbol, que favorece su salud y, por tanto, debe hacerlo menos vulnerable al ataque de plagas.

Bibliografía



- Dale, A.; Frank, S. (2014) Urban warming trumps natural enemy regulation of herbivorous pests. *Ecological Applications*, 24(7): 1596-1607.
- Ellis J.A., Walter A.D., Tooker J.F., Ginzl M.D., Reagel P.F., Lacey E.S., Bennett A.B., Grossman E.M., Hanks L.M. (2005). Conservation biological control in urban landscapes: Manipulating parasitoids of bagworm (Lepidoptera: Psychidae) with flowering forbs. *Biological Control* 34: 99-107
- Gulvik M.E. (2007). Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Pol J Ecol* 55:415-440.
- Laborda R., Galán-Blesa J., Sánchez-Domingo A., Xamaní P., Estruch V.D., Selfa J., Guerrieri E. Rodrigo E. (2015). Preliminary study on the biology, natural enemies and chemical control of the invasive *Macrohomotoma gladiata* (Kuwayama) on urban *Ficus microcarpa* L. trees in Valencia (SE Spain). *Urban Forestry and Urban Greening* 14: 123-128.
- Manu M., Honciuc V. (2010). Rank correlations at the level of soil mites (Acari: Gamasida; Oribatida) from central parks of Bucharest City, Romania. *Acta entomologica serbica*, 15(1): 129-140.
- Shannon, C. E., y Weaver, W. (1964). *The mathematical theory of communication*. Urbana: Illinois Press.
- Shevchenko O.S., Kolodochka L.A. (2013). Species complexes of the oribatid mites (Sarcoptiformes, Oribatei) in soils of urban street lawns with different pollution rates. *Vestn Zool* 47(6):49-52.
- Van Driesche R.G., Hoddle M.S., Center T.D. (2007) Control de plagas y malezas por enemigos naturales. *Forest Health Technology Enterprise Team (FHTET)* Eds. 751 pág.
- Walter D.E., Proctor H. (1999). *Mites. Ecology, evolution and behavior*. University of New South Wales Press and CAB International, 1-322.
- Welti, E.; Helzer, C.; Joern, A. (2017) Impacts of plant diversity on arthropod communities and plant-herbivore network architecture. *Ecosphere*, 8(10): 1-14.