

Mena, J.; Mesias-Ruiz, G.; García-Guerra, J.; Castillo-Malla, D.; Peña, J.; Dorado, J.; Borra-Serrano, I. Detección de la riqueza floral en agrosistemas mediante imágenes UAV e inteligencia artificial

Detección de la riqueza floral en agrosistemas mediante imágenes UAV e inteligencia artificial

Mena, Juan Diego ¹ Mesias-Ruiz, Gustavo Adolfo ¹ García-Guerra, Jose ¹ Castillo-Malla, Darwin ² Peña, José Manuel ¹ Dorado, José ¹ Borra-Serrano, Irene ¹

¹ Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), CSIC, C/ Serrano, 115, 28006, Madrid, España.

² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, Loja 11-01-608

ORCID: Mena [0009-0008-6051-3031](https://orcid.org/0009-0008-6051-3031) Mesias-Ruiz [0000-0002-3774-4121](https://orcid.org/0000-0002-3774-4121) García-Guerra [0000-0003-2822-093X](https://orcid.org/0000-0003-2822-093X) Castillo-Malla [0000-0002-1800-1189](https://orcid.org/0000-0002-1800-1189) Peña [0000-0003-4592-3792](https://orcid.org/0000-0003-4592-3792) Dorado [0000-0002-2268-2562](https://orcid.org/0000-0002-2268-2562) Borra-Serrano [0000-0003-3444-3099](https://orcid.org/0000-0003-3444-3099)

Correspondencia: jdmena@ica.csic.es gmesias@ica.csic.es jose.g.guerra@ica.csic.es dpcastillo@utpl.edu.ec
jmpena@ica.csic.es jose.dorado@csic.es irene.borra@ica.csic.es

RESUMEN

La pérdida de biodiversidad en los agrosistemas asociada a la intensificación agrícola, al uso de agroquímicos y a la fragmentación del hábitat, compromete los servicios ecosistémicos. En este contexto, la gestión y monitorización de la flora arvense en márgenes florales surge como una estrategia eficaz para evaluar la diversidad y riqueza de especies atractivas para diferentes grupos de polinizadores y fauna auxiliar. En la finca experimental "La Poveda" (ICA CSIC, Madrid) se desarrolló un experimento multipropósito durante los años 2023 y 2024 para monitorizar márgenes florales a 15 m de altura, empleando vehículos aéreos no tripulados (UAV). Se realizaron seis vuelos por campaña entre abril y julio, coincidiendo con el pico de floración de 11 especies objetivo pertenecientes a las familias Brassicaceae, Asteraceae y Fabaceae. Las particiones de las ortofotos (teselas de 640×640 px) se etiquetaron siguiendo dos esquemas: (a) unidad floral y (b) conjunto floral. El conjunto de datos resultantes se utilizó para entrenar al modelo Ultralytics YOLOv26 bajo una configuración experimental homogénea y técnicas de aumento de datos. Los mejores resultados se obtuvieron con la variante del modelo YOLOv26m[A1.1][A1.2] y aumento de datos bajo el esquema (b), alcanzando métricas de validación robustas en la precisión promedio media de objetos (mAP@0.5[A2.1][A2.2] = 0.534), en precisión (P= 0.528) y en exhaustividad (re-call[A3.1][A3.2] = 0.558). Estos resultados destacan la relevancia de definir adecuadamente la unidad de etiquetado en conjuntos de datos florísticos de muy alta resolución y ofrece directrices metodológicas para la monitorización de la biodiversidad en agricultura.

Palabras clave: *Márgenes florales, YOLOv26, dron, servicios ecosistémicos, aprendizaje profundo.*

Fecha de recepción: 18 febrero 2026 · Fecha de aceptación: 18 febrero 2026

DetECCIÓN DE LA RIQUEZA FLORAL EN AGROSISTEMAS MEDIANTE IMÁGENES UAV E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Mena, Juan Diego ⁽¹⁾, Mesias-Ruiz, Gustavo Adolfo ⁽¹⁾, García-Guerra, Jose ⁽¹⁾, Castillo-Malla, Darwin ⁽²⁾, Peña, José Manuel ⁽¹⁾, Dorado, José ⁽¹⁾, Borra-Serrano, Irene ⁽¹⁾


⁽¹⁾ Tech4AGRO. Instituto de Ciencias Agrarias (ICA), CSIC, España.

 0009-0008-6051-3031, jdmena@ica.csic.es ;  0000-0002-3774-4121, gmesias@ica.csic.es

 0000-0003-2822-093X, jose.g.guerra@ica.csic.es ;  0000-0003-4592-3792, jmpena@ica.csic.es

 0000-0002-2268-2562, jose.dorado@csic.es ;  0000-0003-3444-3099, irene.borra@ica.csic.es

⁽²⁾ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, Loja 11-01-608.

 0000-0002-1800-1189, dpcastillo@utpl.edu.ec.

Resumen: La pérdida de biodiversidad en los agrosistemas asociada a la intensificación agrícola, al uso de agroquímicos y a la fragmentación del hábitat, compromete los servicios ecosistémicos. En este contexto, la gestión y monitorización de la flora arvense en márgenes florales surge como una estrategia eficaz para evaluar la diversidad y riqueza de especies atractivas para diferentes grupos de polinizadores y fauna auxiliar. En la finca experimental “La Poveda” (ICA-CSIC, Madrid) se desarrolló un experimento multipropósito durante los años 2023 y 2024 para monitorizar márgenes florales a 15 m de altura, empleando vehículos aéreos no tripulados (UAV). Se realizaron seis vuelos por campaña entre abril y julio, coincidiendo con el pico de floración de 11 especies objetivo pertenecientes a las familias Brassicaceae, Asteraceae y Fabaceae. Las particiones de las ortofotos (teselas de 640×640 px) se etiquetaron siguiendo dos esquemas: (a) unidad floral y (b) conjunto floral. El conjunto de datos resultantes se utilizó para entrenar al modelo Ultralytics YOLOv26 bajo una configuración experimental homogénea y técnicas de aumento de datos. Los mejores resultados se obtuvieron con la variante del modelo YOLOv26m y aumento de datos bajo el esquema (b), alcanzando métricas de validación robustas en la precisión promedio media de objetos ($mAP@0.5 = 0.534$), en precisión ($P = 0.528$) y en exhaustividad ($recall = 0.558$). Estos resultados destacan la relevancia de definir adecuadamente la unidad de etiquetado en conjuntos de datos florísticos de muy alta resolución y ofrece directrices metodológicas para la monitorización de la biodiversidad en agricultura.

Palabras clave: Márgenes florales, YOLOv26, dron, servicios ecosistémicos, aprendizaje profundo.

Detection of floral richness in agroecosystems using UAV imagery and artificial intelligence.

Abstract: Biodiversity loss in agroecosystems, driven by agricultural intensification, agrochemical use, and habitat fragmentation, threatens the provision of ecosystem services. In this context, the management and monitoring of arable flora in flower strips emerges as an effective strategy to assess species diversity and richness, particularly of taxa attractive to different groups of pollinators and beneficial fauna. At the experimental farm “La Poveda” (ICA-CSIC, Madrid), a multipurpose experiment was conducted during 2023 and 2024 to monitor flower strips at a height of 15 m using unmanned aerial vehicles (UAVs). Six flights per campaign were carried out between April and July, coinciding with the flowering peak of 11 target species belonging to the Brassicaceae, Asteraceae, and Fabaceae families. Orthophoto tiles (640 × 640 px) were annotated following two schemes: (a) floral unit and (b) floral cluster. The resulting dataset was used to train the Ultralytics YOLOv26 model under a homogeneous experimental configuration and data augmentation techniques. The best performance was achieved with the YOLOv26m variant combined with data augmentation under scheme (b), yielding robust validation metrics for object detection, with a mean average precision ($mAP@0.5 = 0.534$), precision ($P = 0.528$), and true positive rate ($recall = 0.558$). These results highlight the importance of appropriately defining the labeling unit in very high-resolution floristic datasets and provide methodological guidelines for biodiversity monitoring in agricultural systems.

Keywords: Floral margins, YOLOv26, drone, ecosystem services, deep learning.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la intensificación de los agrosistemas y la reducción progresiva de la heterogeneidad del paisaje han provocado un acusado descenso de la biodiversidad (Flohre *et al.*, 2011). Este proceso se refleja especialmente en el declive de las poblaciones de polinizadores silvestres (Balfour *et al.*, 2015), cuyos servicios ecosistémicos son esenciales para el mantenimiento de las funciones ecológicas y la producción alimentaria global (Khalifa *et al.*, 2021; Montoya *et al.*, 2020). En respuesta, la Unión Europea ha incorporado medidas agroambientales en la Política Agrícola Común (PAC) 2023-2027 orientadas a la promoción de prácticas sostenibles, como los eco-regímenes de espacios de biodiversidad (CE, 2023). Estas prácticas incluyen la implantación de márgenes florales e islas de vegetación, es decir, cubiertas vegetales con más de dos especies florales y dimensiones mínimas de veinte metros de longitud y dos metros de ancho, destinadas a la conservación de polinizadores y fauna auxiliar.

Diversos estudios han documentado los efectos positivos de los márgenes florales sobre la abundancia y diversidad de polinizadores (Ricou *et al.*, 2014; Kuppler *et al.*, 2023). No obstante, pese a haberse identificado las familias de flora arvense clave, como Brassicaceae, Asteraceae y Fabaceae, persisten lagunas de conocimiento respecto a la composición óptima de especies y a la duración temporal de los servicios ecosistémicos que ofrecen (Schmied *et al.*, 2023; Jachowicz y Sigsgaard, 2025)

El éxito funcional de estas infraestructuras ecológicas depende de su correcto diseño, implementación y monitoreo. Sin embargo, el elevado coste asociado al personal cualificado para realizar muestreos extensivos hace imprescindible el desarrollo de metodologías de seguimiento eficientes en tiempo y recursos (Gallmann *et al.*, 2022). En este contexto, la integración de teledetección e inteligencia artificial representa una herramienta prometedora para la detección y cuantificación de recursos florales (Chen *et al.*, 2019; Gallmann *et al.*, 2022), considerando las limitaciones que pueden presentarse en entornos de alta diversidad floral, debidas al pequeño tamaño de las estructuras florales, su superposición u oclusiones parciales y el movimiento por el viento durante la adquisición de imágenes (González *et al.*, 2022).

En este marco, el presente estudio propone un método automatizado para la detección y evaluación de la diversidad y riqueza floral en diferentes composiciones de márgenes florales, combinando once especies de flora arvense. El enfoque se basa en la detección de objetos mediante técnicas de aprendizaje profundo, utilizando una red neuronal convolucional de arquitectura YOLOv26, entrenada y validada con imágenes RGB obtenidas mediante UAV. Asimismo, se evalúa la influencia del esquema de etiquetado sobre el rendimiento del modelo, con el objetivo de establecer

criterios metodológicos en la detección de recursos florales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio y diseño experimental

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental del ICA-CSIC “La Poveda”, situada en Arganda del Rey (Madrid, España; 40°19' N, 3°29' W; 536 m s.n.m.), durante las campañas de primavera-verano de 2023 y 2024. El conjunto de imágenes procede de un ensayo de campo multipropósito que incluían once especies arvenses pertenecientes a las familias Brassicaceae (*Diplotaxis eruroides* L., *Diplotaxis tenuifolia* L., *Eruca vesicaria* (L.) Cav., *Moricandia arvensis* L.), Asteraceae (*Achillea millefolium* L., *Calendula arvensis* L., *Centaurea cyanus* L., *Glebionis segetum* L.) y Fabaceae (*Lotus corniculatus* L., *Melilotus albus* Medik., *Onobrychis viciifolia* Scop.). Esta diversidad de especies se utilizó en el presente trabajo para desarrollar y validar un método automatizado de detección floral.

2.2. Adquisición de imágenes y conjunto de datos

Las imágenes se adquirieron con una cámara RGB DJI Zenmuse P1 (SZ DJI Technology Co., Shenzhen, China) acoplada a un UAV DJI Matrice 300 RTK, operando a una altura de vuelo de 15 m y con un solape frontal y lateral del 70%. Se realizaron seis vuelos por campaña, entre abril y julio, cubriendo la fenología de floración de las once especies objetivo. A partir de las imágenes se generaron ortomosaicos individuales por parcela, posteriormente particionados en teselas de 640 × 640 px para optimizar el procesamiento y el entrenamiento del modelo de detección. El etiquetado se realizó utilizando la herramienta gráfica labellmg (Tzutalin, 2015), generando un total de 19.000 anotaciones, distribuidas equitativamente entre las once especies. Se aplicaron dos esquemas de anotación: (a) unidad floral (UF) en la que cada etiqueta representa una flor individual; y (b) grupo floral (GF) donde cada etiqueta agrupa una o más flores en la misma región.

2.3. Selección y entrenamiento del modelo

La selección del detector de objetos se basó en un diseño comparativo reproducible, utilizando la familia Ultralytics YOLOv26 como arquitectura de referencia por su formulación *end-to-end*, sin la etapa explícita *Non-Maximum Supression* (NMS) y alta eficiencia de despliegue, especialmente relevante para aplicaciones de analítica a bordo en plataformas UAV (Jocher y Qiu, 2026).

Se implementó un enfoque de aprendizaje supervisado, destinado a evaluar el efecto del esquema de etiquetado sobre el desempeño del modelo. Se compararon dos configuraciones de entrenamiento: (a) esquema UF; y (b) esquema UF+GF, manteniendo constantes la arquitectura base, la resolución de entrada y los parámetros de aumento de datos (DA). El entrenamiento de YOLOv26 fue evaluado sobre sus diferentes variantes (n,s,m,l,x) cuya selección última atendió a su equilibrio entre capacidad representacional y eficiencia

computacional, aspectos críticos en tareas de monitoreo de biodiversidad en agrosistemas.

2.4. Evaluación del modelo

El rendimiento de las variantes se evaluó mediante métricas estándar de detección de objetos. Se empleó la precisión promedio media (mAP), para cuantificar la exactitud de las cajas delimitadoras de objetos, respondiendo a umbrales moderados de superposición o intersección sobre unión (IoU) del 50% (mAP@0.5), hasta rangos más estrictos del 95% en pasos de 0.05 (mAP@0.5:0.95). Además, se analizaron la precisión (P) que refleja la proporción de detecciones correcta, y la exhaustividad o tasa de recuperación de objetos reales, detectados como verdaderos positivos (*recall*). El equilibrio armónico entre exhaustividad y precisión (F1-score o F1), evalúa el rendimiento global del modelo. La validación final se realizó sobre un subconjunto de 35 imágenes y 1384 etiquetas verificadas como verdad-terreno (V-T).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación del Esquema de etiquetado

El análisis de las métricas de desempeño evidenció una superioridad del modelo YOLOv26m+DA entrenado bajo el esquema de etiquetado UF+GF frente al esquema UF, alcanzando su óptimo rendimiento en la época 39 con un mAP@0.5 de 0.534, un mAP@0.5:0.95 de 0.281, y una precisión y *recall* de 0.528 y 0.558, respectivamente. Se observó un incremento del 5.6% en mAP@0.5 atribuible al etiquetado de conjuntos florales, al mejorar el contexto espacial sobre la densidad y los patrones de agregación de las flores. En condiciones de campo las flores no siempre están aisladas, también constituyen rodales densos con flores muy próximas. El modelo “YOLOv26m+DA_UF+GF” logra capturar esta realidad biológica, reduciendo los falsos negativos en zonas de alta densidad floral donde las unidades individuales se solapan y dificultan la detección única. Además, este modelo gestionó un volumen significativamente mayor de instancias (5778 frente a 3505), demostrando una mayor capacidad de generalización. Así mismo, se solventan dificultades observadas en (Mena *et al.*, 2024).

3.2. Análisis de inferencia del Modelo

Al aplicar “YOLOv26m+DA_UF+GF” sobre el conjunto de test de 35 imágenes (que contenían 1384 instancias), se obtuvieron los siguientes rendimientos en condiciones de inferencia real o V-T: mAP@0.5 de 0.528 y mAP@0.5:0.95 de 0.283. Estas métricas son similares a las del entrenamiento global, y reflejan una consistencia sólida para la detección en campo con alta fidelidad taxonómica. y detecta 1099 de 1384 flores. sin errores de clasificación entre clases. La revisión exhaustiva por expertos de inferencias del modelo mostro absoluta correspondían con flores de sus respectivas clases, sin confusión entre clases. En consecuencia, los indicadores de precisión, reflejan su máximo posible, mientras que la métrica *recall* (0.79) es el mejor descriptor de la detección (Tabla1), revelando que la principal limitación reside en la fracción de instancias etiquetadas y no detectadas o falsos negativos (FN). A nivel de clase (Fig. 1), especies como *L.*

corniculatus y *D. tenuifolia* destacan sobre el conjunto de clases con *recall* 0.98 y F1 0.99, seguidos de *C. cyanus* y *G. segetum* también muestran alto rendimiento con *recall* > 0,76 y F1 > 87 recuperando casi todas las flores presentes (Tabla 1). Esto sugiere que sus rasgos visuales (tamaño, contraste, estructuras) se ajustan muy bien a un modelo robusto, adecuado para proporcionar detección de riqueza (Fig. 2) y abundancia. Otro grupo de clases muestra métricas conservadoras, con *recall* entre 0.60 y 0.76 y F1 entre 0.75 y 0.87, (*D. erucooides*, *M. arvensis* y *O. viciifolia*). Ello sugiere una buena capacidad para detección de su riqueza. Considerando que ecológicamente, muchas de estas especies presentan flores más pequeñas e inflorescencias con tonalidades menos contrastadas sobre el fondo, dificultando la detección de abundancia.

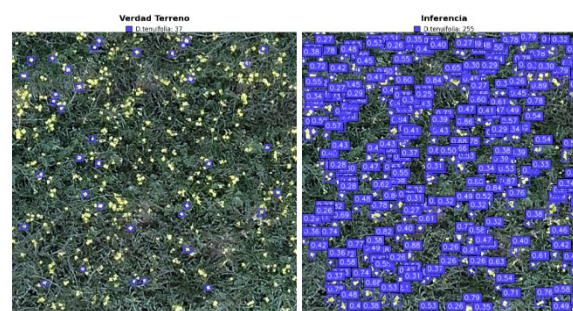


Figura 1. Alta tasa de recuperación de YOLOv26m para la clase floral *D. tenuifolia*

Tabla1. Métricas de rendimiento del modelo YOLOv26m_UF+GF en el conjunto de test para 35 imágenes y 1384 instancias.

Clases	V-T	Pred	VP	FN	P	Recall	F1
<i>D. erucooides</i>	57	42	42	15	1	0.74	0.85
<i>E. vesicaria</i>	121	75	75	46	1	0.62	0.76
<i>M. albus</i>	15	10	10	5	1	0.67	0.80
<i>A. millefolium</i>	184	111	111	73	1	0.60	0.75
<i>G. segetum</i>	197	150	150	47	1	0.76	0.87
<i>L. corniculatus</i>	220	215	215	5	1	0.98	0.99
<i>D. tenuifolia</i>	261	255	255	6	1	0.98	0.99
<i>C. arvensis</i>	81	49	49	32	1	0.61	0.75
<i>C. cyanus</i>	96	79	79	17	1	0.82	0.90
<i>M. arvensis</i>	53	40	40	13	1	0.76	0.86
<i>O. viciifolia</i>	99	73	73	26	1	0.74	0.85
Total_35	1384	1099	1099	285	1	0.79	0.89

En contraste, el grupo constituido por *E. vesicaria*, *M. albus*, *A. millefolium* y *C. arvensis* se sitúan en el extremo menos favorable (*recall* < 0.67, F1 < 80), con un 40% de las flores presentes sin detectadas (Tabla 1). Esta sub-detección y pérdida de *recall* es crítica para clases de color blanco como *D. erucooides*, *M. albus* y *E. vesicaria* (Tabla1), condicionadas además por su reducido tamaño y asociación a inflorescencias, superposición parcial entre flores o variabilidad de apertura de flores como ocurre en *C. arvensis*.

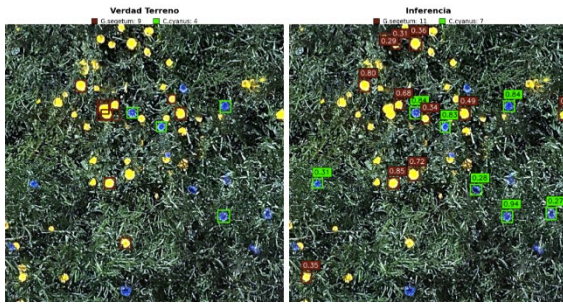


Figura 2. Detección de riqueza floral para las clases *G. segetum* y *C. cyanus*.

4. CONCLUSIONES

La incorporación de grupos florales en el esquema de etiquetado incrementa la capacidad discriminativa del modelo YOLOv26, mejorando la precisión diagnóstica, robustez de clasificación y eficiencia inferencial. Esta estrategia permite una caracterización más fiable de la riqueza y la estructura floral de comunidades arvenses en agrosistemas. Una mejora de exhaustividad en flores blancas y pequeño tamaño optimizaría el modelo.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PID2020-113229RB-C41/AEI/10 y BIOweeding (PID2023-150108OB-C31) financiado por MCIU/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+. Juan Diego Mena es beneficiario de la ayuda predoctoral PRE2021-101068 en el marco del programa FPI. Asimismo, el proyecto ECOdigital (ref. MMT24-ICA-01), desarrollado en el programa MOMENTUM CSIC y financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Next Generation EU), financia el contrato de Irene Borra-Serrano.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balfour, N. J., Fensome, K. A., Samuelson, E. E. W., & Ratnieks, F. L. W. (2015). Following the dance: Ground survey of flowers and flower-visiting insects in a summer foraging hotspot identified via honey bee waggle dance decoding. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 213, 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.08.007>

CE, 2023, Approved 28 CAP Strategic Plans (2023-2027). Summary overview for 27 Member States. Facts and figures. Obtenido de: Comisión Europea. <https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-06/approved-28-cap-strategic-plans-2023-27>.

Chen, B., Jin, Y., Brown, P., 2019. An enhanced bloom index for quantifying floral phenology using multi-scale remote sensing observations. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 156, 108-120. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.08.006>

Flohre, A., Fischer, C., Aavik, T., Bengtsson, J., Berendse, F., Bommarco, R., Ceryngier, P., Clement, (2011). Agricultural intensification and biodiversity partitioning in European landscapes comparing

plants, carabids, and birds. *Ecol. Appl.* 21, 1772-1781.

Gallmann, J., Schuepbach, B., Jacot, K., Albrecht, M., Winizki, J., Kirchgessner, N., Aasen, H., (2022). Flower Mapping in Grasslands With Drones and Deep Learning. *Front. PLANT Sci.* 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.774965>

González, D., Hempel de Ibarra, N., Anderson, K., (2022). Remote Sensing of Floral Resources for Pollinators – New Horizons From Satellites to Drones. *Front. Ecol. Evol.* 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.869751>

Jachowicz, N., & Sigsgaard, L. (2025). Highly diverse flower strips promote natural enemies more in annual field crops: A review and meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 381. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109412>

Jocher, G., & Qiu, J. (2026). Ultralytics YOLO26. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>

Khalifa, S.A., Elshafiey, E.H., Shetaia, A.A., El-Wahed, A.A.A., Algethami, A.F., Musharraf, S.G., AlAjmi, M.F., Zhao, C., Masry, S.H., Abdel-Daim, M.M., (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects* 12, 688.

Kuppler, J., Neumüller, U., Mayr, A.V., Hopfenmüller, S., Weiss, K., Prosi, R., Schanowski, A., Schwenninger, H.-R., Ayasse, M., Burger, H., (2023). Favourite plants of wild bees. *Agric. Ecosyst. Environ.* 342, 108266. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108266>

Mena, J. D., Dorado, J., Guerra, J. G., Mesías-Ruiz, G. A., Peña, J. M., & Borra-Serrano, I. (2024). Detección de crucíferas en márgenes de biodiversidad en ecosistemas agrarios mediante el análisis de imágenes dron y arquitecturas CNN. *Revista de Ciências Agrárias*, 47(1). <https://doi.org/10.19084/rca.34859>.

Montoya, D., Haegeman, B., Gaba, S., De Mazancourt, C., Loreau, M., 2020. Habitat fragmentation and food security in crop pollination systems. *bioRxiv* 2020.05.28.120550. <https://doi.org/10.1101/2020.05.28.120550>

Ricou, C., Schneller, C., Amiaud, B., Plantureux, S., Bockstaller, C., 2014. A vegetation-based indicator to assess the pollination value of field margin flora. *Ecol. Indic.* 45, 320-331. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.022>.

Schmied, H., Getrost, L., Hamm, A., & Dünzkofer, T. (2023). The flower strip dilemma (FSD): An overlooked challenge in nature conservation and a possible first step towards a solution by combining different aged flower strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 347. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108375>

Tzutalin. (2015). Labellmg [Python]. <https://github.com/tzutalin/labellmg>.