CONAMA 2026

Importancia del manejo del suelo en zonas verdes de desarrollos industriales para la provisión de servicios ecosistémicos y fomento de la biodiversidad.

Ejemplo de gestión en Illescas (Toledo)

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Puy Alonso Martínez. Directora. IRATI Proyectamos Naturaleza, SL.

Otros Autores: Victoria Arcenegui. Dpto. Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alicante.

Fuensanta García-Orenes. Dpto. Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, Elche, Alicante.

Índice

1. Resumen 1

2. Introducción 2

3. Material y métodos 2

3.1. Área de estudio y diseño del muestreo 2

3.2. Determinaciones analíticas 5

4. Resultados y discusión 5

5. Conclusiones y Recomendaciones 8

6. Bibliografía 9

1. Resumen

La transformación del territorio asociada al desarrollo de grandes superficies industriales y logísticas genera la pérdida de suelos productivos y de la biodiversidad edáfica que sustenta sus funciones ecológicas. En entornos urbanos y periurbanos mediterráneos, las zonas verdes asociadas a estos desarrollos representan una oportunidad estratégica para recuperar y conservar la multifuncionalidad del suelo y los servicios ecosistémicos asociados (regulación hídrica, reciclaje de nutrientes y mitigación del cambio climático) (Gomiero et al., 2011; García-Velázquez et al., 2026).

Este trabajo evalúa el efecto de distintas estrategias de implantación y gestión de la cubierta vegetal (hidrosiembras, vegetación rústica relicta, acolchados con triturado de poda, siembras de leguminosas y áreas alteradas sin manejo) sobre la calidad físico-química y microbiológica del suelo en un polígono industrial de Illescas. Se analizaron 8 puntos de muestreo en junio de 2026 correspondientes a zonas con diferentes estrategias de gestión, midiendo pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO), nitrógeno Kjeldahl (N), carbono de la biomasa microbiana (CBM), respiración edáfica basal (REB) y cociente metabólico (qCO_2).

Los resultados mostraron diferencias entre las localizaciones estudiadas. La mediana con acolchado de poda presentó los valores máximos de materia orgánica y biomasa microbiana, mientras que la mediana mayoritariamente desnuda registró la menor biomasa y la mayor respiración por unidad de biomasa. No obstante, la respuesta no fue uniforme entre las zonas con cubierta vegetal densa. Estos patrones sugieren una relación entre los antecedentes de transformación del suelo, las prácticas de manejo y su estado químico y microbiológico. El carácter exploratorio del estudio aconseja contrastar esta interpretación mediante muestreos periódicos en las mismas localizaciones.

Palabras clave: Suelos productivos, servicios ecosistémicos, biodiversidad, zonas verdes industriales

2. Introducción

La expansión acelerada de infraestructuras industriales y logísticas implica frecuentemente transformaciones del uso del suelo y alteraciones severas en el perfil del suelo provocadas por el decapado, la compactación y el volteado de horizontes profundos. Esta transformación degrada los hábitats de flora y fauna, compromete la biodiversidad edáfica y limita las funciones del suelo. Se estima que el suelo alberga aproximadamente el 60% de las especies de la Tierra (Anthony et al., 2023). Por ello esta transformación puede limitar la capacidad del suelo para funcionar como sumidero de carbono, regular el ciclo hidrológico y sostener la vegetación (IPBES, 2019; Lal, 2015).

En el contexto mediterráneo, marcado por periodos de sequía estival y alta vulnerabilidad al cambio climático, resulta prioritario establecer estrategias no sólo de diseño, sino también de gestión de zonas verdes que trasciendan los criterios ornamentales y potencien la multifuncionalidad ecológica (Delgado-Baquerizo et al., 2016). Diversos estudios recientes señalan que la transición hacia prácticas de manejo sostenibles —como el uso de cubiertas vegetales diversificadas, aportes de materia orgánica y la reducción de laboreos— promueve la abundancia de microorganismos, estimula el reciclaje de nutrientes y fortalece la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones (García-Velázquez et al., 2026; Sánchez-Cueto et al., 2025; García-Orenes et al., 2013).

El objetivo principal de esta comunicación es evaluar la influencia de diferentes técnicas de implantación y manejo de la cubierta vegetal (hidrosiembras, acolchados de poda, siembras de leguminosas y conservación de vegetación agrícola relicta) sobre los parámetros químicos y biológicos del suelo en diversas zonas verdes de un desarrollo industrial en la ciudad de Illescas (Toledo).

3. Material y métodos

3.1. Área de estudio y diseño del muestreo

El área de estudio está localizada en un polígono industrial en Illescas (Toledo) que se terminó de construir en enero de 2023. Las zonas verdes del polígono industrial donde se desarrolló el estudio se corresponden con las denominadas ZV01, ZV02, ZV03 y ZV05 del desarrollo urbanístico, además de áreas correspondientes a una mediana en la avenida principal y 2 glorietas. (figura 1)



Figura 1. Zonas verdes en el polígono industrial Pradillos II.
Fuente: IRATI Proyectamos Naturaleza, sl

El diseño paisajístico y la gestión de cada una de ellas es el siguiente:

Medianas:

- Superficies acotadas con arbustivas con o sin acolchado de triturado de poda. Dos zonas de manejo diferenciado.

- Alternancia de superficies cubiertas con mezcla de herbáceas perennes y anuales con dominio de leguminosas y áreas con predominio de alfalfa.

Zona verde ZV01 y ZV02:

- Cubierta de gramíneas y leguminosas predominantemente resultado de hidrosiembra realizada en el otoño-invierno de 2023

Zona verde ZV03:

- Cubierta de herbáceas anuales. Vegetación preexistente en antiguos terrenos agrícolas.

Zona verde ZV05:

- Una zona de olivar que mantiene cubierta de herbáceas anuales. Vegetación preexistente en antiguos terrenos agrícolas.

- Un área altamente modificada por movimiento de tierras en la que no se ha realizado ningún tratamiento vegetal para cubrir la superficie del suelo.

Todas las zonas verdes y los trabajos de ejecución de estas se finalizaron en diciembre de 2023.

Durante los dos primeros años las cubiertas herbáceas bien fueran resultado de hidrosiembras, siembras o evolución natural de la cubierta, se segaron desde la primavera al verano (años 2024 y 2025). A partir de enero 2026 se ha llevado un control sobre el manejo de cubiertas evitando cualquier desbroce en las zonas de estudio, manteniendo únicamente segados caminos y bordes de aceras.

El diseño de muestreo tuvo en cuenta estas diferencias entre el movimiento de tierras confirmado o no, el tratamiento de las zonas verdes tanto por el tipo y origen de la cubierta, como por el manejo de la misma, partiendo de la hipótesis de que los diferentes tratamientos previos y la actual gestión de cubiertas (sin siegas ni desbroces) podrían mostrar diferencias en el estado biológico del suelo.

Con estas consideraciones el muestreo de campo fue realizado el 2 de junio de 2026 por el equipo técnico de IRATI. Se seleccionaron 8 parcelas representativas (M1 a M8) que responden a las cuatro tipologías generales de tratamiento de la cubierta vegetal y suelos. En cada parcela se obtuvo una muestra compuesta a partir de cinco puntos representativos de los primeros 5 cm de suelo de la zona en cuestión. Después de descartar la parte de hojarasca y restos vegetales y tras la homogeneización y tamizado a <2mm, se preparó una muestra compuesta que se envió a laboratorio. Las muestras enviadas corresponden a los siguientes modelos de tratamiento y gestión:

- **Zonas verdes hidrosembradas (ZV01-M1 y ZV02-M2):** Hidrosiembra efectuada en 2023 con mezclas de gramíneas y leguminosas. Cobertura vegetal >90% (dominada por alfalfa y gramíneas anuales), mantenida sin segar durante el último periodo otoño 2025 – verano 2026.

- **Suelos relictos sin movimiento de tierras durante la ejecución (ZV03-M3 y ZV05-M5):** M3 corresponde a un terreno agrícola original no intervenido con almendros preexistentes (>90% cobertura de herbáceas anuales originales poco alteradas). M5 representa un antiguo olivar de secano original no intervenido (>90% cobertura de herbáceas anuales originales poco alteradas).

- **Suelos alterados sin cobertura adecuada (ZV05-M4 y Mediana 2-M7):** M4 es un suelo de relleno procedente de movimientos de tierra, actualmente con vegetación ruderal rala (<45% cobertura). En esta zona no se realizó ninguna hidrosiembra ni mejora durante la ejecución de las zonas verdes. M7 procede de una mediana en la avenida principal, con suelo prácticamente desnudo, plantación de *Lavandula* con elevadas marras y cobertura herbácea <10%, en la que tampoco se hicieron siembras ni mejoras durante la ejecución de las zonas verdes, y donde el relleno procede del movimiento de tierras de otras áreas durante el proceso de urbanización.

- **Medianas con manejo específico del suelo y sus cubiertas (Mediana 1-M6 y Mediana 2-M8)**: M6 corresponde a suelo de relleno con arbustivas (*Cistus* y *Rhamnus*) protegido con acolchado de triturado de poda. M8 procede de una zona de la mediana con siembra de herbáceas ricas en leguminosas (*Trifolium hirtum*, entre otros) de baja altura y evolución natural (95% cobertura).

3.2. Determinaciones analíticas

Las muestras de suelo fueron analizadas en el Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente de la UMH:

- **pH y Conductividad Eléctrica (CE):** Medición directa en extracto acuoso 1:5 con pHmetro y conductímetro digital (µS/cm).

- **Carbono Orgánico (CO) y Materia Orgánica (MO):** Determinación del CO mediante oxidación húmeda y cálculo del porcentaje de MO empleando el coeficiente de Waksman (CO × 1,72).

- **Nitrógeno Kjeldahl (N):** Determinado según el método descrito por Bremner y Mulvaney (1982). La determinación comprende el nitrógeno orgánico y amoniacal, sin incluir nitratos ni nitritos. Los resultados se expresaron en porcentaje.

- **Carbono de la Biomasa Microbiana (CBM):** Estimado mediante respiración inducida por sustrato (SIR), según el método de Anderson y Domsch (1978), utilizando un respirómetro Bac-Trac. Los resultados se expresaron en mg C/kg de suelo.

- **Respiración Edáfica Basal (REB):** Medición de la tasa de respiración microbiana basal en respirómetro Bac-Trac (mg CO_2/kg·h).

- **Cociente Metabólico (qCO_2):** Calculado como la relación (REB / CBM) × 1000 (expresado en mg CO_2 / g C-bio · h), empleado como indicador ecofisiológico del estado de estrés o eficiencia de la microbiota del suelo.

4. Resultados y discusión

Los resultados analíticos revelaron acusadas variaciones en los parámetros químicos y biológicos en función de la estrategia de manejo de la cubierta y del grado de perturbación del terreno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados analíticos.
Fuente: Elaboración propia.

Muestra	Manejo / Cubierta	pH	CE (µS/cm)	CO (%)	MO (%)	N Kjeldahl (%)	CBM (mg C/kg)	REB (mg CO_2/kg·h)	qCO_2 (mg CO_2/g Cbio·h)
ZV01-M1	Hidrosiembra gramíneas+leguminosas (>90%)	7,63	397	2,11	3,64	0,13	912	10,00	11,00
ZV02-M2	Hidrosiembra gramíneas+leguminosas (cubierta >90%)	8,26	289	1,82	3,14	0,06	2423	10,20	4,20
ZV03-M3	Agrícola original (almendros) (cubierta >90%)	8,31	216	1,20	2,06	0,04	2457	10,44	4,25
ZV05-M4	Relleno obra sin hidrosiembra (cubierta <45%)	8,00	182	1,09	1,87	0,02	1044	9,00	8,60
ZV05-M5	Olivar original no intervenido (cubierta >90%)	8,36	242	2,30	3,93	0,10	1318	9,35	7,10
Mediana 1-M6	Relleno + Triturado de poda (arbustivas)	8,33	274	2,30	3,95	0,10	2493	11,60	4,60
Mediana 2-M7	Relleno desnudo marras (*Lavandula*)	8,85	156	1,50	2,60	0,02	488	9,50	19,55
Mediana 2-M8	Relleno + Mezcla de leguminosas	8,34	242	1,84	3,20	0,04	2383	8,70	3,70

Cbio: carbono de la biomasa microbiana

Salinidad y pH: Todos los suelos mostraron reacción alcalina (pH 7,63–8,85). La CE del extracto 1:5 osciló entre 156 y 397 µS/cm; estos valores describen una conductividad reducida en las muestras analizadas, sin permitir excluir problemas locales o estacionales.

Materia Orgánica y Nitrógeno: Las concentraciones más elevadas de materia orgánica se registraron en la mediana acolchada con triturado de poda (M6: 3,95%) y en el olivar preexistente (M5: 3,93%) seguidos de las zonas hidrosembradas e implantadas con praderas ricas en leguminosas (M1: 3,64% y M8: 3,20%). Este patrón es compatible con la contribución de los aportes orgánicos y la conservación del suelo descrita en la literatura (García-Velázquez et al., 2026; Lal, 2015). Sin embargo, las diferencias entre localizaciones no permiten cuantificar una acumulación temporal de carbono ni determinar la contribución de la fijación biológica de nitrógeno. Los suelos alterados sin cobertura permanente (M4 y M7) mostraron los menores contenidos de N del conjunto.

Biomasa y Eficiencia Microbiana: Las parcelas provistas de cubiertas vegetales consolidadas o acolchado orgánico (M2, M3, M6 y M8) alcanzaron niveles de CBM superiores a 2300 mg C/kg. Además, los cocientes metabólicos (qCO_2) en estas áreas fueron muy bajos (3,7 en M8; 4,2 en M2; 4,6 en M6). Un qCO_2 reducido junto a una elevada biomasa evidencia comunidades microbianas maduras, eficientes y en equilibrio metabólico (Delgado-Baquerizo et al., 2016; García-Orenes et al., 2010). No obstante, M1, también hidrosembrada y con cobertura vegetal superior al 90 %, mostró una biomasa menor y un cociente metabólico más elevado que M2. Esta variabilidad indica que la cobertura vegetal, por sí sola, no explica todas las diferencias observadas y aconseja considerar conjuntamente el origen del suelo, los antecedentes de manejo y las condiciones de muestreo y análisis.

Indicadores de degradación y estrés: La muestra Mediana 2-M7 (suelo desnudo de relleno) presentó el nivel de CBM más bajo de todo el estudio (488 mg C/kg) acompañado de un qCO_2 extraordinariamente elevado (19,55). Esta combinación (escasa biomasa microbiana con una respiración específica desproporcionada) constituye un síntoma inequívoco de estrés microbiano provocado por la falta de protección vegetal, oscilaciones térmicas extremas y escasez de sustrato orgánico libre (Sánchez-Cueto et al., 2025). La muestra M4 confirmó asimismo la pérdida de funcionalidad biológica ligada al desmonte y la falta de revegetación.

5. Conclusiones y Recomendaciones

- **Cubiertas y acolchados:** En el muestreo de primavera de 2026, algunas localizaciones (M2, M6 y M8) con cubierta vegetal o acolchado presentaron mayor biomasa microbiana y menor respiración por unidad de biomasa que las zonas con cobertura escasa (M4, M7). La respuesta fue heterogénea, por lo que estos resultados deben interpretarse considerando los antecedentes de cada localización, pero son coherentes con la literatura científica que señala que estas prácticas de gestión resultan altamente eficaces para incrementar el carbono orgánico y consolidar comunidades microbianas activas y eficientes (García-Velázquez et al., 2026).

- **Riesgo del suelo desnudo**: Mantener los suelos de relleno urbanos e industriales al descubierto (M7) puede ser la causa de un rápido deterioro de la calidad biológica y estados de estrés metabólico en la microbiota edáfica (Sánchez-Cueto et al., 2025).

- **Necesidad de seguimiento:** Las diferencias observadas constituyen una referencia inicial para evaluar la evolución de estos suelos. El diseño del estudio no permite cuantificar su recuperación desde la ejecución de las zonas verdes ni aislar el efecto del cese de las siegas iniciado en enero de 2026.

- **Recomendaciones de gestión práctica:** (a) Priorizar el establecimiento de cubiertas herbáceas compuestas por gramíneas y leguminosas de bajo requerimiento hídrico en zonas donde no se prevean plantaciones manteniéndolas en general sin desbroces siempre que sea posible; (b) Dejar sobre el terreno los restos de desbroce cuando el manejo requiera siegas de praderas; (c) Acolchar con triturados de poda en zonas plantadas con arbustivas o árboles para favorecer el reciclaje orgánico; (d) Consolidar un programa anual de seguimiento biofísico que incorpore parámetros estructurales como la estabilidad de agregados; (e) Consolidar programas de seguimiento de la evolución de los suelos en periodos de actividad microbiana (primavera) con el fin de obtener nuevas evidencias contrastadas y poder establecer protocolos de manejo que tengan en cuenta la recuperación de la multifuncionalidad de los suelos

Los resultados obtenidos constituyen una primera referencia sobre la relación entre las prácticas de manejo y el estado químico y microbiológico de los suelos estudiados. Su alcance exploratorio aconseja interpretar las diferencias observadas con cautela y utilizarlas para orientar la gestión de estas zonas verdes y la evaluación de su evolución.

6. Bibliografía

[1] Allan, E., Manning, P., Alt, F., Binkenstein, J., Blaser, S., Blüthgen, N., Böhm, S., Grassein, F., Hölzel, N., Klaus, V. H., Kleinebecker, T., Morris, E. K., Oelmann, Y., Prati, D., Renner, S. C., Rillig, M. C., Schaefer, M., Schloter, M., Schmitt, B., … Fischer, M. (2015). Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. *Ecology Letters, 18*(8), 834–843. https://doi.org/10.1111/ele.12469

[2] Anderson, J. P. E., & Domsch, K. H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry, 10*(3), 215–221. https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8

[3] Anthony, M. A., Bender, S. F., & van der Heijden, M. G. A. (2023). Enumerating soil biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 120*(33), e2304663120. https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120

[4] Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). Nitrogen—Total. En A. L. Page, R. H. Miller, & D. R. Keeney (Eds.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (2.ª ed., pp. 595–624). American Society of Agronomy; Soil Science Society of America. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31

[5] Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Reich, P. B., Jeffries, T. C., Gaitan, J. J., Encinar, D., Berdugo, M., Campbell, C. D., & Singh, B. K. (2016). Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications, 7*, 10541. https://doi.org/10.1038/ncomms10541

[6] García-Orenes, F., Guerrero, C., Roldán, A., Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Campoy, M., Zornoza, R., Bárcenas, G., & Caravaca, F. (2010). Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil & Tillage Research, 109*(2), 110–115. https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.005

[7] García-Orenes, F., Morugán-Coronado, A., Zornoza, R., & Scow, K. (2013). Changes in soil microbial community structure influenced by agricultural management practices in a Mediterranean agro-ecosystem. *PLOS ONE, 8*(11), e80522. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080522

[8] García-Velázquez, L., Sánchez-Cueto, P., Lladó, S., Gozalo, B., Ochoa, V., Bongiorno, G., Clocchiatti, A., Barral, M. P., Stathopoulos, N., Zoka, M., Jeanbille, M., Hartmann, M., de Goede, R., Philippot, L., Alsina, I., Dongmo Lekagne, J. B., Dubova, L., García-Orenes, F., Hestbjerg, H., … Soliveres, S. (2026). Optimizing biodiversity, multifunctionality and yield when transitioning to organic farming. *Nature Sustainability, 9*(5), 682–691. https://doi.org/10.1038/s41893-026-01791-1

[9] Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(1–2), 95–124. https://doi.org/10.1080/07352689.2011.554355

[10] Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (E. S. Brondízio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo, Eds.). IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673

[11] Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability, 7*(5), 5875–5895. https://doi.org/10.3390/su7055875

[12] Sánchez-Cueto, P., Hartmann, M., García-Velázquez, L., Gozalo, B., Ochoa, V., Bongiorno, G., Goede, R., Zoka, M., Stathopoulos, N., Kontoes, C., Martinez, L. D. O., Mataix-Solera, J., García-Orenes, F., Van De Sande, T., Hestbjerg, H., Alsina, I., Tóth, Z., Barral, M. P., Sirimarco, X., … Lladó, S. (2025). Impacts of climate, organic management, and degradation status on soil biodiversity in agroecosystems worldwide. *Global Change Biology, 31*(9), e70486. https://doi.org/10.1111/gcb.70486

CONAMA 2026