

# DISPONIBILIDAD DEL HIERRO DE LOS SUELOS DE LA VEGA MEDIA DEL RIO SEGURA (MURCIA, SURESTE DE ESPAÑA)

*Data de submissão: 08/03/2023*

*Data de aceite: 03/04/2023*

### **Pura Marín Sanleandro**

Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Químicas. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. Murcia

### **Ana María Gómez García**

### **Juana M<sup>a</sup> Gil Vázquez**

**Arantzazu Blanco Bernardeau**  
R&D Advisor – Researcher - Kveloce I+D+i (Senior Europa – Murcia)

### **M<sup>a</sup> Asunción Alías Linares**

Dpto. Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Químicas. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. Murcia

calcáricos (IUSS-WRB, 2022) dedicados a uso industrial. Se estudia su pH, contenido en carbonato cálcico, hierro asimilable e hierro total, encontrándose que sólo una muy pequeña parte del hierro total es asimilable, con estos valores de pH y carbonato cálcico. Se presentan diferencias estadísticamente muy significativas entre ambos tipos de suelos en cuanto al hierro asimilable (0,001712 para  $p < 0.001$ ) pero no en el hierro total. Respecto al uso, también hay diferencias significativas entre el uso agrícola y el industrial, pero no entre los suelos abandonados y los cultivados en la actualidad. El objetivo es conseguir un sistema agropolitano sostenible y resiliente. **PALABRAS CLAVE:** Suelos agrícolas, huerta, hierro asimilable, hierro total, desarrollo sostenible.

**RESUMEN:** En el presente trabajo se estudia la disponibilidad del hierro de los suelos de la Vega Media del río Segura (Murcia), zona periurbana de huerta tradicional en la que están instalados muy variados cultivos hortofrutícolas y con zona industrial, ya que hay varios polígonos industriales. Los suelos presentes en la zona de estudio son Fluvisoles calcáricos, en uso o abandonados, y Regosoles

### **AVAILABILITY OF IRON FROM THE SOILS OF THE VEGA MEDIA DEL RIO SEGURA (MURCIA, SOUTHEAST OF SPAIN)**

**ABSTRACT:** In the present paper, the availability of iron in the soils of the Vega Media of the Segura river (Murcia) is studied, a peri-urban area of traditional orchards in which a wide variety of fruit and

vegetable crops are installed and with an industrial zone, since there are several industrial estates. The soils present in the study area are calcaric Fluvisols, in use or abandoned, and calcaric Regosols (IUSS-WRB, 2022) dedicated to industrial use. Its pH and calcium carbonate content are studied, finding that only a very small part of the total iron is assimilable, at these pH values and calcium carbonate content. There are highly significant statistical differences between both types of soils in terms of assimilable iron (0.001712 for  $p < 0.001$ ) but not in total iron. Regarding use, there are also significant differences between agricultural and industrial use, but not between abandoned soils and those currently cultivated. The objective is to achieve sustainable and resilient agropolitan systems.

**KEYWORDS:** Agricultural soils, orchard, assimilable iron, total iron, sustainable development.

## INTRODUCCIÓN

El reto al que se enfrenta la sociedad mundial, en general, y la sociedad murciana en particular, en las próximas décadas, es conseguir sistemas agropolitanos desarrollados, sostenibles y resilientes (Batara et al.2021). Debemos producir alimentos sanos para una población urbana que no para de crecer, con espacio físico cada vez menor para cultivar y con escasez de agua, particularmente en zonas áridas como la Región de Murcia, y todo ello en un escenario de cambio climático e incertidumbre económica y social, agravada por la pandemia mundial del covid-19 y la guerra de Ucrania.

Egea y Egea (2017) en su libro “Huerta de Murcia” consideran los beneficios directos de la Agricultura Urbana y Periurbana, a lo que hay que sumarle su enorme potencial para mitigar los efectos del cambio climático, reducir el consumo energético, contribuir a la salud ambiental y humana en las ciudades (Illeva et al., 2022; Reyes-Riveros et al., 2021), así como aumentar la integración social de los más pobres. En este sentido, el planeamiento urbanístico (Simón et al., 2012) debe articular las funciones productivas, ecológicas, paisajísticas y urbanas de los espacios agrarios periurbanos, estableciendo un gradiente entre el medio rural y el urbano.

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre después de Si, O y Al, representa el 5.1 % de su peso total y su contenido en el suelo se estima en un 3.8 % (Lindsay, 1979). A partir de la meteorización de minerales primarios, como silicatos ferromagnéticos, se libera hierro soluble que podrá ser utilizado por los organismos, unirse a distintos ligandos orgánicos, o bien ser transformado a minerales secundarios tales como sulfuros, carbonatos, minerales de la arcilla, pero fundamentalmente óxidos e hidróxidos, que serán los que controlen principalmente la solubilidad de este elemento en el suelo (Lindsay, 1979; Murad y Fisher, 1988). Debido a la extremadamente baja solubilidad de los óxidos de  $Fe^{+3}$  en el rango de pH normal en suelos, el hierro liberado precipitará rápidamente como óxido o hidróxido. Colombo et al. (2014) realizaron una revisión bibliográfica con respecto a las reacciones bióticas y abióticas que pueden influir en la disponibilidad de hierro en los suelos.

La solubilidad de los minerales de hierro en los suelos es muy baja usualmente;

la interacción con plantas, microorganismos y sustancias orgánicas pueden favorecer la formación de complejos de hierro soluble, que incrementan su disponibilidad para las plantas. (Colombo et al., 2014).

Se pretende con este trabajo conocer la potencialidad agrícola férrica de estos suelos y relacionarla con los tipos y usos de los mismos para redirigir el cambio de usos. El objetivo final es llegar a una planificación racional del territorio dando a cada suelo su uso más adecuado de acuerdo con sus características intrínsecas y extrínsecas. Y todo ello enfocado a conseguir de la huerta murciana un sistema agropolitano sostenible y resiliente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área seleccionada para el trabajo ha sido el sector central de la Vega Media del río Segura (Murcia), con una extensión aproximada de 65 km<sup>2</sup> e integrada por los términos municipales de Molina de Segura, Alguazas, Las Torres de Cotillas y Lorquí. (Figura 1). Se diseñó una malla de 1x1 km<sup>2</sup> y se realizó un muestreo de 68 muestras de capa arable (30 cm de profundidad).



Figura 1. Localización de la zona de estudio

Se han realizado las determinaciones analíticas necesarias para la caracterización tipológica de los suelos estudiados según el sistema del IUSS Working Group WRB (2022). Para el pH se ha utilizado la medida en una suspensión 1:5 de suelo en agua. Para

determinar el carbonato cálcico se utilizó el método volumétrico del calcímetro de Bernard (USDA, 1996). Para determinar el hierro asimilable tras su extracción con solución 0,005M de DTPA, 0.01 M de  $\text{CaCl}_2$  y 0.1 M de trietanolamina a pH de 7.3 (Lindsay y Norvell, 1978), se ha utilizado plasma acoplado inductivamente. Se seleccionó la digestión ácida con HCl y  $\text{HNO}_3$  en horno microondas para determinar el hierro total. (Ure, 1996). La cuantificación se realizó mediante ICP también.

Con el fin de realizar un estudio estadístico a los resultados obtenidos de las muestras de capa arable se ha recurrido al paquete estadístico R (R Development Core Team, 2008) para analizar si las diferencias observadas entre las muestras respecto a las variables estudiadas eran significativas en cuanto al tipo y uso del suelo, mediante métodos no paramétricos (Kruskal-Wallis y Wilcoxon) al no poder asegurar la normalidad y la homocedasticidad de la variable analizada. Para la representación cartográfica, se utilizó QGIS 2.0 Dufour (Quantum GIS Development Team, 2013) que permite la interpolación de los valores por IDW (Ponderación inversa a la distancia).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Vega Media del río Segura, el paisaje rural ha sido transformado por la urbanización e industrialización. El paisaje regado disminuye debido a la expansión de los núcleos tradicionales, al disperso residencial de media densidad y a la creación de una serie de polígonos industriales (La Serreta, La Estrella, etc.).

En la zona estudiada se presentan dos tipos de suelos, que se encuentran en proporción similar: Fluvisoles Calcáricos y Regosoles Calcáricos (IUSS-WRB, 2022) . Los Fluvisoles tienen un uso agrícola actual o bien se dedicaron a labores de cultivo en el pasado y ahora están en barbecho o abandonados. Los Regosoles Calcáricos están ubicados en polígonos industriales o áreas urbanas. Puntualmente aparecen Solonchaks háplicos en saladares. Estos suelos han sido estudiados en detalle por Gómez García (2016).

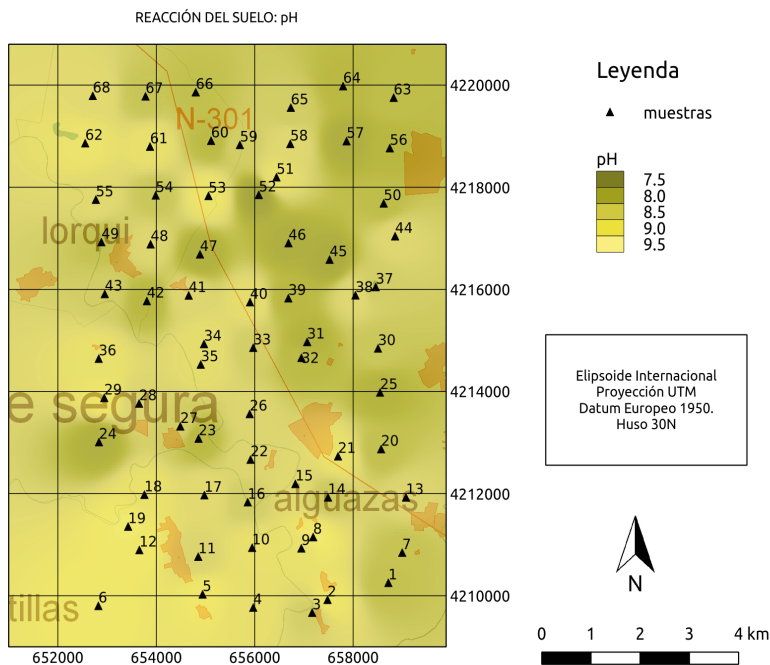
Variable	Media		SD		Kruskal (df=2)	
	Fluvisol N=33	Regosol N=34	Fluvisol N=33	Regosol N=34	Chi-square	p value
pH	8,546	8,337	0,301	0,387	56067	0,06061
CaCO <sub>3</sub>	351.793	363.379	60.563	77.569	1606	0.448
Fe <sub>asim</sub>	1,758	0,555	1,858	0,540	265556	0,001712***
Fe <sub>total</sub>	11599,68	10553,33	2350,327	2041,302	45552	0,1025
ratioFe	0,000172	0,00005603	0,0002611	0,00006365		

Tabla 1. Estadística de las variables estudiadas en función del tipo de suelo: pH, carbonato cálcico (g/kg), hierro total (mg/kg) y hierro asimilable (mg/kg).

Variables	Uso						Kruskal (df=2)	
	Abandonado N=15		Cultivado N=20		Industrial N=33		Chi-cuadrado	p,value α =0,05
	media	SD	media	SD	media	SD		
CaCO <sub>3</sub>	360,44	51,60	346,46	65,59	362,20	78,46	1,396	0,4975
pH	8,55	0,34	8,55	0,27	8,32	0,38	6,998	0,03023*
Fe <sub>asim</sub>	1,567	1,651	1,791	1,977	0,556	0,549	26,13	2,12E-006***
Fe <sub>total</sub>	11890,350	2596,268	11289,950	2078,535	10572,780	2069,751	4,01	0,1349
ratioFe	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	24,594	0,000004565***

Tabla 2. Estadística de las variables estudiadas en función del uso del suelo. Test no paramétrico de Kruskal Wallis: CaCO<sub>3</sub> (g kg<sup>-1</sup>), pH, Fe<sub>asim</sub> (mg/kg), Fe<sub>total</sub> (mg/kg).

El valor medio de pH en los Fluvisoles calcáricos es de 8.54, muy semejante al valor medio en los Regosoles calcáricos que es de 8.33, no presentándose diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Tabla 1). Respecto al uso, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los suelos cultivados actualmente y los dedicados a uso industrial; no observándose entre los suelos abandonados y los que se encuentran bajo cultivo según el test de Wilcoxon. La distribución de este valor se puede observar en la Figura 2 y corresponde a valores usuales en la Región de Murcia (Ramírez et al., 1999). Los valores obtenidos son los esperados, ya que estos suelos poseen altos contenidos en CaCO<sub>3</sub>.



Los suelos objeto de estudio son muy calizos, de hecho se trata de Regosoles y Fluvisoles Calcáricos en ambos casos, con un contenido medio en carbonato cálcico de  $363 \text{ g kg}^{-1}$  para Regosoles y  $352 \text{ g kg}^{-1}$  para Fluvisoles. Presentan una distribución espacial homogénea en cuanto al contenido en carbonatos (Figura 3), no observándose diferencias estadísticamente significativas respecto al tipo de suelo ni respecto al uso del mismo.

CARBONATO CÁLCICO TOTAL O EQUIVALENTE  
(g/kg)

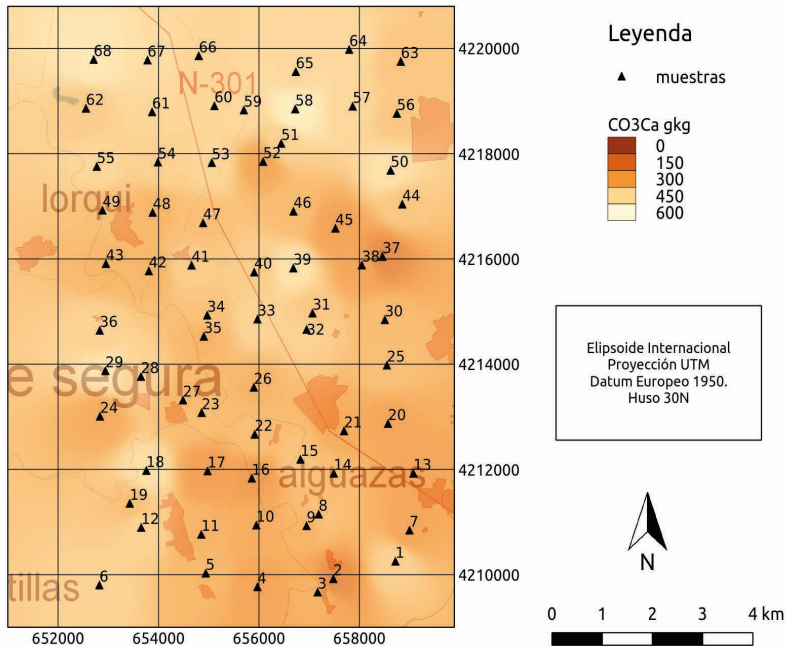


Figura 3. Interpolación de los carbonatos en la zona de estudio.

El contenido en carbonato cálcico presenta correlación negativa, estadísticamente significativa, con la mayor parte de los micronutrientes asimilables, justificable por la inmovilización de estos a pH elevado.

El hierro, cobre, manganeso y zinc, son considerados como micronutrientes para las plantas ya que son consumidos en pequeñas cantidades por ellas, pero imprescindibles para sus funciones vitales. Sus funciones en las plantas son generalmente catalíticas interviniendo en múltiples reacciones enzimáticas vitales para la planta, como la síntesis de la clorofila. Sin embargo, el exceso de micronutrientes en estado asimilable para las plantas puede ser tóxico, en pequeñas concentraciones, ya que el rango entre el nivel óptimo y el tóxico es muy estrecho.

Estos elementos son muy solubles a pH inferior a 5.5 y conforme aumenta el pH del suelo disminuye su solubilidad, de tal forma que en suelos con carácter alcalino, como son los de la zona de estudio con un pH en agua superior a 8 y próximo a 8.5, su absorción por las plantas es muy escasa, encontrándose la mayoría como formas no asimilables para la planta. Por ello se han determinado sus contenidos totales y asimilables, para conocer qué fracción del total se encuentra disponible para las plantas.

Los valores de hierro asimilable de los suelos muestreados pueden calificarse de muy bajos según la clasificación establecida por Lindsay y Norvell en 1978, que sigue

vigente según Cobertera (1993), por ser inferiores a 2 ppm, incluso en los suelos cultivados actualmente con un valor medio de 1.79 ppm (Tabla 2), presentándose diferencias estadísticamente muy significativas entre los suelos cultivados y los que se dedican a un uso industrial ( $p=0.0000$ ). Estos valores de hierro asimilable son similares a los obtenidos por Marín en 1992 en los horizontes Ap de sus perfiles muestreados (1.65 ppm).

Su índice de asimilabilidad (Tabla 1) podemos decir que es prácticamente nulo, ya que de los valores medios de hierro total (11.600 ppm en Fluvisoles y 10.553 ppm en Regosoles), la parte asimilable es inferior al 0.01 % justificable por el elevado pH de estos suelos calizos, que hace que la práctica totalidad de este elemento se encuentre inmovilizada en forma de óxidos e hidróxidos precipitados e insolubles. Esta baja disponibilidad de hierro es la responsable de la clorosis férrica que afecta a la vegetación, ya que cuando hay carencia de hierro en la formación de la hoja, la molécula de la clorofila no puede proporcionar el verdor. Debido a este problema con la inmovilidad del hierro se fertiliza con quelatos que los mantienen en disolución. Por otra parte, el papel de la materia orgánica también es muy positivo, ya que la formación de quelatos entre la materia orgánica y el hierro favorece su paso a formas disponibles.

Vidal et al. (2004) estudiaron el comportamiento de los metales pesados en Fluvisoles calcáricos dedicados a la agricultura en la Vega Baja del río Segura y consideran probable que la movilidad de los metales pesados estuviera influenciada por la fracción mineral a la que estaban unidos.

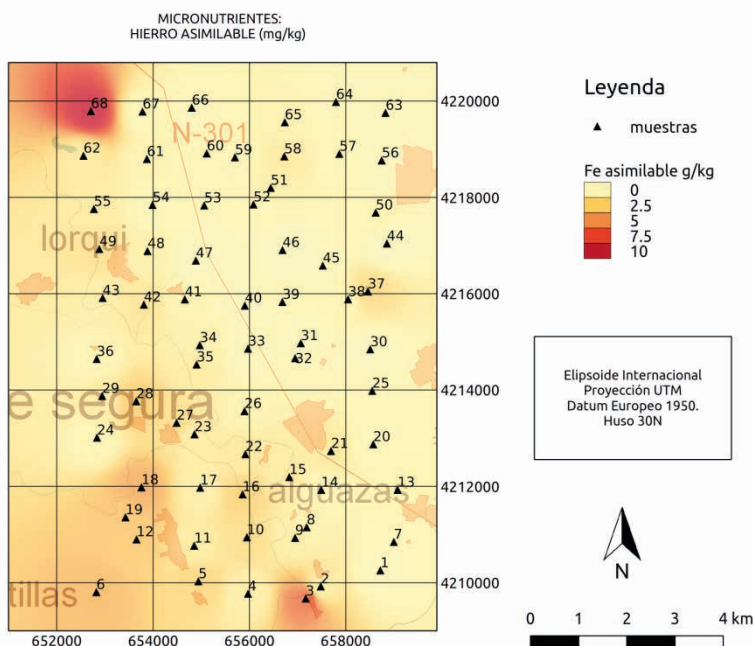


Figura 4. Interpolación de hierro asimilable en la zona de estudio



El hierro asimilable, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 4, presenta una correlación positiva estadísticamente significativa con carbono orgánico (0.349 para  $p < 0.001$ ) y nitrógeno total (0.354 para  $p < 0.01$ ). Presenta una correlación negativa estadísticamente significativa con calcio soluble (-0.348 para  $p < 0.01$ ) y los sulfatos (-0.329 para  $p < 0.01$ ).

El hierro total, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 5, presenta correlación estadísticamente significativa con el carbono orgánico (0.35 para  $p < 0.01$ ) y nitrógeno total (0.361 para  $p < 0.01$ ). Asimismo hierro total tiene una correlación negativa con el contenido en carbonato cálcico (-0.511 para  $p < 0.001$ ) y con la conductividad eléctrica (-0.319 para  $p < 0.01$ ).

El hierro total tiene correlación positiva con manganeso total (0.695) y zinc total (0.517) ambos con  $p < 0.001$ .

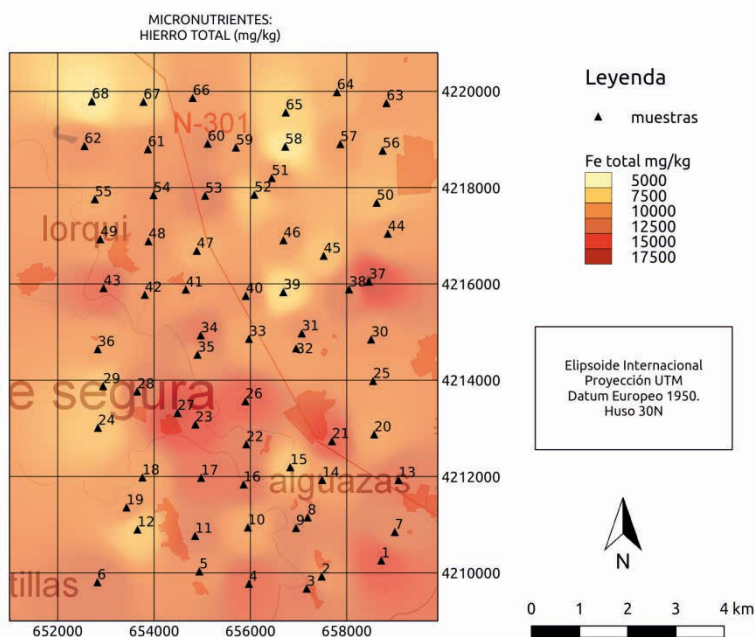


Figura 5. Interpolación del hierro total en la zona de estudio.

## CONCLUSIONES

Los suelos estudiados presentan valores muy bajos de hierro asimilable, respecto al hierro total, debido a su elevado pH y carácter calizo. No hay diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos y usos de suelos en cuanto al contenido en hierro total, pero si la hay en cuanto al hierro asimilable. Se recomienda una fertilización férrica controlada y aplicar fertilizantes de bajo índice salino para no incrementar la salinidad del

suelo. También sería necesario realizar mejoras en las técnicas de riego ya que, debido a las características climáticas de la zona, el tipo de suelo y la calidad de las aguas de riego, debería sustituirse el riego a manta por el riego por goteo. También sería recomendable introducir variedades de cultivo con mejoras genéticas que toleren mejor la salinidad y la sequía.

## REFERENCIAS

Batara, S.; Haeruddin, S.; Hamsina, H.; Muhammad, I. y Despry Nur Annisa, A. (2021). **Rural Agribusiness-based Agropolitan Area Development and Environmental Management Sustainability: Regional Economic Growth Perspectives**. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 142-157.

Cobertera, E. (1993). **Edafología aplicada**. *Suelos, producción agraria, planificación territorial e impactos ambientales*. Ediciones Cátedra.

Colombo, C.; Palumbo, G.; He, J.Z.; Pinton, R. y Cesco, S. (2014). **Review on iron availability in soil: interaction of Fe minerals, plants, and microbes**. *Journal of Soils Sediments*, 14, 538-548

Development Team. (2013). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation.

Egea Fernández, J.M. y Egea Sánchez, J.M. (2017). **Huerta de Murcia: hacia un sistema agropolitano sostenible y resiliente**. 42 líneas digital.

Gómez García, A. (2016). **Caracterización de los suelos de usos agrícola e industrial de la comarca de Molina de Segura (Murcia) para una planificación racional del territorio**. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=154809>

Ilieva, R.T.; Cohen, N.; Israel, M.; Specht, K.; Fox-Kämper, R.; Fargue-Lelièvre, A.; Ponizy, L.; Schoen, V.; Caputo, S.; Kirby, C.K.; Goldstein, B.; Newell, J.P. y Blythe, C. (2022). **The Socio-Cultural Benefits of Urban Agriculture: A Review of the Literature**. *Land*, 11(5), 622.

Working Group WRB. (2022). **World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. International Union of Soil Sciences (IUSS).

Lindsay, W.L. y Norvell, W.A. (1978). **Development of a Dtpa Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper**. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.

Lindsay, W.L. (1979). **Chemical equilibria in soils**. Wiley.

Marín, P. (1992). **Características generales y aspectos mineralógicos de la fertilidad en potasio de los suelos del sector meridional de la Vega Alta del Segura (Murcia)**. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/32748>

Murad, E. y Fisher, W.R. (1988). **The Geobiochemical Cycle of Iron**. *Iron in Soils and Clay Minerals*. (pp. 1-18). Reidel Publishing Company.

Ramírez, I.; Vicente, M.; García, J.A. y Vaquero, A. (1999). **Mapa digital de suelos de la Región de Murcia**. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia.

R Development Core Team: A language and environment for statistical computing. (2008). R Foundation for Statistical Computing.

Reyes-Riveros, R.; Altamirano, A.; De La Barrera, F.; Rozas-Vásquez, D.; Vieli, L. y Meli, P. (2021). **Linking Public Urban Green Spaces and Human Well-Being: A Systematic Review**. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127105.

Simón, M.; Zazo, A. y Morán, N. (2012). **Nuevos enfoques en la planificación urbanística para proteger los espacios agrarios periurbanos**. *Ciudades: Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, 15, 151-166.

Ure, A.M. (1996). **Single extraction schemes for soil analysis and related applications**. *The Science of the Total Environment*, 178, 3-10.

United States Department of Agriculture (USDA). (1996). **Soil survey laboratory methods manual**. Washington D.C. U.S. Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, National Soil Survey Centre, Soil Survey Investigations, Report No. 42.

Vidal Otón, J.; Pérez Sirvent, C.; Martínez Sánchez, M.J. y Navarro, M.C.. (2004). **Origin and behaviour of heavy metals in agricultural Calcaric Fluvisols in semiarid conditions**. *Geoderma*, 121, 257-270.