

CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO EN ZONAS VOLCÁNICAS PARA UN MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

José Manuel Hernández-Moreno. *Dpto. de Edafología y Geología. Univ. de La Laguna.*
jbmoreno@ull.es

María del Pino Palacios-Díaz. *Dpto. de Patología Animal, Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Univ. de Las Palmas de Gran Canaria.*
mpalacios@dpat.ulpgc.es

RESUMEN: En zonas áridas y semiáridas, el manejo integrado de los recursos hídricos es esencial para su aprovechamiento óptimo. En este capítulo se describen los aspectos más relevantes de la calidad de las aguas convencionales de las Islas Canarias, así como de las aguas desaladas y regeneradas. La disponibilidad de diferentes calidades de agua para el riego representa una oportunidad de combinarlas para corregir los efectos negativos de algunas propiedades como la salinidad, y puede complementar el empleo de otras estrategias como el manejo del riego y el tipo de cultivo. En este sentido se describen algunas experiencias llevadas a cabo en Canarias. Asimismo, se estudian casos que ilustran las propiedades particulares de algunos suelos volcánicos que requerirían adaptar las guías generales de calidad del agua de riego a los suelos canarios.

1. INTRODUCCIÓN

La interacción de las aguas con rocas y suelos volcánicos presenta aspectos característicos en relación con otros contextos litológicos. Esto se debe principalmente a las propiedades físicas y reactividad de muchos materiales y suelos volcánicos que van a incidir en las propiedades hidráulicas y composición de las aguas en estos sistemas.

Por otra parte, las particularidades de muchos suelos volcánicos determinan que los criterios generales de calidad de las aguas de riego no sean siempre aplicables en las Islas Canarias. Por ejemplo, en el antiguo Plan Hidrológico Insular de Tenerife de 1989 se puede leer: “... *Las características de nuestros suelos deben dulcificar los tipos de calidades de agua de riego o de lo contrario ya deberían haberse arruinado nuestras parcelas y los cultivos en ellas establecidos...*” en referencia a la insensibilidad a la degradación por sodificación en algunos tipos de suelos canarios. También se propone en dicho documento la necesidad de adaptar los estándares de agua de riego a las peculiaridades de algunos suelos canarios.

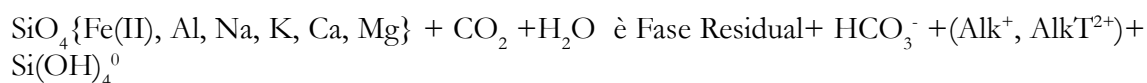
En este capítulo se destacan en primer lugar las características más relevantes de las aguas de riego en las Islas Canarias, tanto las aguas convencionales como las regeneradas y desalinizadas. A continuación se estudian algunos casos que proporcionan datos del impacto del

riego con diferentes calidades de aguas, destacando las propiedades únicas de algunos tipos de suelos volcánicos. Estas experiencias serán muy valiosas a la hora de definir la calidad de las aguas de riego en un contexto del manejo integrado de los recursos hídricos.

2. LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO EN LAS ISLAS CANARIAS

2.1. Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas en Canarias muestran un amplio abanico de calidad, ya que su composición está determinada por una gran número de factores naturales (pluviometría, evapotranspiración, tipos de roca) y artificiales (intrusión marina y retornos de riego). En general, la hidrólisis de los silicatos constituyentes de las rocas volcánicas va a determinar la composición de las aguas subterráneas:



Donde Alk^\pm : Na^+ y K^+ $\text{AlkT}^{2\pm}$: Ca^{2+} y Mg^{2+}

La Fase Residual, insoluble, está constituida por minerales de arcilla y oxi-hidróxidos (Fe, Al, Mn,..) en una composición que depende principalmente de la geoquímica de la roca original, la velocidad de percolación del agua, tiempo de residencia y concentración de CO_2 . El aporte de CO_2 de origen endógeno también es variable, siendo mayor en las islas más modernas y muy residual en las antiguas.

Las aguas resultantes de estos procesos de alteración son generalmente inestables cuando se transportan, por pérdida de CO_2 (y consiguiente incremento del pH) y variaciones de temperatura, lo que ocasiona una precipitación selectiva de carbonato de calcio. Este comportamiento explica que la composición de las aguas subterráneas de las Islas Canarias oscile principalmente entre los tipos bicarbonatada sódica y bicarbonatada magnésica (Custodio, 1978). La concentración en sales solubles es muy variable, aunque tiende a aumentar en las zonas costeras, de forma que las aguas tienen a ser cloruradas sódicas. Este fenómeno puede producirse por la existencia de fenómenos de sobreexplotación y/o contaminación por retornos de riego o ser natural en zonas áridas por las características salinas del agua de recarga (Custodio y Cabrera, 2002). Por otra parte, los contenidos de sílice son generalmente elevados, lo que ocasiona problemas con las membranas de ósmosis inversa en los procesos de desalación de aguas subterráneas.

Consecuencias para el riego

La alcalinidad de las aguas, junto con valores del RAS (relación de adsorción de sodio) generalmente elevados representa un riesgo de reducir la permeabilidad en los suelos debido a fenómenos de hinchamiento y dispersión que provoca el aumento de la doble capa eléctrica

en los suelos sódicos. Este riesgo se agrava por las ratios $\text{Ca/Mg} < 1$ (molar) que presentan generalmente las aguas de galerías. El magnesio, que se incluye en la fórmula del RAS al atribuírsele un comportamiento similar al del calcio, tiene, sin embargo, cierto carácter dispersante y algunos trabajos describen que el Mg tiene una influencia negativa que acentúa las malas propiedades físicas de los suelos sódicos. El “riesgo de Mg” se utiliza en algunos países como Australia y Canadá.

El efecto negativo de la alcalinidad/sodicidad de las aguas se compensa al aumentar la salinidad (que contrarresta los fenómenos de hinchamiento y dispersión de los coloides del suelo ya que el espesor de la doble capa eléctrica se reduce al aumentar la concentración salina del medio). En consecuencia, en las guías de calidad de agua de riego se combinan el RAS y la conductividad eléctrica (CE) para valorar el riesgo de reducción de permeabilidad.

2.2. Recursos hídricos no-conventionales

2.2.1. Aguas Desaladas (AD)

Son aguas cloruradas sódicas. Las aguas que se utilizan para el riego en Canarias presentan un nivel de salinidad que oscila generalmente entre 0,7 y 1 dS.m⁻¹. Las aguas desaladas se encuentran subsaturadas respecto al carbonato cálcico, por lo que son aguas corrosivas que presentan índices de Langelier negativos. Aunque los valores de RAS son elevados, tienen una baja alcalinidad, por lo que el riesgo de impermeabilidad es menor que en el caso de las aguas subterráneas. Los contenidos de Boro implican un riesgo de producir fitotoxicidad en los cultivos sensibles. El riego continuado con estas aguas puede provocar desequilibrios de nutrientes en los cultivos (Yermiyahu et al., 2007).

2.2.2. Aguas Regeneradas (AR)

La composición de estas aguas presenta generalmente la huella del agua de procedencia (convencional o desalada). Además, contienen un mayor contenido en sales, nutrientes (N, P, K, micronutrientes) y turbidez, en parte asociada a materia orgánica. Por otra parte, la salinidad del agua regenerada no se puede interpretar directamente de las tablas de pérdidas de rendimiento de los cultivos en función de la conductividad eléctrica del agua, ya que en dichas tablas se supone que la sal predominante es el cloruro sódico, mientras que en el agua regenerada la contribución de los nutrientes es significativa. Por ello, la interpretación, si se corrige el abonado (deduciendo los nutrientes aportados por el agua regenerada) puede ser menos limitante. Se destaca también que algunos nutrientes como P y, especialmente B, pueden presentarse en formas orgánicas. La variabilidad temporal de la calidad de las AR dificulta establecer recomendaciones de uso. El Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico para la reutilización de aguas depuradas presenta en su Anexo I los criterios de calidad para la utilización de aguas regeneradas según los usos de la misma, con la consideración de mínimos obligatorios exigibles. El incumplimiento de los criterios de calidad del RD2007 no es un hecho infrecuente, lo que pone de manifiesto que, además del interés

económico, desde un punto de vista ambiental es más deseable la reutilización agrícola de las AR que su vertido a los cauces o al mar.

2.3. Nuevos criterios para definir la calidad de las aguas de riego

La demanda creciente de producir más alimentos con menos agua implica la necesidad de una mayor eficacia del riego y el uso de aguas recicladas de más baja calidad. Como herramienta para evaluar la calidad del agua para el riego, se han desarrollado guías por un número de países y organizaciones internacionales como la FAO (Ayers y Westcott, 1976 y 1985, Westcot, 1997). Estas guías normalmente contienen valores umbral basados en determinados criterios, como el rendimiento óptimo de cosechas, calidad de las mismas, adecuación del suelo y mantenimiento de los equipos de riego. Otros tipos de guías están disponibles para otros sectores como el del agua de consumo humano (WHO, 2011) o el sector ambiental (USEPA, 2004). Con el aumento de la escasez de agua y la reconsideración de los recursos hídricos en el contexto del manejo integrado de los mismos, se hace necesaria la revisión de las diferentes guías sectoriales de calidad del agua (Jensen et al., 2001). Estos autores introducen los principios de riesgo y de sostenibilidad (Jensen et al., 2001). En la última década se han propuesto criterios de calidad del agua de riego para *metales y metaloides* considerando la duración del riego y la capacidad de retención de los suelos. En este sentido, se han definido concentraciones límite a largo (CLP) y corto plazo (CCP) (ANZECC y ARMCANZ, 2000; USEPA, 2004). La **CLP** es la concentración máxima admisible (expresada en mg/L) de contaminante en el AR que puede tolerarse asumiendo **100 años** de riego. La **CCP** es la concentración máxima (mg/L) tolerable a cortos periodos de riego (**20 años**), asumiendo la misma tasa de acumulación que para CLP. Estas concentraciones se han definido para minimizar la acumulación de contaminante en el periodo de riego, pero también para prevenir la toxicidad directa. Cuando CLP = CCP, prevalece el riesgo de toxicidad directa más que la acumulación (ej. litio en cítricos).

Los máximos recomendados para "*largo plazo*" se han establecido de forma conservadora para incluir suelos arenosos, con baja capacidad de secuestrar o eliminar contaminantes (USEPA, 2004). Estos máximos se encuentran por debajo de las concentraciones que producen toxicidad en las plantas más sensibles cuando crecen en disoluciones nutritivas o cultivos en arena a los que se ha añadido contaminante.

Los criterios para "*corto plazo*" se recomiendan para suelos neutros o alcalinos de textura fina, con alta capacidad para inactivar los diferentes elementos contaminantes.

Los valores de CCP y CLP son muy similares en las diferentes guías (ANZECC, 2000, USEPA, 2004). En la Tabla siguiente se recogen algunos valores para varios elementos.

Tabla 1. Límites recomendados para constituyentes inorgánicos en AR para riego (selección adaptada de USEPA, 2004)

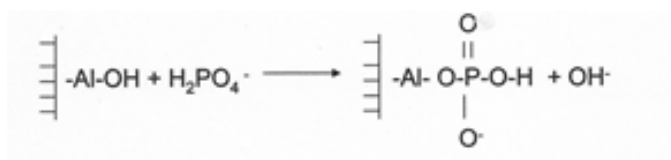
Constituyente	CLP (mg/L)	CCP (mg/L)	Observaciones
Boro	0.5	2.0	<i>Elemento esencial. Tóxico en plantas sensibles. Muchas herbáceas tolerantes de 2 a 10 mg/L</i>
Hierro	5.0	10.0	<i>No tóxico en suelos aireados. Disminuye asimilabilidad de fósforo y molibdeno</i>
Manganeso	0.2	10.0	<i>Tóxico para muchos cultivos en suelos ácidos</i>
Zinc	2.0	10.0	<i>Tóxico para muchas plantas, la toxicidad se reduce a pH<6 y suelos de textura fina</i>

3. IMPACTO DEL RIEGO. ESTUDIO DE CASOS

3.1. Consideraciones generales sobre las propiedades particulares de algunos tipos de suelos volcánicos y su respuesta frente a algunas propiedades del agua de riego. (para una breve introducción a estos tipos de suelos, ver Apéndice: Andosoles y suelos ácidos)

3.1.1. Adsorción específica de aniones inorgánicos y orgánicos

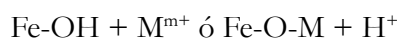
Tanto los aniones orgánicos como los aniones inorgánicos como el fluoruro y oxianiones pueden adsorberse en las superficies hidroxiladas por mecanismos de intercambio de ligando:



Esta reacción está favorecida por las elevadas energías de enlace entre algunos aniones (fosfato, borato, fluoruro, ácidos orgánicos) y el Al y Fe de los grupos funcionales superficiales de los silicatos de Al amorfos y oxi-hidróxidos de Fe y Al. La reversibilidad de esta reacción, que está relacionada con la biodisponibilidad del anión, depende del pH y la formación de enlaces bidentados. Como consecuencia de estas reacciones, los índices generales de asimilabilidad o de toxicidad de elementos o especies absorbibles por los cultivos no son aplicables en estos tipos de suelos. Por otra parte, el mayor contenido en carbono orgánico que presentan los suelos ácidos en relación con otros tipos de suelos en las mismas condiciones climáticas y de uso del suelo se ha atribuido en parte a la interacción de la materia orgánica con las superficies minerales mediante reacciones similares a la anterior.

3.1.2. Adsorción de cationes (Ca, microelementos metálicos)

Los cationes pueden ser adsorbidos selectivamente mediante reacciones del tipo:



Con lo que el catión metálico queda incorporado a la superficie. Como en el caso de los aniones, la reversibilidad de esta reacción depende del pH. Como en el caso de los aniones, los índices generales de nivel óptimo de asimilabilidad y toxicidad no son aplicables a estos tipos de suelos.

3.1.3. Propiedades físicas

Los elevados contenidos en silicatos de Al amorfos y de oxihidróxidos de Fe y Al presentes en los Andisoles y suelos ándicos, dan lugar generalmente una fuerte microagregación que va a determinar una elevada porosidad, baja densidad aparente y elevada estabilidad estructural. Una de las consecuencias es que en estos tipos de suelos la degradación de la estructura es relativamente insensible a la sodificación producida por el riego. Este fenómeno fue descrito por primera vez en Hawaii por El-Swaify (1975) que lo atribuyó al efecto estabilizante de los oxi-hidróxidos de Fe y Al frente a los procesos de hinchamiento y dispersión que presentan las arcillas sódicas.

3.2. Estudio de casos

3.2.1. El Boro en suelos bajo riego de las Islas Canarias

Las concentraciones de boro en las aguas de riego en las Islas Canarias se encuentran generalmente entre las concentraciones CCP y CLP, por lo que existe riesgo de acumulación de boro a corto y medio plazo. Las concentraciones de B en AD y AR con origen AD, se encuentran alrededor de 1 mg.L^{-1} respondiendo a la exigencia de las autoridades sanitarias. Para mantener este límite hay que utilizar con frecuencia membranas que rechazan el B a elevados valores de pH, lo que encarece el proceso de desalación. Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2011) ha propuesto ampliar el límite a $2,4 \text{ mg.L}^{-1}$. De aplicarse este nuevo umbral en las directrices españolas o europeas, empeoraría considerablemente desde el punto de vista agronómico la calidad de las AD y AR, que puedan destinarse al riego.

El boro se adsorbe específicamente en las superficies hidroxiladas, por lo que también presenta un comportamiento particular en suelos ándicos. Para facilitar la comprensión del comportamiento del boro en distintos suelos, recordemos los dos parámetros más importantes del boro y sus niveles críticos de toxicidad:

- B soluble en agua caliente (HWSB) $>5 \text{ mg B kg}^{-1}$ de suelo (Reisenauer et al., 1973). Este parámetro representa la cantidad de B adsorbido fácilmente disponible por la planta.

- Concentración de B en la disolución del suelo (pasta saturada) >1 a 2 mg B L^{-1}

La capacidad amortiguadora del suelo para mantener una concentración determinada de B en la disolución puede estimarse al comparar estos dos parámetros, como se representa en el gráfico siguiente (Figura 1). Destaca la elevada capacidad amortiguadora de los suelos ácidos; por ejemplo, los valores de HWSB pueden duplicar los valores considerados tóxicos con concentraciones correspondientes de B de disolución inferiores a 1 mg L^{-1} . Como era de esperar, esta capacidad amortiguadora se refleja en los niveles de B que alcanzan los cultivos. Así, en la Tabla 2 se comparan las concentraciones de B en suelo (agua caliente) con las correspondientes en hoja en cultivo de platanera, en suelos ácidos de sorriba del Sur de Tenerife y suelos de Guía (Gran Canaria): en estos últimos se alcanzan concentraciones de B foliar próximos a niveles tóxicos con valores de HWSB alrededor de la mitad que los mostrados en los suelos ácidos.

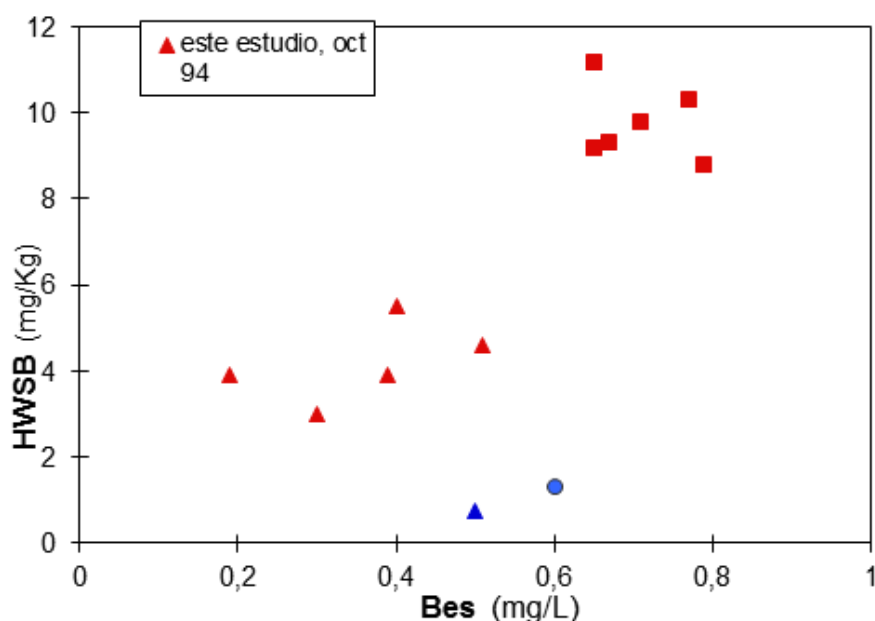


Figura 1. Boro soluble en agua caliente (HWSB) y en la pasta saturada (Bes) en un suelo ácido de Tenerife (en rojo: cuadrados muestreo 1999, triángulos 1994) comparado con suelos “normales” (en azul). (Con datos de Hernández Moreno (1994-2005))

Queda pues de manifiesto que las diferentes guías para metales y metaloides no van a ser aplicables en suelos ácidos y serán necesarias evaluaciones específicas del sitio donde se va a implementar el regadío así como ensayos de laboratorio (columnas, batch) donde se estudie la adsorción y transporte de estos constituyentes, teniendo en cuenta las posibles especies.

Tabla 2. Comparación de la concentración de boro foliar en platanera para suelos de distinta capacidad de amortiguación de boro (datos recopilados por los autores en plataneras del Valle de San Lorenzo (Tenerife) y Guía (Gran Canaria))

Tenerife y Gran Canaria	B agua caliente	B foliar
	mg/kg de suelo	mg/kg de Materia Seca
Suelos ándicos	6-12	30-60
Suelos no ándicos	4-6	80-240

3.2.2. Sensibilidad a la sodificación en distintos tipos de suelos

Como se ha indicado anteriormente, la respuesta de la permeabilidad del suelo a la calidad del agua de riego depende fundamentalmente de la combinación de RAS y CE. En Canarias, la experiencia en este sentido es amplia debido a la frecuencia con la que se presentan valores desfavorables de RAS y alcalinidad, comentados anteriormente. La calidad de los nuevos recursos hídricos puede agravar la situación, ya que los niveles salinos relativamente bajos de las aguas de riego desaladas o regeneradas de origen desaladas, han provocado problemas de permeabilidad, como han descrito Palacios *et al.* (2000) en suelos arcillosos del norte de Gran Canaria. En platanera, se comprobó un descenso significativo de la permeabilidad tras regar dos años con agua depurada y posteriormente desalinizada al compararlo con las parcelas regadas con agua depurada sin desalinizar (Palacios *et al.*, 2000). En un campo de golf se ha comprobado la entrada en zona de riesgo de provocar impermeabilización cuando se procedió a la desalación del agua depurada (Estévez *et al.*, 2010). Por otra parte, los tipos de cultivo y manejo del riego pueden paliar los efectos negativos de la calidad del agua. Así, en cultivos forrajeros se ha comprobado una mejora en la estructura del suelo regado con agua regenerada al instalar un riego de alta frecuencia (Mendoza *et al.*, 2005 y Palacios *et al.*, 2008 y 2009). Estas experiencias muestran los beneficios de disponer de diferentes calidades de agua para poder combinar estrategias dirigidas a optimizar los recursos hídricos.

Los efectos del riego en la sodificación/alcalinización en suelos ándicos de las Islas Canarias han sido poco estudiados, probablemente debido a que generalmente no se aplican los métodos adecuados de caracterización de los suelos (ándicos y ricos en óxidos de Fe y Al). Los resultados que en este sentido se han obtenido en las experiencias de riego BALTEN (Balsas de Tenerife) en el sur de Tenerife y en fincas del ICIA con suelos de sorriba, confirman la estabilidad estructural de los suelos ándicos frente a la sodificación (Hernández Moreno, 1994-2005; Armas Espinel *et al.*, 2003, Armas Espinel, 2012). La estabilidad estructural fue estimada mediante las siguientes propiedades: conductividad hidráulica, dispersión de arcillas, hinchamiento-retracción y movilidad electroforética. Armas Espinel *et al.*, 2003, sugieren unos contenidos mínimos de alófana y de óxidos de Fe y Al para impedir el efecto dispersante del sodio.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ANZECC y ARMCANZ, (2000). Australian guidelines for water quality monitoring and reporting. National Water Quality Management Strategy Paper No 7, Australian and New Zealand. Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra.
- Armas-Espinel, S.; Hernández-Moreno, J.M.; Muñoz-Carpena, R. y Regalado, C. (2003). Physical properties of “sorriba”-cultivated volcanic soils from Tenerife in relation to andic diagnostic parameters. *Geoderma* 117:297–311.
- Armas Espinel, S. (2012). Contribución al estudio de las propiedades físicas de suelos ándicos de las islas canarias. Disertación de tesis de doctorado, Dept.de Edafología y Geología, Univ. de La Laguna.
- Ayers, R.S. y Westcott, D.W. (1976). Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper 29, Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome
- Ayers R.S. y Westcot D.W., (1985). Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, 1st revision, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Custodio, E. (1978). Geohidrología de terrenos e islas volcánicas. Centro de Estudios Hidrográficos–CEDEX, Publ. 128. Madrid: 1–303.
- Custodio, E. y Cabrera, M.C. (2002): ¿Cómo convivir con la escasez de agua? El caso de las Islas Canarias. *Boletín Geológico y Minero*, 113 (3): 243-258.
- El-Swaify, S.A. (1975). Changes in the physical properties of soil clays due to precipitated aluminium and iron hydroxides: I. Swelling and aggregate stability after drying. *Soil Science Society of America Proceedings*, 39: 1056-1063
- Estévez, E.; Cabrera, M.C.; Fernández, J.R.; Hernández-Moreno, J.M.; Mendoza Grimón, V. y Palacios, M.P.(2010). 25 Años regando un campo de golf con aguas depuradas en Gran Canaria. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol 8(S2):95-101
- Hernández Moreno, J.M. 1994- 2005. Proyecto de colaboración del Departamento de Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna con “Balsas de Tenerife” (BALTEN) para el estudio de “La evolución de los suelos y plantas bajo riego con aguas depuradas de Santa Cruz de Tenerife en el Valle de San Lorenzo”. Informes, Números 1 al 14.
- Jensen, K.; Matsuno, Y.; van der Hoek, W. y Cairncross, S. (2001). Limitations of irrigation water quality guidelines from a multiple use perspective. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 117–128, 2001.
- Mendoza-Grimón, V. (2005). Reutilización de aguas depuradas para el riego localizado de especies forrajeras: el ciclo del fósforo en el medio ambiente rural. Disertación de tesis de doctorado. Dept. de Patología y Producción Animal, Univ de Las Palmas de GC.
- Palacios, M.P.; Haman, D.; Del-Nero, E.; Pardo, A.; Pavón, N. (2000). Banana production irrigated with treated effluent in Canary Islands. *Transaction of the ASAE*. Vol 43(2): 309-314
- Palacios M.P.; Mendoza-Grimón V.; Fernández, F.; Fernandez-Vera, J.R y Hernandez-Moreno, J.M. . (2008). Sustainable Reclaimed Water Management by Subsurface Drip Irrigation System: a study case for forage production. *Water Practice & Technology*, vol 3 issue 2
- Palacios-Díaz, M.P., Mendoza V., Fernández-Vera, J.R.; Tejedor-Junco, M.T. y Hernández-Moreno, J.M.. (2009). Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. *Agricultural Water Management* 96: 1659-1666.
- Plan Hidrológico Insular Tenerife. (1989). Calificación hidroquímica de las aguas de Tenerife. Tomo II. Gobierno de Canarias y Cabildo Insular de Tenerife.

- Reisenauer, H.M. y Walsh, L.M. (1973). Testing soils for sulphur, boron, molybdenum, and chlorine. In: L.M. Walsh, J.D. Beaton, eds. *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, WI: Soil Science Society of America, (1973), pp. 173–200.
- USEPA (2004). “Guidelines for wastewater reuse”. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/625/R-04/108. Washington, DC.
- Westcot, D.W. (1997). Quality control of wastewater for irrigated crop production. Water reports-10. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- WHO (2011). World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. ISBN 978 92 4 154815 1
- Yermiyahu, U.; Tal, A.; Ben-Gal, A.; Bar-Tal, A.; Tarchitzky, J. y Lahav, O.(2007). Rethinking Desalinated Water Quality and Agriculture. *Science* 318: 920-921.

APENDICE: Andosoles y suelos ándicos

Los suelos de origen volcánico presentan frecuentemente unas características químicas físicas muy particulares de gran incidencia en su capacidad de retención de compuestos orgánicos e inorgánicos así como en su comportamiento hidrológico (retención de humedad, transporte, etc.). Estas propiedades se deben a la presencia de materiales amorfos (alofana, imogolita, oxi-hidróxidos de Al y Fe (ferrihidrita), en general fuertemente asociados a la materia orgánica. Los suelos con estos constituyentes se denominan suelos ándicos y Andosoles cuando los constituyentes son predominantes en la fracción coloidal. Estos suelos son frecuentes en las Canarias occidentales, especialmente zonas altas y medias de las Islas donde debe destacarse también la presencia frecuente, especialmente en suelos derivados de materiales basálticos, de Haloisita (mineral de arcilla 1:1) y oxi-hidróxidos cristalinos de hierro y aluminio. Estos últimos también inducen una alta agregación y estabilidad estructural. Todo ello explica por qué generalmente no sean aplicables las funciones clásicas de edafotransferencia a algunos tipos de suelos de las Islas, por ejemplo, la relación entre textura y conductividad hidráulica saturada. Así, suelos arcillosos se comportan en el terreno como suelos de textura más ligera en lo que respecta al transporte de agua. La fuerte agregación explica por qué los métodos convencionales de dispersión para el análisis granulométrico no sean válidos en estos tipos de suelos.