

# POBLACIÓN, AGUA, SUELO Y FERTILIZANTES: EL FERTI-RIEGO<sup>©</sup>

Miguel Guzmán

Dpto. Producción Vegetal Universidad de Almería.

[mguzman@ual.es](mailto:mguzman@ual.es)

## 1 Introducción

Existen serias razones para estar preocupados por la salud del medio ambiente en nuestro planeta. El extraordinario crecimiento de la población mundial durante los últimos siglos (que prevé 8000 millones de personas para el 2020), junto al aumento en el consumo per cápita, está ejerciendo una gran presión sobre los recursos y el medio ambiente. Se estima que para satisfacer las necesidades de esta creciente población, será necesario incrementar la producción agrícola mundial en un 55%. Aunque la mayoría de los estudios que se realizan tienen un marcado carácter localista, existen evidencias de que la acción del hombre está cambiando la totalidad del medio ambiente. (1).

Cualquier forma de agricultura modifica el medio ambiente, al igual que cualquier otra actividad humana, y por extensión a la actividad de cualquier ser vivo. Por tanto, el reto está en encontrar el equilibrio entre los costes y los beneficios que esta actividad puede reportar a la sociedad y sus efectos sobre la naturaleza.

La agricultura actual se está polarizando hacia condiciones de cultivo cada vez más controladas que permitan por un lado incrementar los rendimientos y por otro, producir la menor contaminación posible en el medio ambiente. Esta doble concepción requiere, por un lado la utilización racional de los recursos naturales como: agua, residuos de cosecha, fijación biológica, etc. Y por otro la de los fertilizantes químicos. En el contexto económico actual, el objetivo de las explotaciones agrícolas es la obtención del máximo rendimiento, incluyendo la búsqueda de sistemas de cultivo más racionales y eficaces que los tradicionales.

## 2 El agua y los suelos

El trascendental papel que juega el agua dentro de las relaciones suelo-planta-atmósfera, hace que el riego sea la práctica cultural más determinante para aumentar la productividad de los cultivos.

Aunque las tres cuartas partes de la superficie de nuestro planeta están cubiertas por agua, considerando su volumen, menos del 0,3% del agua total de la tierra es utilizable (2). En efecto, no se trata de un error tipográfico, según las estimaciones de Meltze. (2004), solo el 0,24% del volumen de agua existente en el planeta está disponible para su utilización como recurso. Solo un tercio de esta agua, puede considerarse como disponible (en fuentes superficiales o subterráneas). Permaneciendo el resto retenida en los glaciares o en movimiento dentro del ciclo global del agua.

---

© CYTED 2004; FERTI-RIEGO: TECNOLOGÍAS Y PROGRAMACIÓN EN AGROPLASTICULTURA (1-5)  
Guzmán, M. & López Gálvez, J. (Ed). ISBN 84-96023-27-3; DL: Al-290-2004; <http://www.cytmed.org>

Estas cifras son mucho más elocuentes si tenemos en cuenta que el 70% del agua útil del planeta se destina a usos agrícolas.

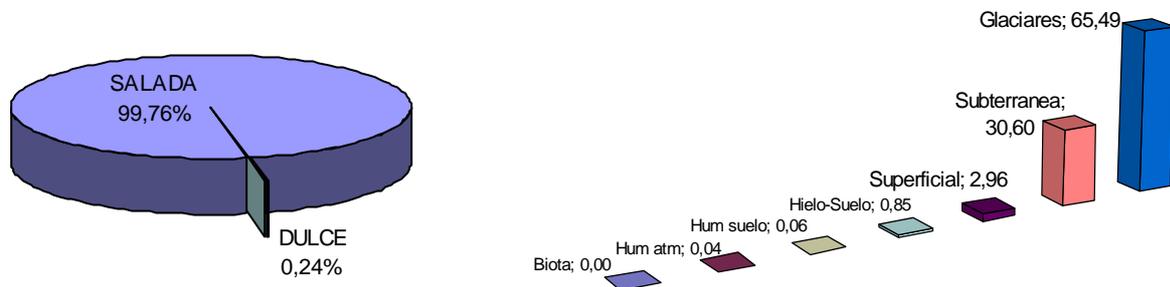


Fig. 1.- proporción de agua útil, respecto a la salada e inmobilizada en el planeta

Se estima que solo el 17% de las tierras de uso agrícola (unos 260 Mha) son tierras irrigadas, pero producen más del 40% de los alimentos y fibras globales. Más aún, solo una décima parte de estas tierras de regadío (el 0,18% del total de tierra agrícola) cuentan con sistemas de irrigación tecnificados, en los que la eficiencia de uso hídrica es mucho mayor que en los sistemas de riego convencionales. Como ejemplo, consideremos que un cultivo de tomate al aire libre con irrigación superficial en el valle del Ebro (Fig. 2), produce 20 veces menos unidades productivas por m<sup>3</sup> de agua aplicada, que el mismo tomate en un invernadero climatizado (con aporte de CO<sub>2</sub>), sobre sustratos, con recirculación en Holanda.

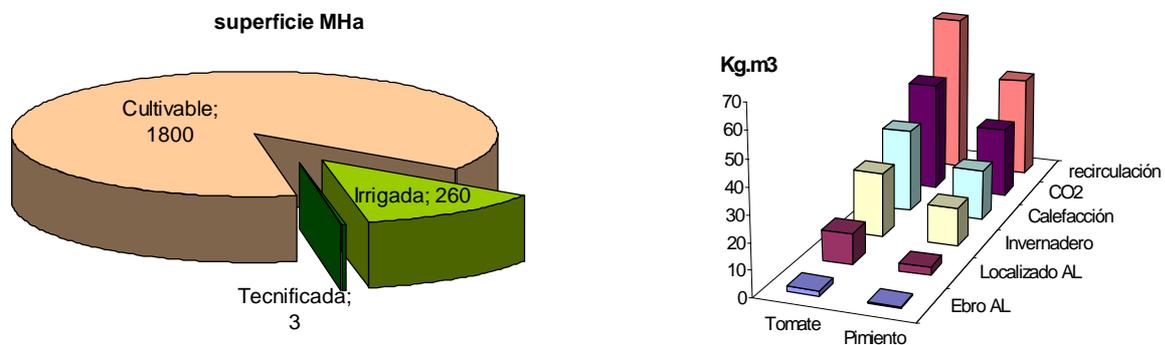


Fig. 2.- Proporción de tierras cultivables y eficiencia hídrica en diferentes sistemas de cultivo

En los sistemas tradicionales de riego se realizan aplicaciones masivas de agua con el objeto de tener una gran reserva hídrica en el suelo que los cultivos puedan extraer con el tiempo. De esta manera, los riegos se programan de acuerdo con el cálculo de agotamiento del agua almacenada, y se aplican, hasta alcanzar los niveles de saturación hídrica del suelo. Esto origina unos enormes altibajos en la dinámica de absorción hídrica por parte del cultivo, en los que el sistema radicular pasa desde situaciones de asfixia a otras de sequedad. Si, además, tenemos en cuenta el despilfarro ecológico que significa este criterio de aplicación del agua, debemos intentar utilizar métodos más racionales de aplicación del agua de riego, que consideren la dinámica del agua en suelos no saturados.

En las nuevas técnicas de riego bajo presión, el agua es aplicada para satisfacer la demanda hídrica diaria del cultivo, no con el objeto de crear un almacén de agua en el suelo, sino para satisfacer las

necesidades actuales del cultivo. Una adecuada dosis y frecuencia de ferti-riego elimina las situaciones extremas antes mencionadas y permite que la planta encuentre, no sólo el agua, sino también el oxígeno y los nutrientes precisos con el mínimo costo energético. Este ahorro energético en la absorción de agua y nutrientes, puede revertir (cuando se controla el resto de los factores de producción) en una mejora del rendimiento del cultivo. Simultáneamente, la localización del riego junto a criterios de aplicación basados en niveles agua inferiores al de saturación (suelo sub-saturado), posibilita el ahorro de recursos hídricos al reducir tanto la superficie mojada, como las pérdidas de agua por evaporación, infiltración o escorrentía. Este ahorro repercute en incrementos notables de la eficiencia hídrica obtenida en los sistemas de cultivo más tecnificados (3).

Riego localizado es la aplicación del riego (normalmente bajo presión y con elevada frecuencia) en zonas concretas en torno a las plantas, humedeciendo solamente una parte del volumen del suelo, donde se ve fomentado el desarrollo radicular (bulbo húmedo). Los sistemas de riego localizado son fundamentalmente micro aspersion, micro tubo, cintas perforadas, mangueras de doble cámara, exudación y goteo. Este último es el más extendido y popular y va siempre unido al concepto de ferti-riego, por lo que se usa un término u otro indistintamente para referirnos a una misma técnica de cultivo.

Aproximadamente un tercio de la corteza terrestre está ocupado por regiones áridas y semiáridas. Han sido áreas tradicionalmente poco pobladas, en gran medida debido a la escasez de agua. Incluso cuando la falta de precipitaciones está compensada por la existencia de ríos caudalosos generados en áreas lejanas, de clima más húmedo, estas regiones son vulnerables a los problemas derivados de la salinización de suelos y agua, debido a sus elevadas tasas de evapotranspiración. Como ejemplos pueden servir los casos del delta del río Nilo, con las grandes transformaciones agrícolas ligadas a la presa de Assuan; a los embalses de aguas abajo del mismo río; y en el mar Aral; Estos sistemas han sufrido una de las mayores catástrofes ecológicas del siglo XX como consecuencia de una mala planificación del uso del agua de los ríos que alimentan a dicho mar interior. En la mayoría de estos sistemas hidrológicos, hay evidencias de intrusión marina en algunos sectores (4).

Por otra parte, el desarrollo sostenible de cualquier región, pasa por mantener el equilibrio entre demandas y usos del agua, lo cual es extremadamente difícil cuando se presentan ciclos especialmente secos, dentro de la escasez. La solución a los problemas asociados a la escasez de agua permite aceptar enfoques diferentes en función de la constitución del subsuelo. Por ejemplo, la existencia de una gran formación acuífera con elevados volúmenes de reservas puede permitir un desarrollo económico durante un cierto período, aún a sabiendas de que la explotación que se hace es esencialmente de tipo minero. En la reciente reunión celebrada en Kuwait (Conference on Water Resources Management in Arid Regions, marzo de 2002) donde la dotación media de la población es 600 l/día por habitante, uno de los problemas de la ciudad deriva de la subida generalizada del nivel freático, con los consiguientes problemas geotécnicos (5). Ante este problema, actualmente se contempla la posibilidad de realizar una recarga artificial de los acuíferos, con agua procedente de desalación de agua de mar (6). A pesar de estos problemas y sus costosas soluciones, en el desierto arábigo son visibles desde el avión *pivots* regando por aspersion. Esto puede parecer algo poco recomendable, como modelo a imitar, pero es una realidad.

### 3 Los fertilizantes

El uso de los fertilizantes en su sentido amplio ha sido un factor clave para conseguir un aumento sustancial en las producciones agrícolas. Este incremento no se ha obtenido exclusivamente por el uso de los fertilizantes, sino en conjunción con otros elementos de los sistemas de producción, como la tecnología de semillas, la selección y obtención de genotipos con mayor capacidad

---

productiva, la utilización de pesticidas, los avances en las tecnologías de riego, la modificación de las técnicas de cultivo, etc.

Actualmente se está entrando en una dinámica de propuestas y alternativas tendentes a reducir el uso de los fertilizantes químicos alegando el efecto contaminante que producen. Sin querer entrar en una discusión “ecoista” sobre los efectos contaminantes de la actividad humana sobre el planeta, puede ser más conveniente y constructivo pensar que el efecto contaminante de los fertilizantes sobre el sistema de producción puede ser mínimo, o no llegar a producirse: Si los nutrientes químicos se utilizan de una forma racional, acomodando los aporte a las demandas de las plantas y a las propiedades de los diferentes medios sobre las que estas pueden crecer, podremos mantener las elevadas producciones alcanzadas sin degradar el medioambiente.

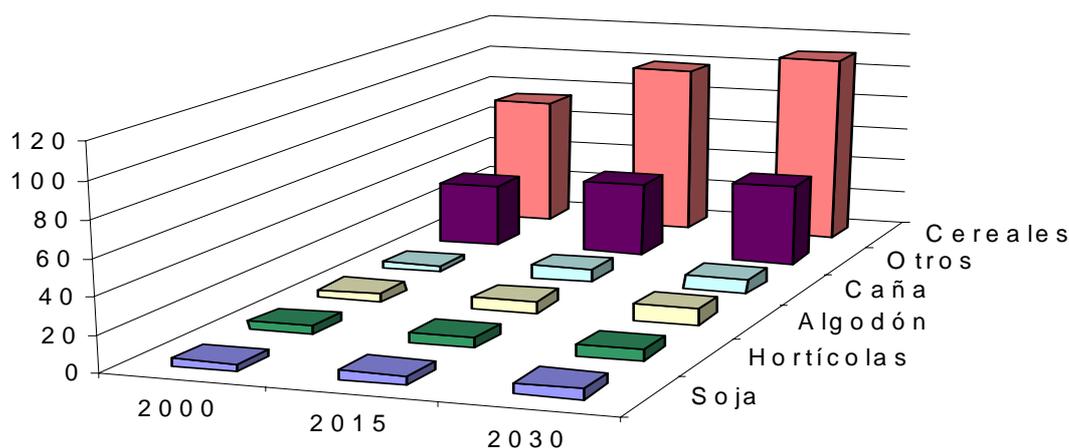


Fig. 3.- previsiones de demanda de fertilizantes por cultivos para 2015 y 2030 según la FAO (7)

Aunque la agricultura moderna es considerada por muchos como uno de las principales contribuyentes a las enfermedades medioambientales actuales, tratándola como una de las principales fuentes de contaminación (eutrofización de las aguas dulces y marinas, incremento de las concentraciones de nitratos en aguas subterráneas y superficiales, residuos de pesticidas en suelo, aguas y alimentos). En lo referente a los fertilizantes, y según los expertos de la FAO (7), no es cierto que los sistemas basados en bajos insumos externos sean necesariamente menos contaminantes que los basados en altos insumos. Por ejemplo, unas aplicaciones mal sincronizadas de estiércol pueden constituir una fuente más grave de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales que cantidades apropiadas de fertilizantes minerales en un suelo o en un sustrato de cultivo. Máxime cuando en este último caso, la contaminación producida por los fertilizantes minerales puede localizarse, y en última instancia reutilizarse, en el mismo cultivo, o sobre otro adyacente). Por lo tanto, las necesidades no son simplemente tecnológicas sino que comprenden también la capacitación del agricultor y la inclusión de elementos reguladores de los aportes de fertilizantes que contribuyan a incrementar su eficiencia de uso (8).

De acuerdo con Cadahía (9) podemos decir que:

- ✓ La fertilización mineral es necesaria para mantener la productividad vegetal y una agricultura viable.
- ✓ La producción global de alimentos debe aumentar para alimentar a la creciente población mundial. Para ello, resultan indispensables tanto la utilización racional de los fertilizantes y del agua, como la adopción de medidas que protejan la producción.
- ✓ El uso intensivo de las tierras cultivables existentes es un requisito indispensable y previo, si se pretende mantener en su estado original grandes áreas de la tierra con potencialidad productiva.

- ✓ Los efectos indeseables de la agricultura actual sobre el medio ambiente (i.e. Contaminación por nitratos, erosión y desertización de suelo, eutrofización, etc.) pueden minimizarse (nunca eliminarse) realizando unas “buenas practicas agrícolas”. Un tema clave en este aspecto es el adecuado tratamiento y reconversión de la materia orgánica no cosechable.
- ✓ La utilización eficiente de los fertilizantes constituye una parte importante de estas “buenas prácticas agrícolas”; Un aporte fuera de tiempo, desequilibrado o en exceso, supone, no solo un derroche, sino que puede ocasionar serios problemas de contaminación ambiental.

Las “buenas prácticas agrícolas” constituyen un concepto dinámico, en constante desarrollo, en el que la ciencia actúa como guía y proporciona la base para un mejor conocimiento de las relaciones complejas que se producen en el sistema de cultivo. En este desarrollo, cada vez tienen mas peso el control y manejo de los factores medioambientales.

## 4 El ferti-riego

Ferti-riego significa literalmente la aplicación conjunta, simultánea y continua del agua de riego y los fertilizantes. El ferti-riego ha experimentado un desarrollo exponencial paralelo al de los sistemas de riego localizado.

Hoy día, el ferti-riego se ha convertido en una auténtica tecnología, cuyo objetivo es mantener la disponibilidad de agua y elementos nutritivos en la zona radicular a niveles óptimos, para obtener un rendimiento lo más próximo posible a la productividad potencial del cultivo. Los distintos sistemas de ferti-riego han evolucionado con el tiempo para intentar conseguir esos niveles óptimos de humedad y nutrientes en la zona radicular del cultivo.

Son de sobra conocidas las ventajas que supone la ferti-riego localizada, ahorros de agua, fertilizantes, mano de obra, labores culturales, a la vez que se incrementa el rendimiento de los cultivos (mayor producción, calidad y precocidad de las cosechas). Un adecuado manejo de estos sistemas incide en una plena disponibilidad, para que las raíces puedan obtener el agua y los nutrientes esenciales para un crecimiento óptimo y armónico de acuerdo con el momento fenológico en que se encuentren.

Con las premisas anteriores la evolución tecnológica asociada al concepto de ferti-riego va encaminada al diseño y fabricación de sistemas, materiales, automatismos, sensores y otros elementos, que permiten sacarle el máximo rendimiento y que aseguren la fiabilidad y eficacia del sistema. Es indudable que para realizar una fertilización racional es imprescindible ajustarla a las necesidades de los cultivos.

- ✓ Por el método tradicional es necesario seleccionar adecuadamente los fertilizantes, dosificarles según las extracciones reales del cultivo, conociendo los rendimientos del ciclo anterior y los contenidos de nutrientes en la cosecha, así como elegir bien la época de aplicación.
- ✓ La posibilidad de fraccionar la fertilización en todos y cada uno de los días del ciclo de cultivo y adaptar las dosis diarias a las condiciones ambientales, estadios fenológicos y previsiones de cosecha, nos permiten no solo acercarnos a un sincronismo entre las aplicaciones y las extracciones, sino intentar mantener o mejorar las propiedades originales del suelo (físicas, químicas y biológicas)
- ✓ Lamentablemente la normalización de las aplicaciones de fertilizantes por dicho sistema está mucho más retrasada que la de las necesidades de riego. Paradójicamente, en muchos lugares, se están aplicando los fertilizantes basándose en ideas y métodos tradicionales, utilizando los sistemas de riego mas avanzados.

En definitiva, los sistemas de ferti-riego constituyen la solución óptima para completar una fertilización racional, aprovechando al máximo los recursos naturales. Esta concepción del ferti-riego nos permite englobarlo dentro de lo que ha venido en denominarse agricultura sostenible.

La implantación de las modernas técnicas de ferti-riego ha ido paralela al desarrollo científico y tecnológico orientado a resolver problemas concretos de la nutrición hídrica y mineral de los cultivos. Este desarrollo ha sido especialmente importante en zonas de condiciones micro-climáticas privilegiadas, donde la escasez, la mala calidad o el elevado precio de recursos hídricos, se asocia con suelos poco recomendables para el cultivo.

En la actualidad, una vez superada esta problemática inicial mediante correctos diseños agronómicos de las instalaciones, el objetivo principal de las técnicas de ferti-riego debe ser obtención de los máximos rendimientos y eficacia de los sistemas de cultivo. Para conseguir este objetivo es necesario mantener, de forma constante a lo largo del tiempo, el sistema radicular de las plantas en condiciones óptimas de nutrición hídrica, mineral y aireación, utilizando diferentes tipos de estrategias (10).

Todo esto sucede, a poco mas de un siglo del nacimiento de la "ley del mínimo" de Liebig; que trataba de identificar en el suelo aquellos elementos cuya penuria limitaba el desarrollo de las plantas, y sugería a los agricultores la conveniencia de reponer con largueza las extracciones de las cosechas. Ahora la mayor sensibilidad al deterioro de suelos y aguas está empujando a mejorar la eficiencia de los sistemas de cultivo. En la situación actual, la finalidad debe ser definir "máximos", recomendables de riego y abonado, capaces de compatibilizar rendimientos elevados con una contaminación reducida. La directiva sobre nitratos de la Unión Europea es un buen ejemplo de lo arriba comentado.

## 5 Bibliografía.

1. Gruhn, P.; Golletti, F. and Yudelman, M. 1995. Fertilizer, Plant Nutrient Management, and Sustainable Agriculture: Usage, Problem and Challenges
2. Meltzer, E. 2004. The Challenges Facing the Irrigation Industry. New AG Int. June 2004 28-30.
3. Stangelini, C. 2004 The Future of Greenhouses and the Greenhouse of the Future, New AG internat. J04 34-38
4. Sherif, M., Mohamed, A.M.O., Ghosh Bobba, A. y Singh, V.P. (2002). Seawater intrusion in the Nile Delta aquifer under different pumping scenarios. In "*Environmental and groundwater pollution*", Sherif, Singh y Al-Rashed, eds.pp:335-349. Balkema
5. Al-Rashed, M.F. y Sherif, M. (2002). Dewatering practices in Kuway City: assessment and modelling. In "*Groundwater Hydrology*", Sherif, Singh and Al-Rashed eds. Pp: 289-297. Balkema
6. Mukhopadhyay, A. (2002) Prospect of artificial groundwater recharge in Kuwait. In "*Grounwater Hydrology*", Sherif, Singh and Al-Rashed eds. Pp: 77-87. Balkema
7. Alexandratos, N. 1995. (ed) World Agricultura: Toward 2010, an FAO Study J. Willey and Son, Chichester GB and FAO, Roma.
8. Daberkow, S.; Poulisse, J. and Vroomen, H. 2000. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030 FAO, Roma
9. Cadahia, C. 1998 (ed) Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales. Ed Mundi-Prensa. Madrid.
10. Guzmán M. y Sánchez, A. 2003. Estrategias de ferti-riego del tomate con aguas de mala calidad. V Congreso Iberoamericano de Agroplasticultura. San José Costa Rica