

# FERTI-RIEGO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN<sup>©</sup>

Miguel Guzmán

Dpto. Producción Vegetal Universidad de Almería

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

## 1 El enfoque de sistemas aplicado a la producción agrícola

El **enfoque de sistemas** aplicado a la producción vegetal, es un ordenamiento mental de la realidad, que integra el conocimiento: investigadores, extensionistas, productores y políticos, entre otros, para obtener una visión holística. Este enfoque debe pretender potenciar la investigación, dirigida al desarrollo de una región, facilitando la participación interinstitucional, la integración de disciplinas y la vinculación permanente del productor como eje central de un sistema de producción.

Se entiende por un **sistema de producción** al conjunto de actividades organizadas y realizadas por un grupo humano de productores, de acuerdo con sus objetivos, culturales, utilizando recursos y prácticas tecnológicas, en repuesta al medio físico, para obtener las máximas producciones que este permita. Los sistemas de producción son muy variables y flexibles y están relacionados con los elementos que lo componen y las interacciones que existen entre ellos.

Un sistema productivo esta conformado por componentes, que se relacionan entre sí y con los componentes del ambiente que los contienen, los cuales a partir de su comportamiento pueden afectar el sistema (1).

### 1.1 Conceptos y componentes del sistema de producción.

Se entiende por componente de un sistema a cada uno de los elementos de este y sobre el cual se pueden aplicar diferentes actividades y procedimientos, con la finalidad de cumplir con un objetivo que debe ser tanto productivo, como de conservación de recursos. Los componentes son de tipo físico, biótico, económico y sociocultural.

Dentro del **componente ecológico**, desde el punto de vista de la producción vegetal, (el hábitat), es el resultado del efecto combinado del **medio físico** y de los **factores bióticos**. Cada uno de estos subsistemas está constituido por numerosos elementos que pueden afectar a las plantas en diferente medida e intensidad.

Hay que considerar, por un lado el **medio físico** que afecta al **ambiente radical y aéreo**, en el que se contemplan variables de oferta climática como son:

La altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la evapotranspiración, la humedad relativa.

Los aspectos geomorfológicos que representan la unidad espacial denominada paisaje y el relieve: el aspecto geológico (material original).

Los suelos con sus principales características edáficas (profundidad efectiva, drenaje, erosión, fertilidad, salinidad o acidez, etc.

Estos factores integran lo que denominamos comúnmente la oferta climática de una zona determinada.

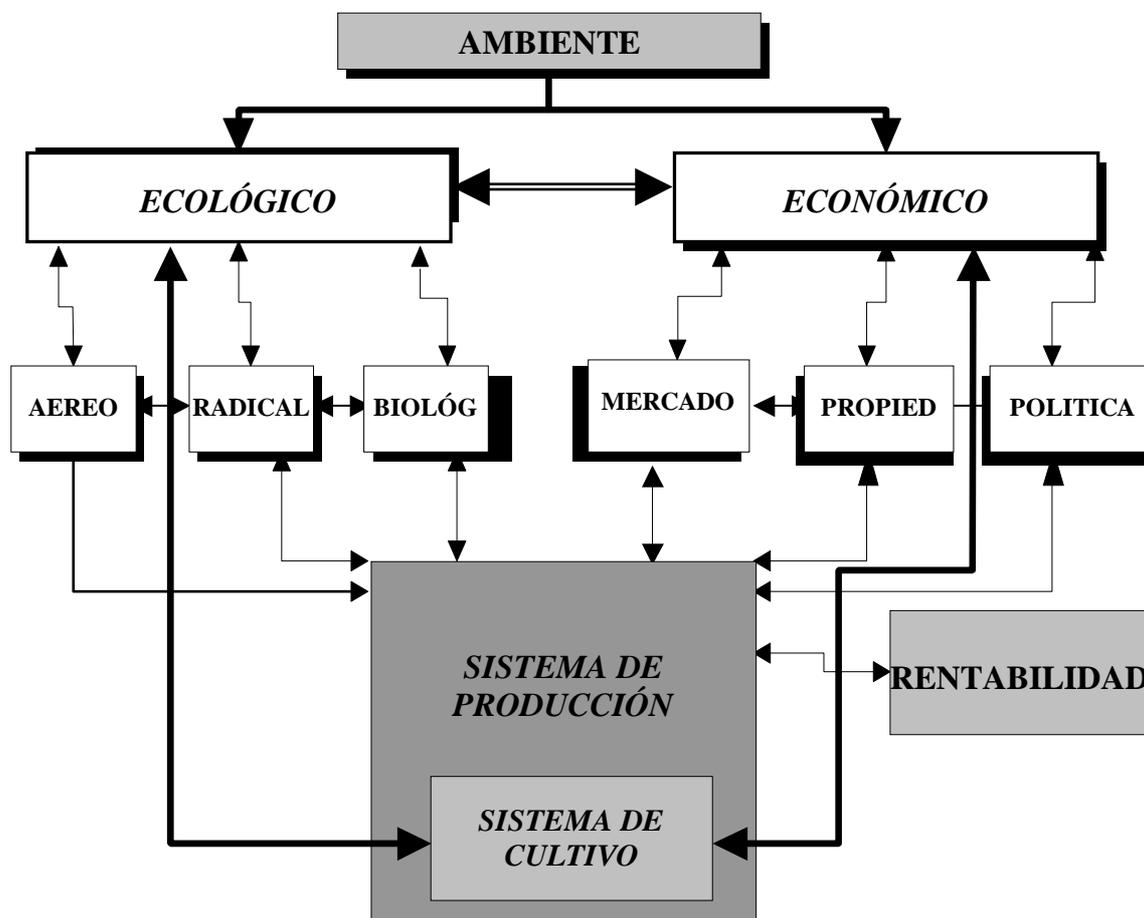


Fig 1.- Estructura del sistema Planta -Ambiente, desde el punto de vista de la Producción Vegetal

Por otro lado debemos considerar el **medio biótico**, sobre el que han escrito muchos autores (Ver (1)), todos hacen referencia a las especies agrícolas, pecuarias y con especial énfasis en el hombre como ordenador de las actividades del sistema. También se hace referencia a los microorganismos (que pueden modificar la disponibilidad de nutrientes, la incidencia de enfermedades, o la existencia de asociaciones simbiotes), a las especies de plantas adventicias al cultivo, la presencia de plagas y organismos beneficiosos. Estos, y otros factores, bióticos contribuyen a modificar las condiciones de crecimiento del cultivo en su hábitat.

El **componente económico** hace relación a la existencia y asignación de los recursos productivos como la tierra, mano de obra, infraestructura, los recursos de capital y la administración de los mismos. El ambiente económico incluye influencias del **mercado** tales como su capacidad de absorción y precios, factores como costo de inversiones, precios de los factores de producción, aspectos cualitativos y cuantitativos de la calidad, así como la temporalidad.

Las actuaciones **políticas** pueden controlar la competencia por restricciones o debido a los costos de transporte, pueden soportar la producción mediante subsidios económicos, o imponer restricciones concernientes a la utilización de fertilizantes, herbicidas, desinfectantes o pesticidas.

En el **componente sociocultural**, se reconoce al productor, como el elemento central en el proceso de toma de decisiones, que afectan los procesos productivos agropecuarios, a su familia y al entorno en que se desarrolla. Conforman lo que se ha venido llamando fenómeno social de la producción (Espinosa, 1986; Nolte y Ruiz, 1989).

**El factor humano** implicado en este sistema es el productor. Depende y actúa en los ambientes ecológico, económico y político. Toma decisiones sobre las especies y cultivares a cultivar y sobre las rotaciones, que están basadas en su experiencia y en la información concerniente al cultivo, el hábitat, y el mercado; sobre sus propias preferencias, y al menos a corto plazo, sobre su propio sistema de producción. A medio o a largo plazo, el primer objetivo que persigue es la rentabilidad de su sistema.

Con base en los conceptos anteriores, podremos definir ahora un **sistema de producción agropecuario** como una unidad productiva. Conformada por un componente biótico, definido a partir de una cobertura vegetal y animal (uso agropecuario), que interactúa con el componente físico (suelos, agua y oferta climática), regulado en su funcionamiento por las condiciones económicas o socioculturales del productor, cuya administración y gestión está dinámicamente relacionada con el medio externo.

En producción vegetal, debe considerarse como subsistema planta a todo el cultivo, por lo que resulta un subsistema dinámico muy complejo. Su productividad está gobernada por numerosos procesos, cada uno de los cuales reacciona de forma especial a los factores ambientales. Además, la planta en un cultivo está sometida a efectos de cobertura que presentan competencias intra- e inter específicas. El cultivo, por tanto, no es solo el resultado del ambiente y de las acciones del cultivador, sino que se retroalimenta de ellos.

A lo largo de este capítulo analizaremos los aspectos concretos de estas influencias ambientales, con especial referencia a las que están relacionadas con el ferti-riego. Comenzaremos clarificando los factores que pueden afectar la productividad de un sistema de cultivo, para comentar las diferentes estrategias conducentes a incrementar las eficiencias de uso hídrico y nutritivo de los diferentes sistemas de cultivo.

## **1.2 Factores que afectan a la productividad de un sistema de cultivo**

El rendimiento de una población vegetal (monoespecífica), tanto cuantitativo como cualitativo, determinan su valor comercial y su rentabilidad. Estos son los objetivos perseguidos por el productor, del patrimonio genético de la planta cultivada. Este rendimiento solo se obtiene en conjunción con las condiciones ecológicas en las cuales este patrimonio genético puede expresarse.

Si todas estas condiciones son ideales con relación a la productividad inherente al genotipo, tanto el rendimiento como la calidad alcanzarán el máximo de su potencial. En la práctica, este objetivo raramente se alcanza y se produce una pérdida cuantitativa o cualitativa como resultado de su expresión en las condiciones reales de crecimiento.

El mejor agricultor es aquel capaz de minimizar estas pérdidas. Una de las herramientas a su alcance consiste en optimizar la nutrición vegetal, sobre todo, pero no exclusivamente mediante el ferti-riego de su agro sistema.

### **1.2.1 Factores internos**

Los únicos factores capaces de influir directamente sobre la productividad son los internos de la planta y comprenden:

**La dotación cromosómica** con todos sus genes (especie, variedad, cultivar, clon, o el genoma de cada individuo), esta es la “dote” inicial y define lo que conocemos como productividad potencial

**La integridad de las estructuras** (órganos, tejidos, células, orgánulos subcelulares) y su capacidad de expansión, a la que se oponen el parasitismo, los daños mecánicos del medio, la competencia espacial con las plantas vecinas (Intra o Inter.-específica). Las alteraciones de esta integridad estructural condicionan internamente la máxima productividad potencial del cultivo

**Las condiciones físico-químicas** predominantes en el interior de cada parte del vegetal, responsables de su crecimiento y de su desarrollo o diferenciación (puesta en escena de su contenido genético) y las señales sistémicas de evocación genética constituyen la componente fisiológica de los procesos productivos. Estas condiciones puede manejarse y modificarse utilizando, entre otras, técnicas de ferti-riego que supongan aportes exógenos capaces de modificar el comportamiento fisiológico del cultivo.

### 1.2.2 Factores externos

Estos solo pueden ejercer acciones indirectas sobre la productividad, a través de las modificaciones que imponen a los factores internos. Este estado no libera a la planta de ser totalmente dependiente del medio exterior para expresar la potencialidad de su genoma. El arte del agrónomo, consiste en valorar las consecuencias de esta doble realidad y ser capaz de modificarla.

Se pueden clasificar los factores externos en tres grandes grupos:

**Factores físicos:** del medio, (energéticos y mecánicos): Iluminación y temperatura (con sus intensidades y ritmos); Textura y estructura del suelo o sustrato, vientos, etc.

**Factores químicos:** (ganancias o intercambios de materia): oxígeno, anhídrido carbónico, agua (líquida y gaseosa), formas minerales, orgánicas u órgano-minerales.

**Factores bióticos:** Inóculos parasitarios o simbióticos (*Rhizobium*, micorrizas, etc.), microflora y microfauna del ambiente radical y aéreo.

Los efectos de proximidad con otros individuos de la población y con las plantas adventicias del cultivo, intervienen a través y sobre estos tres grupos de factores, en sentido favorable (efecto de protección o de asociación con beneficios recíprocos) o en sentido desfavorable (competición, efecto de cobertura o reservorio que favorecen la proliferación de parásitos, alo- o auto toxicidades, etc.)

## 2 Conceptos técnicos y agronómicos del ferti-riego

Para la realización de un adecuado diseño de una instalación de ferti-riego localizada, resulta imprescindible el conocimiento del movimiento y la distribución del agua y los nutrientes en el perfil del suelo. Mediante riego localizado, el agua y los nutrientes disueltos en ella, penetran en el suelo en todas direcciones a partir del emisor, determinando una zona humedecida (bulbo húmedo) y una zona seca no útil para el cultivo. La distribución de la solución nutriente dependerá de múltiples factores tales como propiedades físicas del suelo (textura, estructura, porosidad, conductividad hidráulica, capacidad de infiltración, grado inicial de humedad, nivel de la capa freática, temperatura, etc.), caudal del emisor, distancia entre emisores, dosis y frecuencia de riegos, coeficientes de absorción radicular del cultivo y de evaporación del agua del suelo, etc.

En el perfil de humedad del bulbo húmedo se aprecian tres fases, una zona de transmisión, encharcada y que interesa minimizar por los posibles problemas de asfixia radicular que pueda plantear. Una zona de humedecimiento, donde el agua fluye en la dirección de mínima resistencia y

se mantiene la presencia de aire lo que favorece de desarrollo radicular, esta zona debe tener unas dimensiones acordes con el tamaño y profundidad de enraizamiento específicos del cultivo. Y en tercer lugar un frente de humectación donde se compensa la humedad del bulbo con la humedad original del suelo antes del riego.

Se pretenden unas condiciones constantes de baja tensión del agua en el suelo, lo que se consigue con una aplicación frecuente de agua a las dosis adecuadas. Para no producir un déficit nutritivo en la planta por lavado de nutrientes del perfil del suelo, se realiza una aplicación simultánea de los nutrientes esenciales disueltos. Con estas condiciones, los nutrientes presentan un grado de aprovechamiento muy superior al de sistemas tradicionales, siempre que se suministren en la dosis y equilibrio adecuados, al mostrar mayor movilidad y una distribución más homogénea en el entorno radicular.

La gran ventaja del ferti-riego localizado, no es la posibilidad de usar aguas salinas, sino, junto al ahorro de recursos hídricos, el poder llevar a cabo una fertilización día a día, en función de las variables agro climáticas disponibles, nutriendo al cultivo de una forma totalmente controlada, de tal forma que el suelo pierde casi totalmente su función de reserva o almacén de agua y pasa a tener el mismo comportamiento que un sustrato, siendo un mero transmisor entre el emisor y la raíz del cultivo.

Los sistemas de riego localizado permiten el uso de aguas de riego que por su calidad serían inutilizables bajo sistemas de riego convencionales, ahora bien, debe quedar claro que el uso de aguas de riego de elevado contenido salino implica la necesidad de aportes adicionales que eviten la acumulación progresiva de sales en el bulbo húmedo desplazándolas hacia el frente de humectación y paralelamente se necesita un mayor suministro de nutrientes para compensar las unidades fertilizantes desplazadas junto a las sales nocivas y para contrarrestar los efectos fitotóxicos de ciertos iones (sodio y cloruros, principalmente).

## **2.1 Estrategias para mejorar el ferti-riego**

Actualmente existe una tendencia en horticultura hacia la intensificación, entendida como un incremento en el nivel de insumos externos utilizados por unidad de superficie, con el objetivo de aumentar la productividad y la calidad de las cosechas. Esta tendencia conduce, en muchos casos, a un uso poco eficiente de los recursos naturales, entre ellos del agua y de los nutrientes, y al aumento del valor energético de las actividades productivas. En el marco de una economía de mercado esta casuística provoca un deterioro de las rentas de los horticultores y la reubicación de las producciones hortícolas en territorios y agro sistemas más ventajosos en el ámbito socioeconómico. También repercute, naturalmente, en acrecentar la contaminación en las grandes áreas de horticultura intensiva. Paralelamente a la situación descrita, también se observa que el uso de técnicas de cultivo sin suelo, (que se corresponden con una posición extrema de la secuencia de intensificación), permitiría la sustitución progresiva de recursos naturales, por tecnología. Esta sustitución haría posible una horticultura cada vez más independiente de los recursos naturales. Esto no es aplicable, sin embargo, a todas las técnicas de cultivo sin suelo, ni a todas las formas de gestionarlas, tal como veremos al referirnos al agua y a los fertilizantes.

En el límite del cultivo de plantas en un medio radicular restringido y asilado del suelo natural, como pretenden los CSS, haría posible igualar las aportaciones de agua y nutrientes con los ritmos de extracciones hidrominerales de las plantas cultivadas. En la práctica esto es cuestionable pero se entiende que la posibilidad de control del ferti-riego en los cultivos fuera del suelo es mayor que en los cultivos en suelos naturales.

En los sistemas "cerrados", es decir, los que reutilizan la solución nutritiva como aporte del mismo sistema, es más viable ajustar las aportaciones hidrominerales a los ritmos de absorción de agua y de nutrientes de las plantas. Pero esto es difícil si se utilizan aguas de baja calidad y en condiciones de elevada demanda evaporativa atmosférica, como sucede en el área mediterránea.

En los sistemas de cultivo sin suelo "abiertos", que son los más habituales, resulta necesario un control más exhaustivo del estado hídrico y nutricional de la planta, ya que actualmente las eficiencias son bajas y se generan graves problemas de contaminación.

En resumen, la baja eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes en los sistemas de cultivo carentes de suelo se puede atribuir a dos causas principales:

- ✓ Las dificultades del agrónomo y/o del agricultor en el conocimiento preciso, en tiempo real, de los requerimientos de agua y especialmente de nutrientes de los diferentes sistemas de cultivo sin suelo, en cada una de las diferentes situaciones agro-climáticas.
- ✓ La propia configuración del sistema de producción en cuanto al material vegetal, al clima, al sustrato, a las soluciones nutritivas, a las aguas disponibles y al equipo de irrigación.

Comentada la situación actual de los sistemas de cultivo sin suelo, en relación con el uso indisociable del agua y los fertilizantes, debemos profundizar en las características particulares de estos agro-sistemas. Analizando la metodología y los conocimientos que permitan establecer, en el futuro, estrategias para una gestión más eficiente de los recursos.

### **2.1.1 Estrategias de aporte de fertilizantes**

Tradicionalmente, las aproximaciones para solicitar los problemas de fertilidad de los suelos en la producción vegetal, se han enfocado desde el punto de vista de incrementar los niveles de fertilidad de los suelos, para adecuarlos a las necesidades de producción de las plantas. Por estas técnicas, los factores que determinan la fertilidad de los suelos, como pH y disponibilidad de nutrientes, se ajustan a niveles óptimos para satisfacer las necesidades de una determinada especie. En principio esta estrategia supone el aporte de fertilizantes químicos para alcanzar los niveles de fertilidad deseados en el suelo para cada especie. Esta estrategia ha proporcionado buenos resultados para aumentar la producción de los cultivos en las zonas templadas, donde por regla general, los suelos no presentan propiedades químicas extremas. Sin embargo, los genotipos adaptados a esta estrategia de elevado suministro, tienen una capacidad limitada de adaptación a las condiciones químicas adversas que presentan los suelos de las regiones tropicales y subtropicales. Por ejemplo en América tropical, el 70% de los suelos son ácidos e infértiles (2); en las regiones tropicales y subtropicales los problemas relacionados con la salinidad y la alcalinidad de los suelos, como las deficiencias de hierro y zinc, afectan a la mayoría de los suelos cultivados. El 25% de los suelos de las áreas cultivadas del mundo, presentan problemas químicos agudos. Estas condiciones hacen inviable la aplicación de estas estrategias de mejora de los suelos debido a la extensión que ocupan o a los costes que implica su adecuación.

Durante las tres últimas décadas, las dificultades y los fracasos en la utilización de esta estrategia de suministro elevado, en la mayoría de los suelos tropicales y subtropicales, ha originado una aproximación al problema desde el punto de vista opuesto, es decir: adaptar las plantas a las propiedades del suelo. Esta estrategia requiere la utilización de cultivares mejor adaptados a las condiciones ecológicas imperantes, así como la utilización durante la selección de cultivares de criterios de eficiencia hídrica y nutritiva y de elevada tolerancia a las condiciones adversas (Toxicidad de Al y Mn; Encharcamiento; Salinidad; etc.).

Esta estrategia de bajo suministro utilizando genotipos adaptados, puede dirigirse no solo, a seleccionar cultivares resistentes a las condiciones adversas (ej. Salinidad), sino a la selección de cultivares que utilicen los nutrientes y el agua, tanto presentes en el suelo, como los aportados con el ferti-riego (especialmente P y N en condiciones tropicales) con una mayor eficacia.

La aplicación de esta estrategia utilizando cultivares adaptados con una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes de reserva del suelo, de los fertilizantes y del agua, se basa en la obtención de cosecha que solo pretenden alcanzar entre el 80 y el 90% de la máxima.

## **2.2 Eficiencia hídrica**

En principio, toda agricultura de regadío debe considerarse como insostenible; ya que los procesos de evapotranspiración (ET) concentran las sales presentes en el agua de riego y, a menos que se evacue de la zona radical por percolación mediante un exceso de riego o un exceso de lluvia; estas sales originan pérdidas en la producción del cultivo. Para hacer que la agricultura de regadío sea sostenible, debe mantenerse en equilibrio las sales presentes en la zona radical, lo que requiere una eliminación del exceso de sales por lavado mediante el riego. Este drenaje de los suelos irrigados genera un problema medioambiental que debe tenerse en cuenta para sostener la calidad del agua que se utiliza para posteriores riegos. Este problema se agrava cuando la cantidad de recursos hídricos es limitada: basado en acuíferos subterráneos confinados, agotables o difícilmente regenerables. En estos casos, es necesario adoptar estrategias que mejoren la eficiencia en el uso de agua por parte de los cultivos, así como aquellas que incrementen la eficiencia en el almacenamiento y la distribución del agua disponible.

La mejora en la eficiencia hídrica de los cultivos puede conseguirse:

- ✓ Alterando las condiciones medioambientales para disminuir el déficit de presión de vapor y, por tanto, la eficiencia en la Evapotranspiración.
- ✓ Mejorando la eficiencia de Transpiración, es decir, su potencial genético para incrementar la fotosíntesis por unidad de agua transpirada.
- ✓ Mejorando la eficiencia en el uso del agua, es decir, su capacidad para incrementar la producción de materia seca total o de cosecha por unidad de evapotranspiración.

La eficiencia en el uso del agua puede modificarse por factores de

- ✓ Manejo, como densidad, rotación, fecha de plantación, elección del cultivar, etc.
- ✓ Biológicos, como las características que hacen que unos determinados cultivos o cultivares este mejor adaptado a determinadas condiciones de estrés que otro. o
- ✓ Ambientales entre las que cabe destacar las propias de la localización del cultivo, o la modificación de las condiciones en el ambiente del mismo, y fundamentalmente el riego y la fertilización.

## **2.3 Eficiencia nutritiva**

El concepto de sostenibilidad de los sistemas productivos se enfoca en el sentido que el sistema no se deteriore con el tiempo. En este sentido, los mayores esfuerzos se han realizado en mantener los recursos considerados como no renovables. El suelo se considera un recurso no renovable, mientras que el agua puede considerarse como renovable ya que se restituye en cierta medida al propio ciclo global del agua.

Desde el punto de vista agronómico y en sentido operacional, las diferencias de eficiencia nutritiva en los genotipos de plantas cultivadas se definen normalmente por las diferencias en el crecimiento relativo o en la cosecha cuando se cultiva la planta en un medio deficiente (3). Para un determinado genotipo, la eficiencia para un determinado nutriente se refleja en su habilidad para producir una

elevada cosecha, con respecto a un genotipo estándar, en un medio en el que ese nutriente es deficiente (4). Esta definición puede aplicarse a la comparación de genotipos intra-específicamente (cultivares o líneas) o a la comparación de cultivos de especies diferentes.

La mayoría de los estudios realizados sobre eficiencia nutritiva, centran su interés en los aspectos agronómicos, comparando la producción, o el porcentaje de reducción de la cosecha en cultivares a los que se les ha mantenido con un suministro deficiente de un determinado nutriente. Pero en los programas de selección genética, deberían utilizarse en sentido opuesto, es decir, la obtención de cultivares capaces de alcanzar producciones adecuadas, en condiciones de deficiencia.

## 2.4 Ferti-riego: Eficiencia hídrica y nutritivas

Diferentes situaciones ambientales van a incidir directamente sobre la componente transpirativa de la ET, alterando la cantidad de agua que atraviesa el sistema Suelo-Planta-Atmósfera, en la mayoría de los casos sin afectar significativamente a las necesidades nutritivas del cultivo.

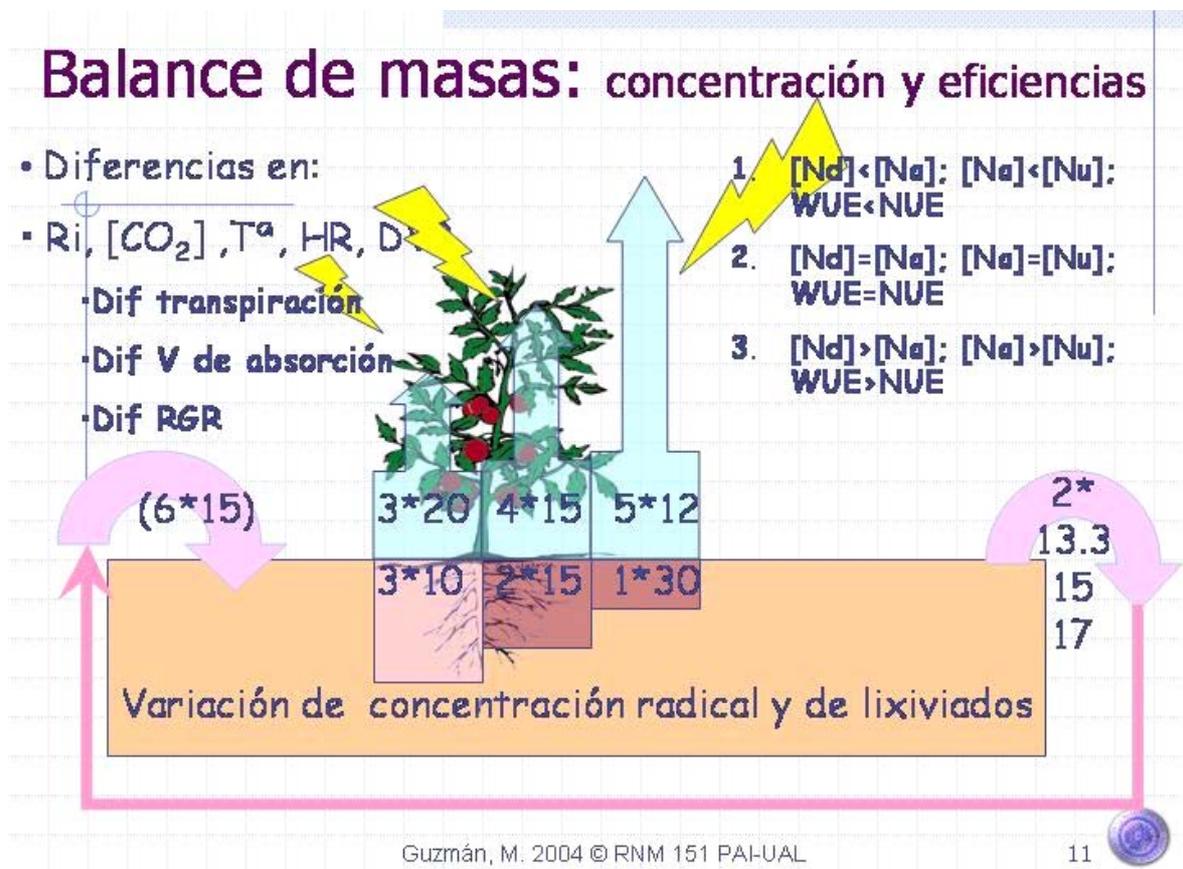


Fig. 2.- Balance de masas aplicado al ferti-riego y diferentes situaciones de eficiencia.

Por otro lado, diferentes situaciones culturales pueden afectar a las necesidades nutritivas del cultivo, sin afectar a la demanda hídrica del mismo. Esta diversidad de situaciones se presenta con una diversidad similar de situaciones de eficiencia nutritiva, entre las que solo podremos considerar como “ideal” aquella que resulte en la misma eficiencia para cada uno de los componentes de la nutrición vegetal: carbónica, hídrica y mineral (5).

En el caso que nos ocupa, las desviaciones de esta situación ideal hacen que el cultivo sea más o menos eficiente en la utilización de agua que de elementos nutritivos (situaciones 1 y 3 de la figura 2). Como consecuencia, los drenajes o los lixiviados obtenidos, constituirán una solución más o

menos concentrada que la solución aportada. Resulta evidente que los elementos no nutritivos, presentes en la solución de ferti-riego, solo se presentarán en situaciones de mayor concentración (1 en la figura 2), por lo que la cantidad total de sales en los drenajes, lixiviados o solución del suelo, tenderá a ser mayor que la aportada.

La reutilización de los drenajes obtenidos como nueva solución de ferti-riego en los sistemas cerrados, hace que el proceso sea algebraicamente aditivo y dependiente de las condiciones imperantes entre sesiones consecutivas de ferti-riego para periodos de tiempo más o menos largos.

Desde este punto de vista hay que tener en cuenta dos aspectos fundamentales de la solución de ferti-riego: sus variaciones de composición y sus variaciones en concentración

Sin entrar en consideraciones sobre la oportunidad de utilizar como elemento de diagnostico para estas variaciones las soluciones rizosféricas (edáfica o de sustrato) o las de drenajes. Resulta evidente que la utilización de los drenajes, desde el punto de vista de su composición cuantitativa y cualitativa, está fuertemente condicionada:

- a) Por la variación que ejercen sobre la solución aportada la influencia de los factores ambientales y el nivel de crecimiento del cultivo.
- b) Por la mayor o menor aproximación existente entre la solución “ideal” aportada y las necesidades reales del propio cultivo en el periodo considerado.

Teniendo esto en cuenta; los esfuerzos en la planificación del ferti-riego deben centrarse, no solo en definir las extracciones hídricas y nutritivas para un cultivo en unas condiciones particulares, sino en generar modelos capaces de responder en tiempo real a las variaciones que se producen en la composición y en la concentración de las soluciones estimadas.

### **3 Bibliografía**

1. Krung, H.1997. Environmental Influences on Development, Growth and Yield. In: The Physiology of Vegetable crops. Wien, H.C. (ed). 101-180. CAB International Wallingford. UK.
2. Sánchez, P.A. and Salinas, G. 1981. Low input technology for managing Oxisol and Ultisol in tropical America. *Adv. Agron.* 34, 280-406
3. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London. UK
4. Graham, R.D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In Advances in Plant Nutrition (PB. Tinker and A. Läuchli, eds) Vol 1. 57-102. Praeger New York. USA
5. Martin-Prével, P. Gagnard, J. and Gautier, P. 1984. L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales. Lavoisier Tec-Doc. Paris Cedex. FR.

