

CAPÍTULO 2

EFICIENCIA DE RIEGO Y UNIFORMIDAD

Introducción

Los buenos procedimientos de diseño y manejo requieren el entendimiento de conceptos tales como eficiencia y uniformidad de distribución. Con el tiempo los clientes requerirán una garantía escrita de una uniformidad de distribución específica (UD) para un nuevo sistema de riego. Tanto el diseñador como el cliente deben comprender cómo este concepto difiere de la eficiencia y cómo el diseño y el manejo pueden impactar la uniformidad de distribución alcanzable. Esta sección cubre los principios generales de eficiencia y uniformidad. Las definiciones provienen del Task Committee de On-Farm Committee of the Water Resources Division of the American Society of Civil Engineers (Burt et al., 1997).

Definiciones y Términos Iniciales

Uniformidad de Distribución (UD)

Como su nombre lo indica este es un término relacionado con la uniformidad de aplicación del agua a las plantas a través de todo un campo. Por consiguiente, no se trata de un término aplicado a una finca, o a un distrito de riego o a una cuenca. Es un índice de funcionamiento de un sistema de riego. La definición *original* fue:

$$UD_{ci} = \frac{\text{Lámina de agua promedio infiltrada en el cuarto inferior}}{\text{Lámina de agua promedio infiltrada}} \times 100$$

Esta definición ha sido modificada para evitar alguna confusión que pueda ocurrir en la evaluación de sistemas de riego por goteo y por aspersión en árboles y vides. En la *actualidad* se expresa como:

$$UD_{ci} = \frac{\text{Lámina promedio de agua en el cuarto inferior}}{\text{Lámina promedio de agua acumulada en todos los elementos}}$$

donde: el promedio de los valores del cuarto inferior se usa como valor “mínimo” en lugar de usar un valor mínimo absoluto. UD se expresa ahora como una relación en lugar de porcentaje, para evitar confusión con los términos de eficiencia.

Los conceptos de UD y de escala de “elemento” se discuten en mayor detalle más adelante en este capítulo.

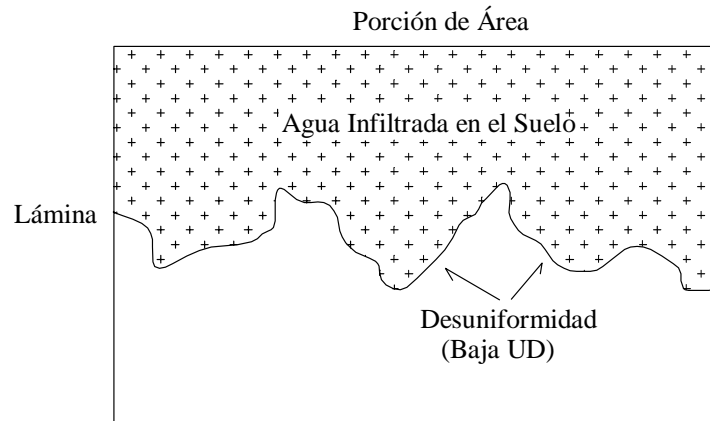


Figura 4. El concepto de desuniformidad. Independientemente del método de riego, hay diferencias en la cantidad de agua infiltrada. Después de cierto tiempo, algunos aspersores y emisores siempre están parcialmente obstruidos y tienen diferencias de presión. En riego por surcos, el agua permanece más tiempo en la cabecera que al pie del surco. Estas son tan solo algunas de las causas de desuniformidad.

Uniformidad de Emisión (UE)

El término “uniformidad de emisión” (UE) algunas veces se ha utilizado en lugar de UD en sistemas de riego por goteo/microaspersión. Si por alguna razón alguien desea usar “UE”, debe ser calculado en la misma forma que UD. Es importante aclarar que las mediciones de UE publicadas, generalmente han despreciado el incluir todos los factores que afectan la uniformidad a través del campo. El concepto de UD puede utilizarse para describir uniformidad en cualquier método de riego (no solamente goteo y microaspersión); por esta razón es utilizado en este libro.

Uso Beneficioso

Los usos beneficiosos se circunscriben aquí a aquellos usos del agua que afectan directamente la producción agrícola bajo riego. Los usos beneficiosos pueden incluir evapotranspiración de los cultivos, cierto porcentaje de agua aplicada para control climático (enfriamiento o protección de plantas contra heladas), percolación profunda requerida para recuperar o para mantener un adecuado balance salino (no incluye exceso debido a desuniformidad) y cantidades menores de agua requeridas para germinación de malezas (de tal manera que puedan ser rastrilladas), o para aplicaciones de herbicidas o para preparación del suelo, y además, el agua almacenada en la zona de raíces para cultivos subsecuentes.

Entre los usos no beneficiosos del agua se encuentran la escorrentía superficial no recolectada en los campos, la percolación profunda en exceso a aquella requerida para un control uniforme de sales y las pérdidas por evaporación y por rocío desde los lotes de cultivo. En los distritos de riego los usos no beneficiosos del agua pueden incluir pérdidas por infiltración, por evaporación, por percolación profunda y por derrames en los canales.

Cuando se trata de entender la definición de uso beneficioso del agua resulta crítica la ubicación de la límites. En un distrito de riego por ejemplo, las pérdidas por percolación profunda en las áreas más altas, pueden aparecer como nivel freático elevado en las áreas más bajas del mismo distrito. Este nivel freático elevado en las áreas bajas del distrito, puede contribuir a la evapotranspiración de cultivos. En este caso, la eficiencia de riego a nivel predial puede ser baja (debido a las pérdidas por percolación profunda), pero si tales pérdidas se recirculan dentro del mismo distrito de riego en el cual fueron aplicadas originalmente, la Eficiencia de Riego (ER) de ese distrito de riego puede resultar mayor que la ER a nivel predial. La eficiencia global de riego dentro de una cuenca es a menudo muy alta, en la medida en que la percolación profunda y la escorrentía superficial proveniente de un distrito sea utilizada por otros distritos aguas abajo. Cualquier recirculación de agua dentro de las fronteras, no es una pérdida.

Uso Razonable

En los derechos de agua generalmente se consideran tanto el “uso razonable”, como el “uso beneficioso”. Puede ser razonable, por ejemplo, esperar que la ER promedio a nivel predial en un área no sobrepase valores entre el 75% y el 85%. Tanto la economía, como las incertidumbres del clima y las limitaciones físicas de los sistemas de riego, juegan un papel en la determinación del rango “razonable” de su funcionamiento. Un área de incertidumbre ha sido la clasificación de la escorrentía agrícola vertida a los drenes, en los casos en que se provea un hábitat útil para la vida silvestre. Dicha agua puede ser beneficiosa para el ecosistema de los drenes, aunque aquí no se considerará beneficiosa para la producción agrícola. Sin embargo, en términos de su importancia, puede suceder que los regadores no conserven la escorrentía “no beneficiosa”. En tal caso, la escorrentía superficial puede ser razonable, pero no beneficiosa.

Eficiencia de Riego (ER)

Este término puede utilizarse para describir el funcionamiento de un sistema de riego en un lote, o en una gran área tal como un distrito de riego, o en una cuenca hidrológica. Su valor máximo posible es 100%. En la ecuación de ER, el uso beneficioso solamente corresponde al agua de riego aplicada dentro de las fronteras del área de estudio.

La Eficiencia de Riego se define (despreciando los cambios en el almacenamiento del agua de riego dentro de las fronteras), como:

$$ER\% = \frac{\text{Agua de Riego Usada Beneficiosamente}}{\text{Agua de Riego Aplicada}} \times 100$$

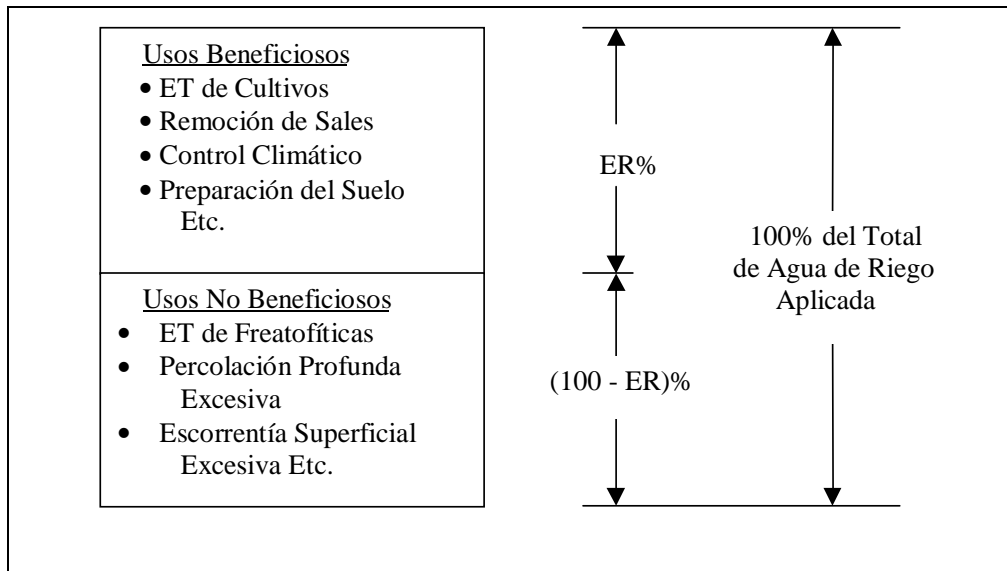


Figura 5. La Eficiencia de Riego (ER) cuantifica la división del agua de riego aplicada en usos beneficiosos y usos no beneficiosos

Perspicacia de Riego (PR)

La Perspicacia de Riego se define como la relación entre el volumen del agua de riego razonable o beneficiosamente utilizado y el volumen de agua de riego aplicado o derivado, expresado en porcentaje. Es un mejor indicador del manejo racional del agua de riego, ya que tiene en cuenta el hecho de que alguna porción del uso no beneficioso es completamente razonable (ver Figura 6). La siguiente definición está simplificada, puesto que se ignoran los cambios en almacenamiento de agua de riego dentro de las fronteras.

$$PR\% = \frac{\text{Agua de Riego Beneficiosa o Razonablemente Usada}}{\text{Agua de Riego Aplicada}} \times 100$$

Eficiencia de Aplicación (EA)

La Eficiencia de Aplicación (EA) se usa comúnmente para describir el desempeño de un solo evento de riego. Se define como:

$$EA\% = \frac{\text{Lám. promedio de agua de riego que contribuye al objetivo establecido}}{\text{Lámina promedio de riego aplicada}} \times 100$$

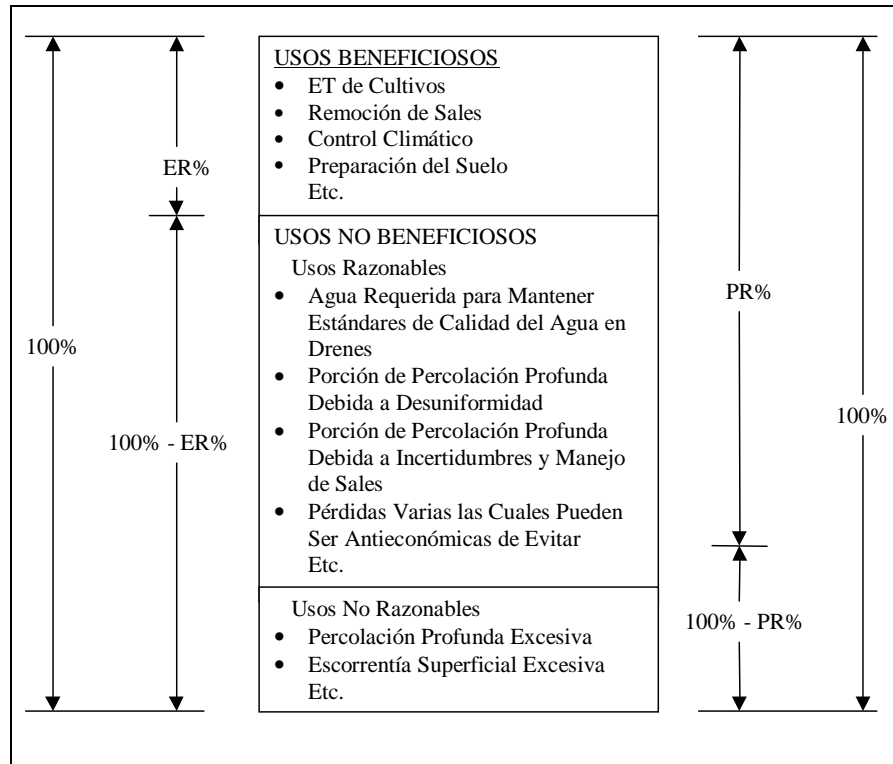


Figura 6. La Perspicacia de Riego (PR) es una mejor medida del uso racional del agua que la Eficiencia de Riego (ER).

El “objetivo” establecido puede ser el déficit de humedad del suelo (DHS), puede contener una fracción para lixiviación de sales, o puede ser simplemente un objetivo de lámina de riego.

La EA es útil cuando se trata de predicción puesto que se mide contra un requerimiento particular sin necesidad de valorar el uso beneficioso. Además, un requerimiento establecido no exige un período de tiempo específico. La EA también asume que el requerimiento es uniforme en toda el área en cuestión. Puesto que la EA no considera la uniformidad de aplicación, es más útil como una herramienta de manejo del riego que como herramienta de evaluación para comparar métodos de riego. La EA se usa para riego de un lote, mientras que la ER y la PR pueden ser usadas para un lote, una finca, un distrito de riego, o una cuenca. La EA se usa también para un evento de riego individual, mientras que la ER y la PR pueden ser usadas para una variedad de intervalos de tiempo. (Burt et al., 1999).

Diagramas de los Componentes del Agua Aplicada

Los Diagramas de los Componentes del Agua Aplicada se usan a menudo para explicar los conceptos de eficiencia de riego y UD a nivel predial. Los diagramas subsecuentes ilustran las cantidades de agua infiltrada en varios puntos a través de un lote y pueden ser colocadas en orden de magnitud. Las pérdidas por escorrentía

superficial, por evaporación y por rocío generalmente se muestran como una lámina uniforme equivalente en la parte superior del diagrama. Estos diagramas son aplicables a todos los métodos de riego, no obstante las causas de pérdidas y la desuniformidad son diferentes para cada método de riego.

En las Figuras 7 - 10 se simplifican los patrones de uniformidad, representando las diferencias como lineales, mientras que la desuniformidad puede acercarse a una distribución log-normal o a cualquier otra distribución estadística a través del lote. El propósito de estas figuras es servir de ilustraciones simplificadas de conceptos interrelacionados de cierto grado de dificultad.

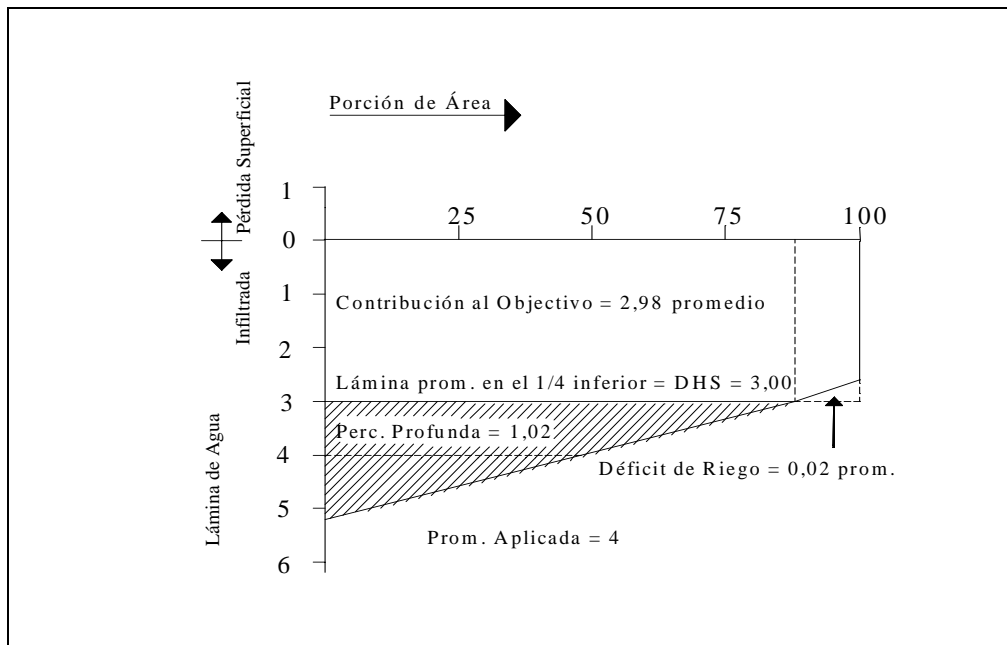


Figura 7. Caso simplificado de una programación de riego “perfecta”. Toda la percolación profunda se debe a desuniformidad. Este es un caso ideal en el cual las pérdidas por evaporación, rocío y escorrentía superficial son despreciables.

$$UD = \frac{3,0}{4,0} = 0,75; \quad EA = \frac{2,98}{4,0} \times 100 = 74,5\%.$$

Los requerimientos para lixiviación no se consideran en este esquema.

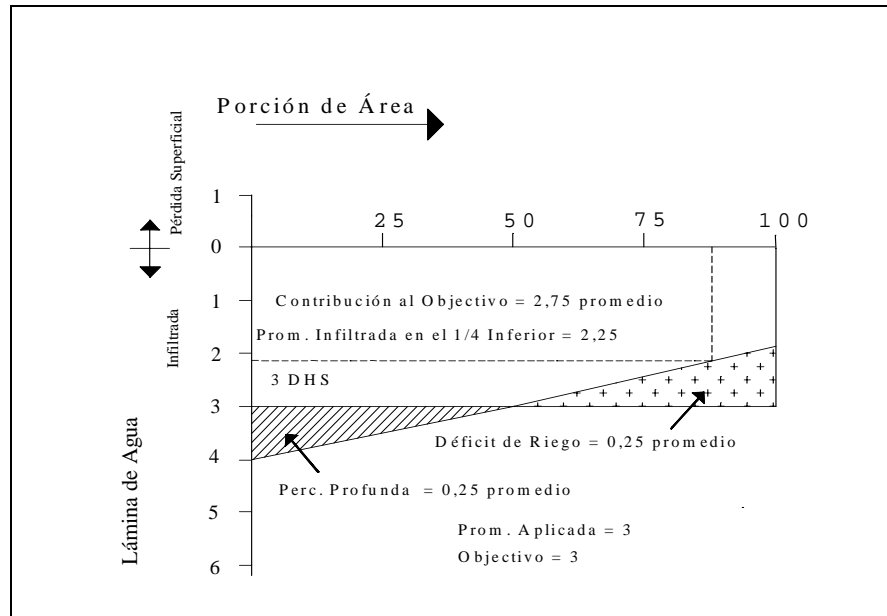


Figura 8. Lámina infiltrada promedio igual a lámina neta. Déficit en parte del campo con pérdidas despreciables por evaporación, por rocío y por escorrentía superficial.

$$UD = \frac{2,25}{3,0} = 0,75; \quad EA = \frac{2,75}{3,0} \times 100 = 92\%.$$

No se requirió lixiviación para control de sales.

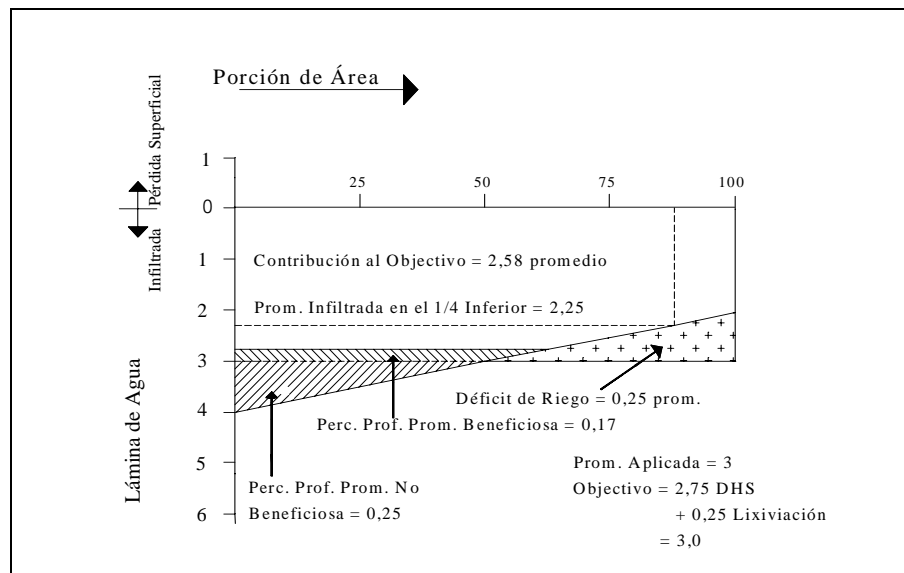


Figura 9. Déficit en parte del campo con pérdidas despreciables por evaporación, por rocío y por escorrentía superficial.

$$UD = \frac{2,25}{3,0} = 0,75; \quad EA = \frac{2,58 + 0,17}{3,0} \times 100 = 92\%.$$

Alguna lixiviación (0,25) fue requerida para control de sales.

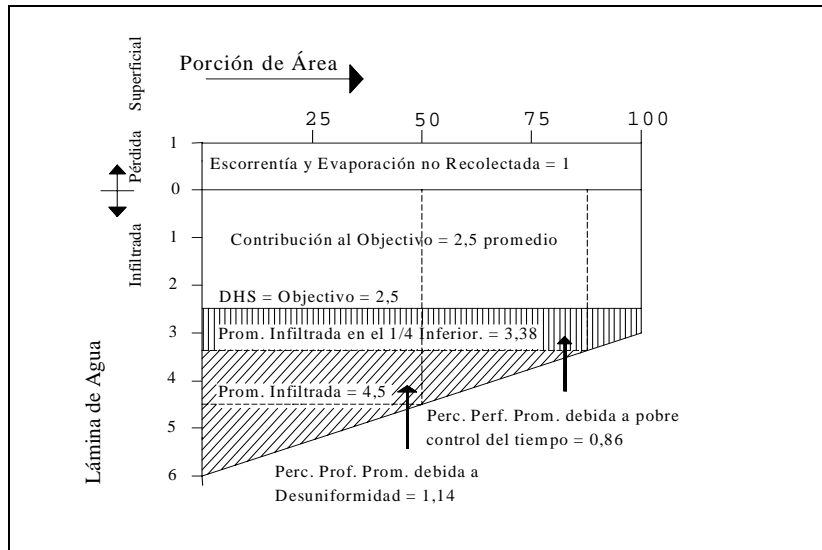


Figura 10. Riego en exceso en todo el campo. La percolación profunda es ocasionada tanto por la desuniformidad como la duración del exceso. Las pérdidas por evaporación, por rocío y por escorrentía superficial son significativas.

$$UD = \frac{3,38}{4,5} = 0,75; \quad EA = \frac{2,5}{5,5} \times 100 = 45,5\%.$$

No se requirió lixiviación para control de sales.

Algo Más Sobre Uniformidad de Distribución

Generalidades

Como se anotó antes, la UD es una expresión matemática cuyo propósito es cuantificar las diferencias en la cantidad de agua recibida por las plantas a través del campo. La ecuación específica utilizada es:

$$UD_{ci} = \frac{\text{Lámina de agua promedio en el cuarto inferior}}{\text{Lámina de agua promedio acumulada en todos los elementos}}$$

Este parámetro es a menudo UD del “cuarto inferior” porque el “mínimo” usado en el numerador no es el mínimo absoluto, sino que más bien es el promedio del cuarto inferior de los valores. Los valores de lámina en esta ecuación son medidos para cada “elemento” de área. Un “elemento” se considera como un área dentro de la cual cualquier desuniformidad carece de importancia. En riego típicamente se considera que un elemento es aquella área del lote dedicada a una planta individual. Por consiguiente, el concepto de UD puede simplificarse por medio de la siguiente definición:

$$UD = \frac{\text{"Mínimo" recibido por las plantas}}{\text{Promedio recibido por las plantas}}$$

La escala “elemento” o “planta” en los conceptos de UD indica que en huertos de árboles y viñedos un UD de 1,0 no requeriría que cada punto del lote recibiera la misma cantidad de agua, siempre y cuando cada planta del mismo tamaño/edad reciba la misma cantidad de agua. Por el contrario, en un campo de alfalfa regado por aspersión, la cobertura uniforme sería un requerimiento, puesto que hay una planta en cada punto. Dicho en otra forma, el procedimiento correcto de evaluación de sistemas de riego por aspersión depende en parte del cultivo que está siendo irrigado.

Hay algunas asunciones acerca de la expansión de raíces de un cultivo, las cuales son inherentes a la definición de UD. Por ejemplo, las mediciones de uniformidad hechas con recipientes colocados entre aspersores con superposición, no se acostumbra en sistemas de aspersión de un aspersor para dos árboles (instalado bajo el canopeo de los mismos), ya que se asume que independientemente del modelo de superposición cada árbol recibirá la misma cantidad de agua. Esto puede ser verdadero una vez que los árboles alcancen su estado adulto, en la medida en que los sistemas de raíces se adaptan al patrón espacial de disponibilidad de agua. No obstante, la UD medida con recipientes puede ser de mucha importancia para asegurar un adecuado crecimiento de los árboles jóvenes antes de que los sistemas de raíces se hayan expandido.

Si en un viñedo la distancia de siembra es 1,8 m x 3,0 m (5,9' x 9,8'), la práctica establece que el punto donde se coloque el emisor en esa área no conduce a diferencia alguna. Siempre y cuando la planta tenga su sistema de raíces dentro de esa área o elemento, no existe ninguna diferencia si el agua se aplica justo cerca a la planta o en la mitad de la distancia entre plantas. De hecho, se observa toda clase de variaciones en cuanto a la localización de emisores en vides. Cuando se emplea el riego por goteo subsuperficial (RGS) en vides, generalmente se localiza la manguera en la mitad de la distancia entre hileras de plantas adultas, aunque los sistemas de riego estándares colocan el emisor bien sea justo cerca de la propia vid, o en la mitad entre vides a lo largo de la hilera. Eventualmente, aprenderemos más acerca de la localización óptima de los emisores con respecto a las plantas y modificaremos nuestra comprensión del término UD.

UD no es un término de eficiencia. Un riego puede ser muy uniforme (tener una alta UD), pero si la duración es excesiva pueden presentarse escorrentía superficial y percolación profunda en exceso, con una baja ER como resultado. Sin embargo, una ER alta con mínimo déficit solo puede obtenerse si la UD es también alta. Por consiguiente, la evaluación de campo para conocer la UD de un sistema de riego constituye con frecuencia uno de los primeros pasos en el mejoramiento de la eficiencia de riego a nivel predial.

Hay muchas otras expresiones desarrolladas para definir la igualdad de la aplicación del agua. Cada expresión/ecuación tiene algo de mérito. Sin embargo, el principal problema ha sido que la mayoría de las expresiones (incluyendo UD) han sido utilizadas en forma vaga y solamente han incluido **algunos** de los factores que afectan la uniformidad **a través de un lote**. En consecuencia, independientemente de

la ecuación utilizada, los valores son a menudo incorrectos. El ejemplo clásico es la definición de uniformidad de un sistema de goteo solamente sobre la base del cv del fabricante (por describirse a continuación), o el cálculo de UD tomando como referencia la hidráulica de una sola manguera en lugar de todo el lote.

Coefficiente de Variación (cv)

El concepto de variación podría describirse con otras fórmulas, como en efecto ha sucedido. Por ejemplo, el coeficiente de variación se utiliza típicamente para describir un componente de la uniformidad de sistemas de riego por goteo/microaspersión: la variabilidad de fabricación de goteros y rociadores nuevos.

$$cv = \frac{\text{Desviación estandar}}{\text{Promedio}}$$

Un valor de cv de 0,05 significa que el 68% de los caudales de los emisores están dentro de $\pm 5\%$ del promedio, y que el 95% de los caudales de los emisores están dentro de $\pm 10\%$ del promedio.

La expresión matemática de cv, la cual es un típico término estadístico, puede convertirse a UD_{ci} como sigue:

$$UD_{ci} = \left(1 - \frac{1,27 cv}{\sqrt{n}} \right) \text{ (solamente considerando cv)}$$

donde: n = número de emisores por planta

Es de importancia crítica reconocer que el valor de “cv” en la forma como es utilizado en riego por goteo/microaspersión, se usa para identificar tan solo un componente del UD de un sistema de riego: las diferencias en caudal entre una muestra de goteros nuevos, sin obstrucción alguna y todos operando a la misma presión. Técnicamente debería siempre llamarse “cv de fabricación”, sin embargo, usualmente en las discusiones sobre el tema se acorta a “cv”.

La literatura cita como “aceptables” varios valores de cv para emisores nuevos, dependiendo del tipo de sistema. Históricamente, los valores de “cv aceptables” para cintas de goteo de corta vida fue considerablemente mayor que para emisores/rociadores grandes utilizados en cultivos permanentes, simplemente porque los diseñadores asumieron que las cintas no podían ser fabricadas con un cv bajo. La Tabla 1 puede utilizarse ahora para todos los tipos de dispositivos de emisión, debido a los mejoramientos formidables en la calidad de fabricación de cintas de goteo desde mediados de la década de 1980.

Tabla 1. Clasificación de la calidad de fabricación de emisores nuevos.

<u>Clasificación</u>	<u>cv</u>
Excelente	< 0,03
Promedio	0,03 - 0,07
Marginal	0,07 - 0,10
Muy Pobre	> 0,10

El Concepto Global de Uniformidad

El concepto de uniformidad de distribución (UD) se aplica a todos los métodos de riego. Si las UD se miden completa y apropiadamente, deberían ser comparables entre varios métodos de riego. Esto significa que una UD de 0,80 de un sistema de riego por aspersión debería ser equivalente a una UD de 0,80 de un sistema de melgas rectangulares. En los informes técnicos tradicionales se observa un factor de complicación en el sentido de que los valores de UD allí consignados muy rara vez son GLOBALES; en ellos no se han tenido en cuenta todos los factores de uniformidad a través de un lote. Los procedimientos de Cal Poly ITRC han promovido las mediciones globales por casi de 20 años. En los procedimientos no globales, puesto que se miden menos variables, los resultados que se obtienen se caracterizan porque hay menos factores considerados en el cálculo de uniformidad y, en esta forma, los valores de uniformidad que se dan a conocer, son por consiguiente más cercanos a 1,0 que aquellos informados por un evaluador quien haya considerado todos los factores. Aún cuando el concepto de UD es el mismo para todos los métodos de riego, la distribución espacial de la desuniformidad será diferente entre varios métodos de riego. En la Tabla 2 se indican algunos puntos posibles de bajas aplicaciones de lámina de agua dentro de sistemas de varios métodos de riego.

Los factores que afectan la UD para cada método de riego son diferentes. La Tabla 3 proporciona un bosquejo de estos factores para riego por goteo/microaspersión.

Tabla 2. Ejemplo de diferencias espaciales de UD con varios métodos de riego.

Método de Riego	Localización común de la infiltrado "mínima"	Causa de la localización
Aspersión Portátil	En el extremo aguas abajo de laterales pendiente arriba, hacia la mitad entre laterales	La uniformidad medida con recipientes puede ser pobre entre laterales y la presión en el extremo final, con mayor pendiente arriba, será la mínima.
Goteo/Microaspersión	Extremo final de la manguera más distante y con mayor pendiente arriba	Velocidades bajas durante la operación y lavado del sistema hasta este punto al iniciar el riego. Las presiones son también con frecuencia las más bajas en este punto.
Surcos	25% de la longitud del surco, aguas arriba del pie del surco, en surcos conformados con surcadora.	Los surcos conformados con surcadora experimentan mayor compactación que aquellos no conformados con surcadora y en esa distancia (25% del pie), puede ocurrir el menor tiempo de oportunidad de infiltrado si se asume que en el pie de los surcos hay acumulación de agua.

Variaciones de Presión

En sistemas de riego por presión las diferencias de presión constituyen una causa importante de desuniformidad del caudal. El efecto de tales diferencias puede evaluarse si se conocen las relaciones presión/caudal de los dispositivos de emisión. Una sección posterior de este libro está dedicada precisamente a este tema. La siguiente ecuación se usa con frecuencia para aspersores y emisores:

$$Q = KP^x$$

donde: Q = caudal

K = constante, la cual depende de la geometría del emisor

P = presión del emisor

x = exponente de descarga, usualmente entre 0,0 y 1,0

Una evaluación de la UD, si bien es cierto que proporciona información valiosa con respecto a un sistema de riego, también lo es que no trata todos los aspectos relativos a la variación espacial de la distribución del agua. La UD es una indicación del grado en que todas las plantas reciben cantidades de agua similares. Un sistema de goteo puede tener una excelente UD, no obstante humedecer tan solo el 30% del volumen potencial de suelo en la zona de raíces. Para fines agronómicos puede ser preferible tener una distribución del agua más completa a través de toda la superficie del suelo; tal cuestión, sin embargo, está fuera del dominio de una medición de la UD.

Combinación de varios componentes de UD

La UD de un sistema de riego debe ser calculada incluyendo todos los componentes pertinentes, es decir, debe calcularse una "UD global". Una estimación precisa de la UD requeriría que se conociera la forma de los modelos estadísticos de distribución de la presión y el caudal a través de un lote. Con las herramientas de diseño y los programas de evaluación actuales, se puede aproximar la UD de un sistema de riego por goteo/microaspersión por medio de la siguiente ecuación:

$$UD \text{ de Sistema} \cong UD \text{ Dif. de Caudal} \times UD \text{ Drenaje Desparejo} \times UD \text{ Separación Desigual}$$

donde: las diferencias de caudal pueden ser debidas a diferencias de presión, a obstrucción, a mezcla de diámetros de boquilla en el campo, al cv de fabricación, o a desgaste de las boquillas.

UD de un Sistema Nuevo

En un sistema nuevo no hay obstrucción, ni boquillas mezcladas, ni desgaste de las mismas. Además, cualquier diferencia en separaciones entre árboles y entre emisores puede ser resuelta ajustando los tiempos de aplicación. Esto indica que con el mismo número de emisores por árbol, los árboles adultos con corta distancia de separación entre sí pueden ser regados durante menos horas/semana y no obstante recibir la misma lámina de agua por semana que los árboles adultos separados a mayor distancia.

El componente de UD debido a drenaje disperejo rara vez es menor que 0,99 a 0,95 para la mayoría de sistemas de goteo y esta disparidad puede ser reducida por medio del uso de válvulas de retención controladas por resorte y colocadas a la entrada de los laterales, o utilizando mayores tiempos de aplicación por área unitaria de riego. Por consiguiente, los dos componentes primarios de desuniformidad en un sistema nuevo son el cv de fabricación y las diferencias de presión. En consecuencia, la UD de un sistema nuevo comúnmente se aproxima como se indica a continuación:

$$UD \text{ Nuevo} \cong \left(1 - \frac{1,27cv}{\sqrt{n}} \right) \times \frac{q_{\min.}}{q_{\text{prom.}}}$$

donde: n = número de emisores por planta.
 cv = coeficiente de variación de fabricación de emisores/rociadores.
 UD = la UD de diseño para un sistema nuevo.
 $\frac{q_{\min.}}{q_{\text{prom.}}}$ = relación de caudales "mínimo" y "promedio" dentro del sistema, debido a variaciones de **presión**.

UD Real vs UD Potencial

Los valores de UD "real" son más bajos que los valores de UD "potencial". Las uniformidades en cultivos comerciales (no en lotes experimentales) dependen de:

1. Diseño del Sistema de Riego: los sistemas deben diseñarse e instalarse en forma apropiada.
2. Conveniencia: cada sistema tiene un conjunto particular de condiciones bajo las cuales operará satisfactoriamente. Por ejemplo, el goteo puede no ser conveniente en áreas en las cuales la población de roedores sea abundante, por cuanto ellos comen las mangueras.
3. Manejo: los reguladores de presión pueden requerir ser ajustados en forma apropiada en sistemas de riego a presión. El sistema puede requerir un lavado periódico y puede necesitarse la inyección de químicos para reducir la obstrucción.

Es tal la mejora que han tenido los equipos y accesorios, que la UD de muchos sistemas nuevos de goteo/microaspersión puede ser del orden de 0,93. Sin embargo, en California se conoce documentación frecuente sobre valores promedios reales de UD para sistemas de goteo/microaspersión en cultivos anuales entre 0,75 y 0,80. En sistemas de goteo en hortalizas las UDs son generalmente en alguna forma menores que estos valores.

Deterioro con el Tiempo de Sistemas de Riego por Goteo y por Microaspersión

Los valores de UD empiezan a declinar con el tiempo, empezando desde unas pocas semanas en sistemas caracterizados por salidas pequeñas, hasta unos pocos años en otros sistemas. Las principales causas para este decaimiento son:

- OBSTRUCCIÓN (TAPONAMIENTO) de los emisores.
- Desgaste de los emisores, lo cual es especialmente problemático con algunos microrociadores.
- Deterioro de los componentes físicos de los emisores (por ejemplo cambio en las características de las partes flexibles y móviles de los emisores).
- Mal ajuste de presiones.

Tal como ocurre con cualquier método de riego, los valores medidos de UD después de varios años de operación, dependerán tanto del diseño como del manejo. Aquellos agricultores quienes en forma consistente lavan las mangueras, mantienen los filtros en condición excelente, e inyectan químicos para prevenir depósitos de bacterias y minerales, siempre obtendrán valores altos de UD en sus sistemas de riego. El ITRC ha encontrado excelentes valores de UD_{ci} (entre 0,88 y 0,92) en muchos sistemas cuyo tiempo de operación sobrepasa los 10 años. Tales sistemas han sido mantenidos en forma consistente con lavados de mangueras, inyección de químicos y excelente filtrado, además de que inicialmente fueron bien diseñados. De igual manera, el ITRC ha encontrado valores muy pobres de UD en otros sistemas. El ITRC no ha observado una correlación entre tiempo de operación y UD (Barricarte, 1999). Sin embargo, sí ha observado un declinar consistente de la UD con el tiempo. Estas afirmaciones no son contradictorias; algunos sistemas nuevos tienen muy pobre UD

en el primer día, debido a diseño y/o instalación inapropiados. De cualquier manera, a menos que un sistema haya sido diseñado incorrectamente con una presión baja (lo cual puede corregirse posteriormente), la UD siempre decae en algún grado con el tiempo.

Para los procedimientos de diseño explicados en este libro, la importancia de este cambio en UD se describe a continuación:

1. La diferencia de presión permisible entre emisores está determinada por la UD de diseño de un sistema nuevo.
2. El caudal de bombeo, LPS, (y el caudal por emisor) está determinado por la UD estimada después de varios años. Los autores reconocen que este segundo punto podría ser debatido y manejado en varias formas.

Evaluación de Sistemas de Riego por Goteo y por Microaspersión

A través de los años se ha desarrollado una variedad de técnicas para evaluar la UD de sistemas de riego por goteo/microaspersión. Los procedimientos más ampliamente aplicados en el oeste de los Estados Unidos se encuentran en el Irrigation Evaluation Manual (Burt, Walker y Styles, 1999). Ellos fueron desarrollados por el ITRC de Cal Poly en representación de la Water Conservation Office del California Department of Water Resources. Estos procedimientos están en uso desde mediados de la década de 1980, y desde entonces, centenares de especialistas han participado en cursos cortos de 2,5 días ofrecidos en Cal Poly con el objetivo de entender los procedimientos de evaluación de todos los métodos de riego de gran importancia. El equipo humano del California Mobile Lab ha usado extensivamente los procedimientos de evaluación de sistemas de riego por goteo/microaspersión, como también lo han hecho los consultores, los distritos de riego y empresas de servicios públicos.

Las técnicas de evaluación de Cal Poly estiman una UD global en el lote y tienen en cuenta las diferencias de presión, así como también otras causas de variación de caudal tales como obstrucción, desgaste y variación de fabricación; han tenido también en cuenta variaciones en la distancia de separación entre árboles y el drenaje desigual. Aunque es posible hacer mediciones más elaboradas y posteriormente refinar los estimativos de la UD, esta técnica proporciona estimativos de campo razonables y ciertamente señala la naturaleza y magnitud de cualquier problema. Para llevar a cabo una evaluación completa en un lote grande, se requieren aproximadamente 1 a 2 hombres-día, a menos que el sistema use goteo enterrado, en cuyo caso se necesita más tiempo para desenterrar los emisores. Los programas amigables para PC permiten a los usuarios imprimir copias de los datos originales, de una hoja resumen, así como también párrafos de recomendaciones seleccionadas por el programa en base a los datos.

Muchos de los procedimientos de evaluación existentes para goteo/microaspersión tan solo recogen y usan datos para el primer componente de la UD: diferencias en caudal entre emisores. Hasta donde los autores tienen conocimiento, el impacto de las diferencias de suelo nunca se tiene en cuenta en las evaluaciones comerciales. Los procedimientos de evaluación propuestos por el ITRC tienen en cuenta todos los componentes y factores con excepción de las diferencias del suelo y la desuniformidad en la edad de los árboles/vides. Esta última se refiere al hecho de que los árboles de un año de edad pueden necesitar tan solo una fracción pequeña de volumen de agua en comparación con árboles de mayor edad y sin embargo, en un huerto se encuentran con frecuencia árboles transplantados y mezclados con árboles de mayor edad.

Los sistemas de goteo superficiales son los más simples de evaluar, ya que la mayor parte de la desuniformidad puede ser determinada directamente midiendo el caudal de emisores en forma individual. Los sistemas de aspersión portátiles son más difíciles de evaluar por cuanto a más de las diferencias de caudal en los puntos de emisión, el agua se distribuye a medida que se desplaza a través del aire antes de que llegue a las plantas individuales (esta consideración no se hace con microrociadores, puesto que en ellos la lámina de agua aplicada no depende de la superposición). Lo que aún es más incierto acerca de aspersores es como caracterizar adecuadamente la redistribución del agua en la zona de raíces de las plantas individuales y sobre la superficie del suelo. Hay una asunción implícita para aspersores y goteros en el sentido de que toda agua que toca la superficie del suelo se infiltra cerca al punto de contacto. Donde quiera que esto no sea cierto, la UD se sobrestima con los procedimientos de evaluación actuales.

Tabla 3. Componentes y factores de la UD para riego por goteo/microaspersión.

Componente de UD	Factores que causan desuniformidad
* Diferencias en caudal entre emisores.	<ul style="list-style-type: none"> - Diferencias de presión a lo largo de las mangueras. - Diferencias de presión entre las mangueras. - Obstrucción. - Variación de fabricación (cv) - Diferencias del suelo — si los emisores están enterrados.
* Modelos diferentes de emisores en el mismo campo.	
* Las variaciones en separación entre plantas no se ajustan a la separación entre goteros o a la programación del riego.	
* Caudal desigual durante la iniciación y el drenaje.	
* Edades desuniformes de árboles/vides.	

En las evaluaciones de riego a nivel predial, la UD es más fácil de valorar que las eficiencias de riego y de aplicación, porque la ER y la EA requieren estimativos de

agotamiento de humedad del suelo a través de un campo (difícil de medir con precisión) y de percolación profunda (la cual solo puede inferirse). Las evaluaciones de riego rápidas en una finca o en un lote puede ser que no proporcionen valores precisos de EA, sin embargo, algunas de estas evaluaciones son valiosas en cuanto definen los procesos de riego de un lote o de una finca. La eficiencia de aplicación de un evento individual (en una fecha específica) no constituirá necesariamente un indicativo de la eficiencia de riego estacional o anual, ya que el manejo y demás condiciones pueden cambiar durante la estación o durante el año.

(Esta página se ha dejado intencionalmente en blanco.)