

# El manejo de líneas de riego de alas móviles-rodantes (*wheel-lines*) y líneas de alas móviles-a-mano (*hand-lines*) para incrementar la rentabilidad

R. Troy Peters, PE, PhD

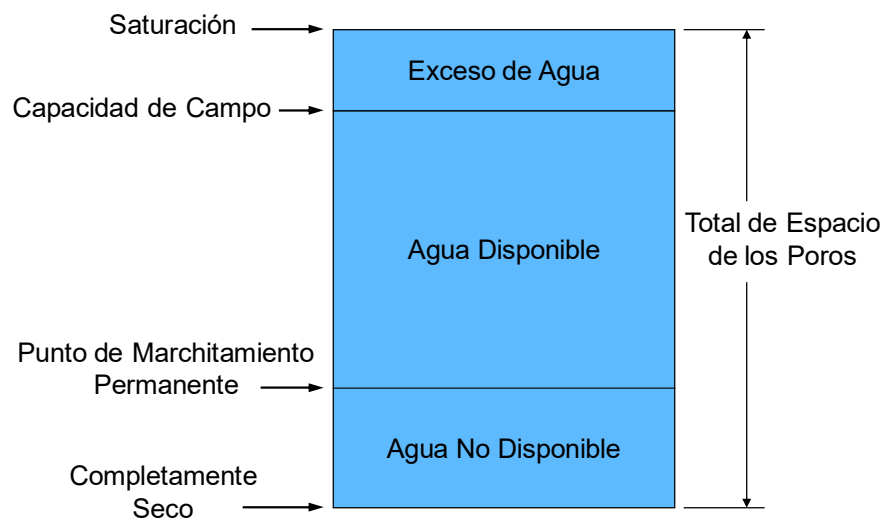


En el año 2008, habían cerca de 3 millones de acres, en los Estados Unidos, que eran regadas con líneas de riego de alas móviles-rodantes y líneas de alas móviles-a-mano con 1.3 millones de esas acres en la región del Noroeste del Pacífico. Sin embargo, existen muy pocas publicaciones que provean consejos del manejo práctico de este tipo de líneas de riego. Esta publicación fue escrita para manejadores u operadores de estos sistemas. Existen publicaciones que describen que son las líneas de riego de alas móviles-rodantes, como trabajan (Hill, 2000) y como darles mantenimiento (Beard, et.al., 2000). El enfoque de esta publicación es el de proveer el historial para entender el manejo del agua en el suelo y algunas de las prácticas para manejar estos sistemas de riego para incrementar la rentabilidad y mejorar la calidad del agua ambiental.

## Principios Básicos del Agua del Suelo

El agua es retenida en las ranuras y espacios vacíos que existen entre las partículas de suelo. Cuando todos los espacios entre las partículas de suelo están completamente llenas, se dice que el suelo ha sido *saturado* (lodo). Este exceso de agua se drenará con el tiempo a un punto donde el suelo sólo retendrá una cierta cantidad de agua indefinidamente contra la atracción de la gravedad. La cantidad

de agua retenida se llama *capacidad de campo*. Así como las raíces de las plantas remueven agua del suelo, el suelo se secará hasta llegar a un punto donde la succión o atracción del suelo por el agua excederá la habilidad de la planta para absorber el agua. A ese punto, la planta se marchitará y morirá y el contenido de agua en el suelo se le conoce como *punto de marchitamiento permanente*. La diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente es conocida como la *capacidad de retención de agua disponible del suelo*. (Figura 1).



**Figura 1.** Los diferentes componentes del contenido de agua en el suelo.

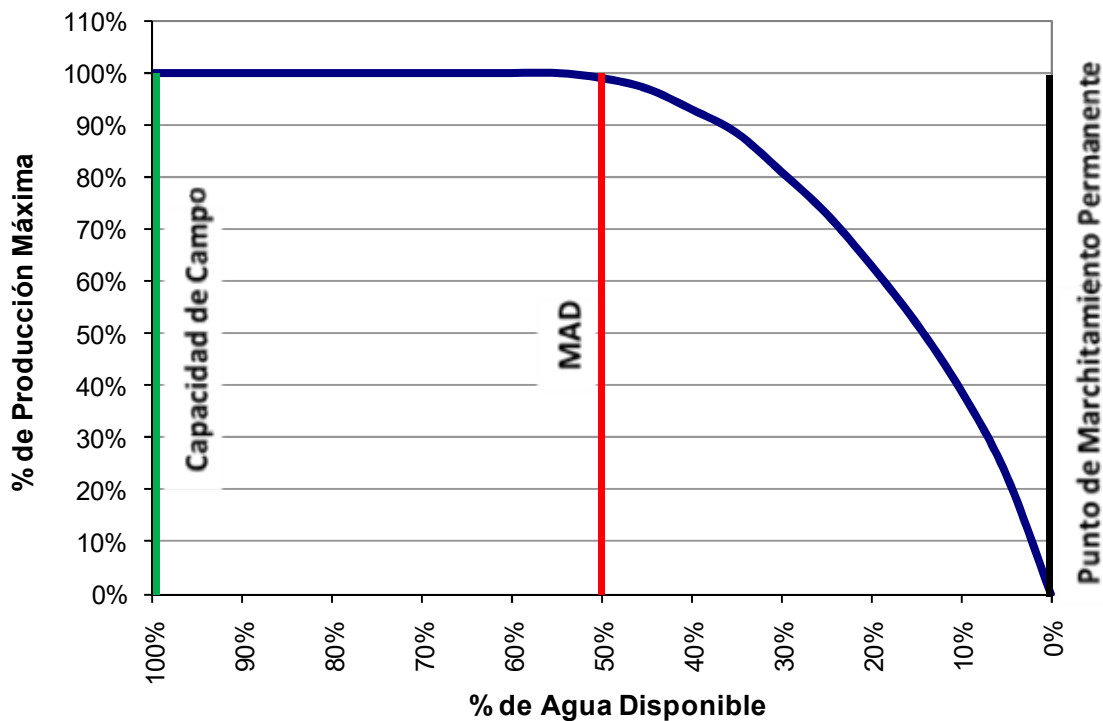
Diferentes suelos tienen diferentes capacidades de retención de agua disponible (Tabla 1). Los suelos arenosos no pueden retener tanta agua comparados con los suelos francos y arcillosos. La profundidad de las raíces de la planta también es una consideración importante. Una planta con raíces muy profundas (como la alfalfa) tiene acceso a áreas más grandes de suelo y consecuentemente a recipientes más grandes de donde pueden obtener más agua antes de que esta se filtre, comparado con una planta con raíces más superficiales (tales como las papas y las cebollas)).

**Table 1.** Rangos típicos de capacidad de retención de agua para diferentes tipos de texturas de suelo (PNW Irrigators Pocket Guide).

<b>Textura Delsuelo</b>	<b>Agua Disponible en pulgadas/pie</b>
Arena Gruesa o Grava	0.2 - 0.8
Arena Fina	0.7 - 1.0
Limo-Arenoso	0.8 - 1.3
Areno Limoso	1.1 - 1.6
Areno-Limoso Fina	1.2 - 2.0
Franco	1.8 - 2.5
Franco-Arcillosa	1.6 - 1.9
Limo-Arcillosa	1.5 - 2.0
Arcilla	1.3 - 1.8
Suelo Turboso	1.9 - 2.9

Es importante señalar que las plantas que crecen en suelos arenosos usan la misma cantidad de agua y nutrientes que aquellas que crecen en suelos más pesados. Así que los suelos arenosos no necesitan más agua, sólo necesitan ser regados más seguido pero en cantidades de agua más pequeñas ya que estos suelos no pueden retener tanta agua como los suelos más pesados. Aplicando más agua de la que el suelo puede retener simplemente resulta en una filtración más profunda (el agua se filtra más abajo de la zona radicular de la planta) y de esa manera se pierde el agua, la energía de la bomba y los nutrientes vitales para la planta que están disueltos en el agua del suelo.

Conforme el contenido de agua del suelo se va reduciendo del punto de capacidad de campo (100% de agua disponible) al punto de marchitamiento permanente (0% de agua disponible), el cultivo generalmente no es afectado sino hasta llegar a un punto donde la producción se reduce (figura 2). Este punto es comúnmente seleccionado como el Déficit de Manejo Permitido (Management Allowable Deficit - MAD por sus siglas en inglés). Este punto y la forma de esta curva son diferentes para diferentes plantas. La reducción de agua del suelo más abajo de este punto resultará en pérdidas significantes de la producción.



**Figura 2.** Una curva generalizada que muestra como la producción de la planta (crecimiento) es afectada por el estrés de agua del suelo.

### Limitaciones de los Sistemas Móviles

Las líneas de riego de alas móviles-rodantes, especialmente las de alas móviles-a-mano, requieren de mucho tiempo y esfuerzo para moverlas entre una aplicación a otra. Por esta razón, los productores prefieren utilizar turnos de riego (sets) más largos porque requiere menos inversión de trabajo. Los turnos de 24 horas son comunes. Esto puede resultar en grandes cantidades de agua (típicamente cerca de 3 pulgadas en un turno de 24 horas de riego) siendo aplicadas con largos intervalos de tiempo entre riegos. Esto está bien si el suelo es capaz de retener esas grandes cantidades de agua. Sin embargo, no todos los suelos pueden retener esa cantidad de agua en la zona radicular de la planta y el agua se perderá por una filtración más profunda o el cultivo tendrá que entrar en la zona de estrés (figura 2) para poder utilizar esa cantidad de agua.

#### *Ejemplo del uso de agua para pastura en un suelo arenoso:*

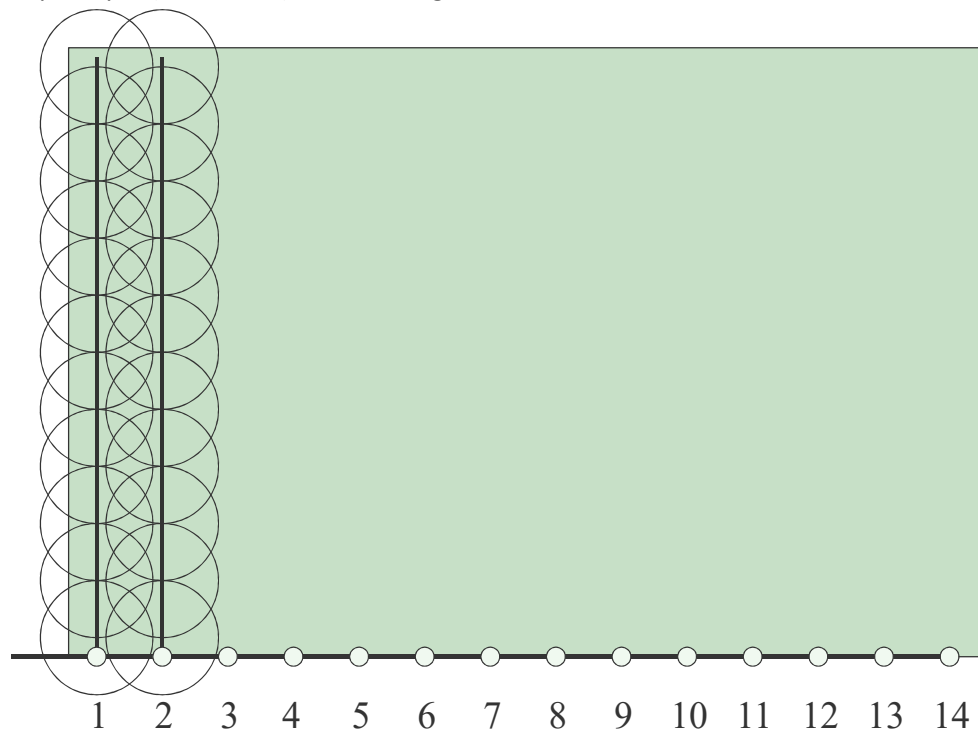
Si asumimos que la profundidad de las raíces de la pastura es de 3 pies y que la capacidad de retención de agua de un suelo areno-limoso es de 1.2 pulgadas/pie (1.2 in/ft), entonces el total de la capacidad de retención de agua es de 1.2 pulgadas/pie x 3 pies = 3.6 pulgadas de agua que pueden ser retenidas en la zona radicular. Sin embargo, no queremos que el agua del suelo se seque completamente porque a menos del 50% del agua disponible ya hay pérdidas significantes en la producción (Figura 2). Así que si seleccionamos un punto de déficit de manejo permitido (MAD) de 50%, entonces 3.6 pulgadas de agua x 50% = 1.8 pulgadas de agua, que sería lo máximo de agua del

suelo que podría perderse antes de que se riegue nuevamente para rellenar la zona radicular. Si asumimos esta típica situación ya descrita donde 3 pulgadas de agua se depositan en el suelo en 24 horas, entonces el productor no debería de utilizar turnos de riego de 24 horas ya que la mitad de la cantidad de esa agua se desperdiciaría; en cambio, sería mejor utilizar un turno de 12 horas ya que esto aplicaría la mitad de la cantidad de agua (1.5 pulgadas) lo cual es menor que la cantidad máxima de agua perdida ya calculada (1.8 pulgadas). Sin embargo, si el mismo productor tiene un campo de alfalfa (con una zona radicular de 5 pies) en un suelo franco (2 pulgadas/ pie de capacidad de retención de agua), entonces los turnos de riego de 24 horas trabajarían bien;  $5 \text{ pies} \times 2 \text{ pulgadas/pie} = 10 \text{ pulgadas de agua disponible}$ . Estas 10 pulgadas de agua disponible multiplicadas por 50% de MAD resulta en 5 pulgadas de cantidad máxima de agua perdida. De hecho, en este caso, el productor podría actualmente mover su turno de riego a cada 36 horas.

### Formas de Mover las Líneas de Riego

En general, existen tres formas de movimiento para las líneas de riego de alas móviles. Estos son comúnmente llamados en inglés: TAXI, WIPE y SKIP

**TAXI:** En la forma TAXI el productor riega cada surco, en secuencia, de un lado a otro de la parcela (hidrantes o tomas de agua del 1 al 14 en la figura 3). Luego “transporta” el sistema vacío otra vez hasta el principio (hidrante 1); o sea, al lugar de inicio antes de comenzar el ciclo otra vez.



**Figura 3.** Forma típicas de sobre-posición y plan de movimiento para sistemas de líneas de riego de alas móviles-rodantes y a-mano.

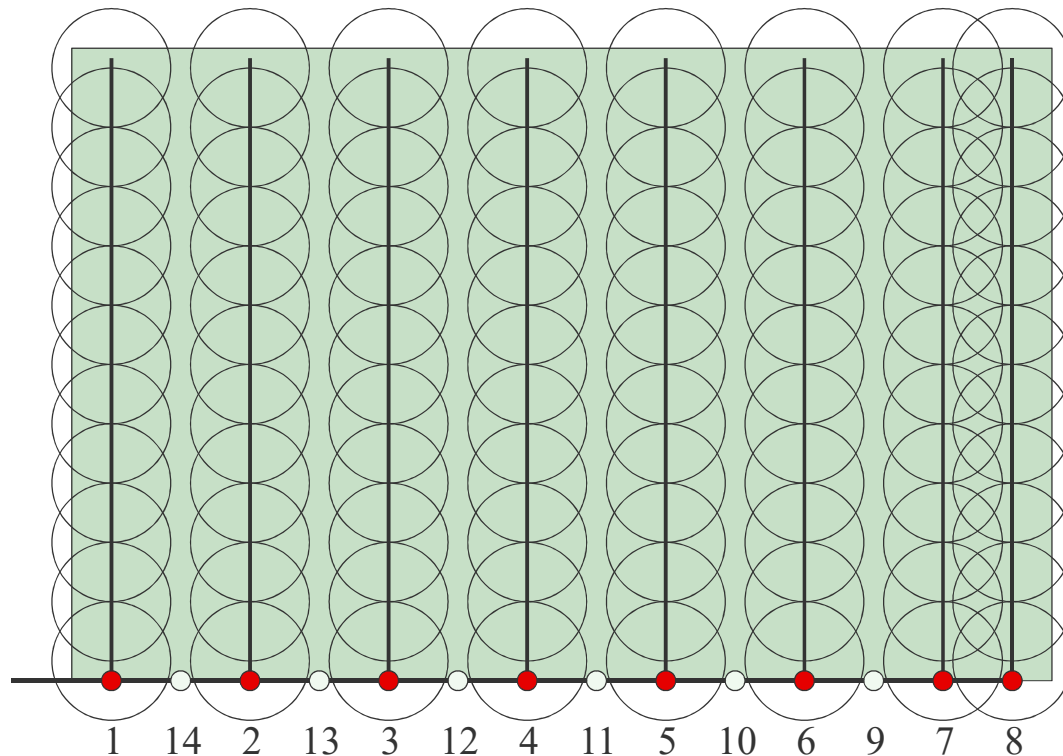
Taxi es un opción viable pero frecuentemente no es muy popular porque moviendo el sistema ya vacío hasta el lugar de inicio es mucho trabajo en el día que se tiene que hacer. Típicamente, las líneas de alas

móviles-a-mano son cargadas en un vehículo y llevadas hasta la posición del hidrante número 1 antes de recomenzar el ciclo de riego.

**WIPE:** Es la forma donde el productor riega en cada hidrante, o toma de agua, en dirección hacia abajo de la parcela, luego espera un poco de tiempo, entre 12 - 24 horas, antes de regar en sentido contrario. (Se riega del hidrante del 1-14 en orden en la figura 3, luego riega 14-1 en sentido opuesto). Esto evita tener que mover el sistema ya vacío hasta el lugar de inicio.

Aunque este sistema involucra menos movimiento de las líneas de riego, la forma WIPE usualmente resultará en la aplicación de demasiada agua en los extremos de la parcela en un período corto de tiempo lo cual resulta en la pérdida de agua y nutrientes debido a la filtración. Esto también resultará en períodos muy largos entre riegos en los extremos del campo durante los cuales las plantas podrían sufrir estrés por falta de agua y pérdida de producción. Así que esta opción no es recomendada.

**SKIP:** Regar cada tercer punto hacia abajo de la parcela, luego regar los puntos que no se regaron hacia el lado opuesto de la parcela (figura 4).



**Figura 4.** Mostrando la forma de movimiento de SKIP. Regar de cada tercer hidrante hacia abajo de la parcela (rojo), luego regar de regreso de los hidrantes que no se regaron (blanco) (Hidrantes 1-14 en orden)

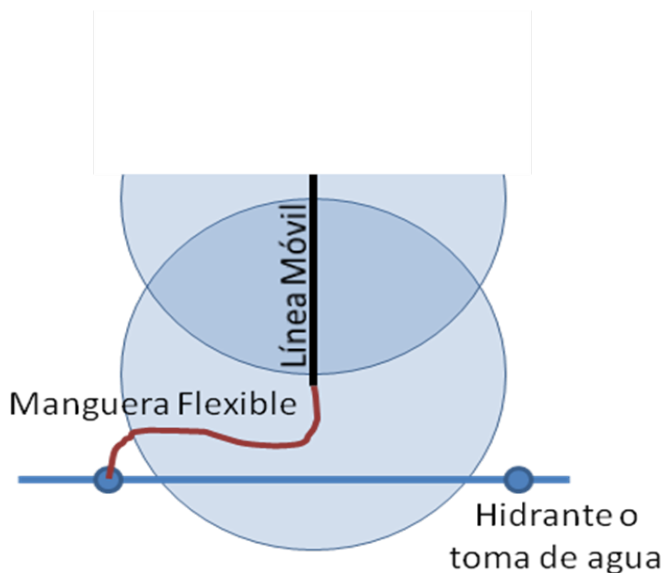
La forma de movimiento de líneas de SKIP se recomienda por las siguientes razones:

- A) Esto evita los problemas de sobre-regar y tener intervalos largos y secos en los extremos de la parcela como con WIPE

- B) Aunque este sistema tiene la misma cantidad de movimientos de líneas como la de TAXI (mover dos hidrantes cada vez, excepto por los extremos del campo), esta labor se reparte en intervalos regulares y de esta manera es más fácil para planear y operar.
- C) Porque los aspersores no se sobrepondrán en suelos regados con los turnos de riego previos (no hay sobre-posición entre los turnos 1 y 2 en la figura 2) la profundidad de aplicación actual será menor por la falta de sobre-posición de los turnos de riego previos y/o subsecuentes y esto permite el drenaje del agua del suelo antes de que se aplique el siguiente riego. Esto resulta en el equivalente de riegos más frecuentes con cantidades de agua más pequeñas en esos lugares de sobre-posición. Por esta razón, es menos probable exceder la capacidad de retención de agua del suelo y perder agua y nutrientes debido a la filtración y escurrimiento y el estrés por falta de agua entre riegos. Esto resulta en mayor producción y mejor calidad del cultivo que en las otras dos opciones. Pintar cada tercer hidrante con diferente color le podría ayudar al regador a recordar en cual de ellos debería estar.

### **Mejorando la Uniformidad de la Aplicación**

Una buena uniformidad en la aplicación de agua de riego es necesaria para asegurarse de maximizar la producción en todas las áreas de la parcela. Sin embargo, los aspersores no aplican el agua de una manera perfectamente uniforme u homogénea. La uniformidad de aplicación del riego se puede mejorar a través de varios ciclos de riego utilizando una adaptación “fuera de sitio”. Con esta práctica, la posición de movimiento esta fuera de sitio (queda entre hidrantes) cada 20-30 pies (una vuelta de una llanta de siete pies, dos vueltas de una llanta de 5 pies) hacia la izquierda o a la derecha de la posición del hidrante. Esta adaptación se mantiene a durante el curso completo de ese ciclo de riego. En el siguiente ciclo, la adaptación podría quedar hacia el otro lado del hidrante o en el hidrante mismo. El efecto de promediar las profundidades de aplicación entre la forma de posición cambiante puede mejorar marcadamente la uniformidad de aplicación. Esto es particularmente notable si las presiones de operación pueden estar en el lado más bajo o si hay un tiempo constante del día – como en el caso de que un patrón de viento matutino sea experimentado. En el caso de patrones de vientos diurnos extremos, una adaptación de fuera de sitio de 12 horas entre turnos en riegos sucesivos puede ser deseable también. Una adaptación puede hacerse con líneas de alas móviles-a-mano utilizando una pipa de 30 pies de largo, o 50% del espacio que haya entre hidrantes y un codo el cual será movido de un hidrante a otro junto con la línea.



**Figura 5.** Utilizando una adaptación “fuera de sitio” en cada tercer ciclo de riego puede mejorar significativamente la uniformidad de aplicación.

### Seleccionando la Frecuencia de Cambio

Los suelos superficiales (sobre roca madre) o los suelos arenosos no pueden retener mucha agua como ya lo mencionamos anteriormente. Regando en intervalos largos (turnos de 24 horas) frecuentemente se aplicará más agua que la que el suelo pueda retener en la zona radicular y esta agua se perderá debido a la filtración, llevándose con ella los nutrientes disueltos en el agua que hay en el suelo. En esos casos, el productor tiene dos opciones, (1) un período de cambio más corto (turnos de 8 o 12 horas), o (2) utilizar boquillas más chicas (resulta en una cantidad de aplicación más baja) y probablemente comprar otra línea de alas móviles-rodantes o de alas móviles-a-mano para operarlas simultáneamente para mantener la cantidad de agua que necesite la planta para su uso.

### Otras Recomendaciones de Manejo

Cantidades significantes de agua se pueden perder debido a goteras. El autor de esta publicación midió la cantidad de agua que tiraban varias goteras en líneas de alas móviles-rodantes en las parcelas de varios productores y la mayoría de estos productores estaban sorprendidos con la cantidad de agua que se estaba perdiendo. Aunque muchas veces parecen insignificantes, muchas goteras tiran tanta agua como lo que tiran 2-5 sprinklers. Es una buena práctica hacer un plan para que en intervalos regulares, a través de la temporada de producción, revisar todo el sistema de aplicación y reparar goteras y reemplazar sellos.

### Aspersores

Los aspersores de impacto hechos de bronce son los más comúnmente utilizados. La base de estos es usualmente la primera parte en fallar y puede resultar en aspersores que ya no se muevan o giren, aunque el brazo de impacto continúe funcionando y pareciera en buenas condiciones a la distancia. Un aspersor que no gire lleva a una uniformidad de aplicación muy pobre, sobre-aplicando en



partes fijas y creando un estrés por falta de agua en las áreas que no cubre el aspersor. Tome el tiempo para asegurarse de que cada aspersor este girando apropiadamente. La empresa *Rain Bird* tiene una buen guía técnica (*Tech Tip*) en como darle mantenimiento a los aspersores de impacto (Rain Bird a). Los aspersores de *impacto* de  $\frac{3}{4}$  de pulgada hechos de plástico tienden a desgastarse rápidamente con el uso pesado en agricultura y en general no duran con tantas horas de uso. Los aspersores *rotantes* de  $\frac{3}{4}$  de pulgada hechos de plástico son de los más nuevos en el mercado y las pruebas preliminares son buenas en cuanto a distancia de aplicación y distribución. Pero aunque se ven bien, al tiempo de esta publicación su capacidad y durabilidad no habían sido aún validadas por un gran número de productores.



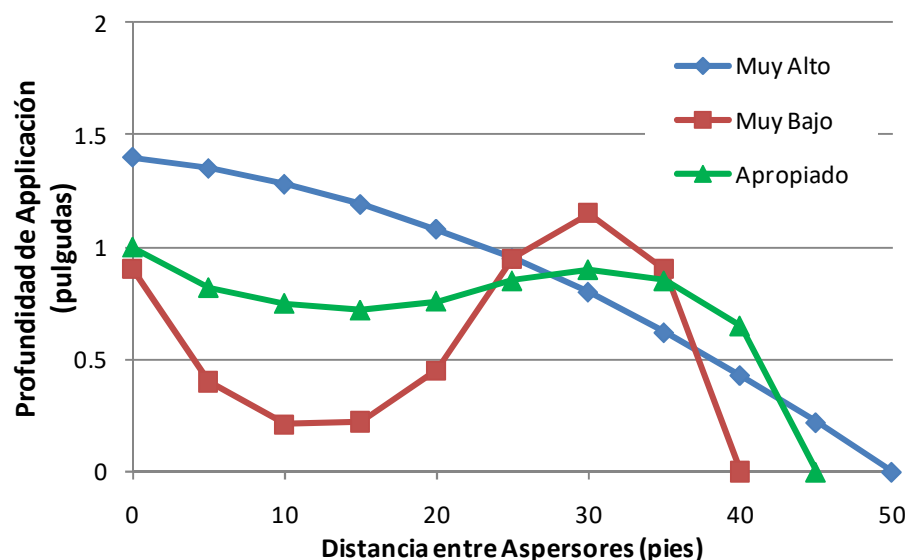
**Figura 5.** Un aspersor de impacto de  $\frac{3}{4}$  de pulgada hecho de bronce y el más reciente aspersor rotante de  $\frac{3}{4}$  de pulgada hecho de plástico; ambos diseñados para uso agrícola.

Las boquillas de los aspersores están hechas para medir cuanta agua se aplica. También, están sujetas a las altas velocidades de aplicación del agua y al desgaste con el tiempo. Esto es especialmente cierto cuando el agua de riego está sucia o contiene arena u otros materiales abrasivos. Conforme se van desgastando, el diámetro de las boquillas aumenta y más agua es aplicada de lo que originalmente fue diseñada. Esto resulta en un sistema con una uniformidad de aplicación muy pobre. El diámetro de una boquilla hecha de bronce puede revisarse fácilmente con una broca para taladro del mismo diámetro. Revisar el tamaño de la boquilla, al menos temporalmente, es una buena práctica de manejo. Reemplazar las boquillas de los aspersores es menos costoso y los productores deberían de planear en reemplazarlas cada 2-5 años dependiendo de que tan abrasiva sea el agua.

Para que puedan funcionar apropiadamente, la mayoría de las líneas de alas móviles-rodantes y líneas de alas móviles-a-mano deben ser operadas entre 40 y 60 libras de presión por pulgada cuadrada (psi). Lo mejor sería operar a la presión a la que los aspersores fueron diseñados. A presiones más altas, el aspersor creará una “brisa” fina la cual sería muy afectada por el viento y sería menos eficiente. A presiones muy bajas, el agua no se espase lo suficiente conforme sale de la boquilla (gotas muy grandes) y el aspersor aplicaría el agua en una forma circular (en forma de una dona) sin aplicar suficiente agua entre el aspersor y el radio en el cual la mayoría del agua llega al suelo (figura 7). En general, conforme el tamaño de la boquilla aumenta, tendría que aumentar la presión para tener un buen rendimiento. Una presión impropia resultará en una uniformidad de aplicación pobre. Para

compensar por una uniformidad de aplicación pobre, el encargado del riego debe de aplicar más agua para regar adecuadamente la parcela o el cultivo sufrirá estrés por falta de agua en muchas áreas de la parcela. Usando adaptaciones para fuera de sitio como se mencionó anteriormente también ayuda.

Presiones más altas también resultan en cantidades más grandes de aplicación por la boquilla. En un terreno inclinado, los aspersores en la parte baja tendrán más presión que aquellos que se encuentran en la parte más alta. Esto resultará en una aplicación inadecuada de agua a las partes más altas del campo. Los aspersores compensadores de presión están disponibles y ayudan a que el flujo de las boquillas tenga la misma cantidad a pesar de las presiones de operación. Estos son recomendados para campos con diferencias de elevación más grandes de 15-25 pies.



**Figura 6.** Profundidades de aplicación (patrones) con respecto a la distancia de un aspersor por presiones que van desde muy alta a muy baja y las que están ajustadas apropiadamente.

### Determinando la Cantidad o Profundidad de Aplicación

¿Cuanta agua está siendo aplicada? La mejor manera de determinar la cantidad de aplicación o profundidad durante un evento de riego es medirla directamente. Esto puede hacerse fácilmente poniendo un bote o una cubeta (de café o de sopa) bajo el aspersor durante un ciclo de riego y medir la profundidad del agua capturada durante ese ciclo. Tenga en cuenta que los aspersores aplican diferentes cantidades de agua en diferentes puntos (por esto es importante que los aspersores se superpongan). Seleccionando un punto de aproximadamente 1/3 a 2/3 de la distancia de aplicación desde la pipa de aplicación debería de darle un buen promedio. Poniendo más botes o cubetas en diferentes puntos, tales como en un diseño de cuadrícula de 10 pies por cada lado, le daría una mejor idea del promedio de agua aplicada.

Si una medida directa no se puede hacer, un método alternativo es calcular ese promedio de agua usando el diámetro de la boquilla, la presión y la distancia entre aspersores. Una publicación de Thomas Ley (1992: WSU EB1305) o una hecha por la empresa *Rain Bird* (b) ayuda paso por paso en como hacer esas calculaciones. También, hay calculadoras electrónicas que están disponibles en línea

en el sitio <http://irrigation.wsu.edu> que le pueden ayudar con estas calculaciones. Muchas de estas calculadoras se han adaptado para poder utilizarlas con teléfonos inteligentes (Peters, 2011)

### **Bibliografía**

Beard, F.R., R.W. Hill, and B. Kitchen. 2000. Maintenance of Wheelmove Irrigation Systems. Available online at: [http://extension.usu.edu/files/publications/publication/ENGR\\_BIE\\_WM\\_05.pdf](http://extension.usu.edu/files/publications/publication/ENGR_BIE_WM_05.pdf). Last accessed Jan. 2011.

Hill, R.W. 2000. Wheelmove Sprinkler Irrigation Operation and Management. Available online at: [http://extension.usu.edu/files/publications/publication/ENGR\\_BIE\\_WM\\_08.pdf](http://extension.usu.edu/files/publications/publication/ENGR_BIE_WM_08.pdf) . Last accessed Jan. 2011.

Ley, T.W. 1992. Sprinkler Irrigation – Application Rates and Depths. Washington State University Extension Publication EB1305.

Rain Bird (a). Tech Tip. Impact Sprinklers Maintenance Guide. Available online at <http://www.rainbird.com/documents/ag/imp.pdf>.

Rain Bird (b). Reference Tables and Appendices. Available online at: [http://www.rainbird.com/documents/ag/ref\\_US.pdf](http://www.rainbird.com/documents/ag/ref_US.pdf)

The Pacific Northwest Irrigator's Pocket Guide. 2009. National Center for Appropriate Technology. [www.ncat.org](http://www.ncat.org) Butte, MT.

Peters, 2011. Irrigation in the Pacific Northwest. <http://irrigation.wsu.edu/mobileirr/Calculators/Sprinkler/Application-Rate.html>. Last accessed Mar. 2011.

### **Glosario:**

**Management** = manejo; operación

**Wheel-lines** = líneas de alas móviles-rodantes

**Hand-lines** = líneas de alas móviles-a-mano

**Soil water** = agua del suelo; agua que hay en el suelo

**Field capacity (FC)** = capacidad de campo

**Permenent wilting point** = punto de marchitamiento permanente

**Available water holding capacity (AWHC)** = capacidad de retención de agua disponible

**Sandy soils** = suelos arenosos

**Peat mucks** = suelos turbosos; donde la materia orgánica aun es visible (suelos orgánicos)

**Root zone** = zona radicular

**Soil texture** = textura del suelo

**Percolation** = percolación o filtración

**Management Allowable Deficit (MAD)** = Deficit de Manejo Permitido

**Irrigation sets** = turnos de riego

**Field** = parcela

**Movement patterns (TAXI, WIPE, SKIP)** = formas de movimiento de líneas de riego

**Riser** = hidrante o toma de agua

**Overlap** = sobre-ponerse

**Offset** = adaptación fuera de sitio; es una adaptación para mover la línea de riego de modo que quede entre los hidrantes para tener una mejor sobre-posición cuando se riega.

**Uniformity** = uniformidad u homogeneidad

**Intervals** = intervalos; períodos de tiempo

**Leaks** = goteras

**Grower** = productor

**Sprinkler** = aspersor

**Abrasive** = abrasivo; desgastante

**Nozzle** = boquilla

**Brass nozzle** = boquilla hecha de bronce

**40 to 60 psi** = de 40 a 60 libras de presión por pulgada cuadrada