

# El riego:

## *Factor clave para evitar la erosión*

Escobosa-García, M.I.<sup>1</sup>; Bali, K.M. <sup>2</sup>; Soto-Ortiz, R.<sup>1</sup>; Pérez-Márquez, A.<sup>1</sup>; Escobosa-García, L.F.<sup>1</sup>; Cárdenas-Salazar, V.<sup>1</sup>; Avilés-Marín, S.M.<sup>1</sup>; Ruiz-Alvarado, C.<sup>1</sup>; Araíza-Zúñiga, D<sup>1</sup>; González, L.; Núñez-Ramírez, F.<sup>1</sup>; Román-Calleros, J.A.<sup>1</sup>; Escoto-Valdivia, H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.<sup>2</sup> University of California Cooperative Extension.

**Autor responsable:** [isabel.escobosa@uabc.edu.mx](mailto:isabel.escobosa@uabc.edu.mx)

### RESUMEN

Los sedimentos en suspensión en el agua de riego causan una serie de daños al medio ambiente cuando se convierten en escorrentías y llegan a los espejos de agua, tales como la atenuación de la luz que reduce la fotosíntesis, irritación de las branquias de los peces por el transporte de los contaminantes adsorbidos y hasta asfixia, por lo que la medición de los atributos ópticos de sólidos en suspensión es relevante como Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU por sus siglas en inglés). El índice de dispersión de la luz por partículas suspendida, ha sido ampliamente utilizado como un instrumento de sedimentos en suspensión, que también se relaciona más directamente que la concentración en masa a efectos ópticos de materia en suspensión. Sin embargo, la turbidez es sólo una medida relativa de dispersión. En este trabajo se compararon dos tiempos de corte en el sistema de riego por melga a 75 y 100%, con respecto a la longitud de la melga, con tres repeticiones durante dos años; para su análisis se utilizó un diseño completamente al azar. El objetivo fue concientizar que el manejo del riego es un factor clave para evitar la erosión de los suelos y reducir los sólidos totales disueltos (STD). Los resultados no mostraron significancia estadística ( $p > .05$ ) sobre los STD; sin embargo, se concluyó que con el corte de riego al 100% se observó una mayor pérdida de STD.

**Palabras clave:** sedimentos, turbidez, NTU.

## INTRODUCCION

El Valle Imperial está situado en el noroeste del Desierto Sonorense, y presenta una precipitación anual cercana a 76 milímetros por año (Mayberry y Meister, 2003). La producción agrícola de esta región es totalmente dependiente del agua de riego, la cual es derivada del Río Colorado a través del *canal Todo Americano* y distribuida por el sistema de irrigación mayor del sur de California. Cerca de  $3.45 \times 10^9$  m<sup>3</sup> de agua del Río Colorado se vierten anualmente para regar más de 202,342 ha, de las cuales el 80% se siembran con los cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*), trigo (*Triticum aestivum*) y sudán (*Sorghum sudanense*) (Agricultural Commissioners', 2011). El riego por melgas y por surcos son los métodos principales en el Valle Imperial, y se utiliza en más del 90% de la superficie cultivada. El riego por goteo se utiliza en menos de 5%, sobre todo en cultivos de hortalizas, mientras que el de aspersión es utilizado para germinar algunos cultivos, cambiando a riego por melgas o surco una vez que el cultivo es establecido.

### Problemática

La descarga de sedimentos al drenaje agrícola en el Valle Imperial es de 2.5 ton ha<sup>-1</sup> aproximadamente (Bali, 2002); estudios realizados por Haan y Hayes (1994) registraron para una área de estudio de 65 ha el aporte de 772 kg de sedimentos para el cultivo de alfalfa (*M. sativa*), otros estudios realizados por Vicent (1999), concluyeron que los cultivos de cobertura total como la misma alfalfa contribuyen hasta con 20% del aporte total de sedimentos a los drenes (Agricultural Commissioner, 2011). La alfalfa requiere de aproximadamente 16 riegos durante el año, con una frecuencia de dos riegos entre cada corte. El método de riego utilizado en el Valle Imperial, es de "*melgas abiertas al pie*", y durante un riego el flujo de agua a la parcela es cortado cuando el frente de ésta alcanza alrededor del 80% de la longitud del campo, de la cual entre el 15% y 20% del volumen del agua aplicada termina como escurrimiento superficial (Meister *et al.*, 2004).

La presencia de sedimentos en suspensión, principalmente fertilizantes y otros componentes adsorbidos en el agua de riego, ha provocado impactos negativos en la calidad del agua y pueden causar problemas ambientales en el futuro mediano (Davies-Colley y Smith, 2001). Aproximadamente 30% de aguas residuales aplicados en la cuenca del Mar Sal-

ton (lago salado y endorreico ubicado en el sur de California, al suroeste de Estados Unidos) termina como agua de drenaje. La concentración media de sedimentos en suspensión que se drena a los ríos en el Valle Imperial oscila entre 350 y 400 mg L<sup>-1</sup>, y el promedio de carga de sedimentos de los drenajes y ríos en el mismo valle es de más de 500,000 toneladas por año. Además de la pérdida y erosión de las partículas del suelo productivo, se arrastran cantidades considerables de fósforo (P) del suelo en concentraciones de entre 0.5 a 1.0 mg L<sup>-1</sup> soluble en el agua de drenaje, las que con tiempo terminan en el Mar de Salton. Lo anterior genera una variable denominada turbidez, la cual se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) y se utiliza a menudo como un índice aproximado del contenido de sedimentos en suspensión del agua, y se considera un indicador aproximado de la claridad del agua (Davies-Colley *et al.*, 1993). La reducción de la carga y concentración de sedimento en suspensión en escorrentía tienen numerosos beneficios, dentro de los cuales resaltan la propia economía del agua, así como la regulación de la carga de otros contaminantes tales como plaguicidas y fertilizantes que se adjuntan a la erosión. En un afán de concientizar que el riego adecuado es un factor clave para evitar la erosión de los suelos y evitar problemas ambientales en el mediano plazo, se intentó determinar si la turbidez es significativa y afectada por el manejo del riego en melgas, amén de conocer las condiciones físicas del suelo, a fin de evitar la pérdida de agua y de sólidos totales disueltos.

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se ubica en el Condado Imperial, localizado en la parte sureste del Estado de California (32° 44' N y 115° 25' O); la temperatura en época invernal es de 16 °C en promedio, con un rango de -1.1 °C en enero y máximas de 43 °C en julio-agosto. La precipitación media anual es de 75 mm, y humedad relativa de 16-60% (Mayberry y Meister, 2003). Suelo arcillo-arenoso con 60-70% de la fracción de arcilla tipo montmorillonita (una arcilla mineral con una gran área de superficie), y en la capa superficial se presenta como arcillo-limoso con 2.14 a 2.74 m de espesor y descansa sobre estrato arenoso. La capa de arcilla tiene baja permeabilidad y la salinidad del suelo es variada, con un promedio en los extractos de

saturación de entre 2 y 12  $\text{dS m}^{-1}$  y una relación de absorción de sodio (RAS) de 5 a 15, e infiltración básica de 0.02 mm por día (Zimmerman, 1981).

### Material biológico y manejo del cultivo

Se estableció el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en un lote de 32.5 ha, siguiendo las recomendaciones de la Universidad de California (Meister *et al.*, 2004); se sembró la variedad CUF-101 con una densidad de 34  $\text{kg ha}^{-1}$  de semilla en melgas de 60 m de ancho y 365 m de largo. Se formularon dos tratamientos (tratamiento 1=agua de riego aplicada con el corte al 100%; tratamiento 2=agua de riego aplicada con el corte al 75% durante dos años con tres repeticiones (Cuadro 1).

### Muestra de agua de riego en campo

Midiendo como única variable la turbidez, en el riego al corte de 100 y 75%; de los 26 riegos evaluados en dos años de estudio, se analizaron en total 468 muestras, para lo cual se utilizó un muestreador que consistía en tubo extensible de 2 m de largo y 1.27 cm de diámetro, donde en uno de sus extremos se sujetó un recipiente

Cuadro 1. Distribución de tratamientos de riego y porcentaje de recorte (2006-2007).

Año	M1	M2	M3	M4	M5	M6
2006	100%	75%	75%	100%	100%	75%
2007	100%	75%	75%	100%	100%	75%

M: Melga; Tratamiento 1: Agua de riego aplicada con el corte al 100%. Tratamiento 2: Agua de riego aplicada con el corte al 75%.

para depositar la muestra. La recolección se hizo en botellas de plástico de 250 mm (Figura 1 A) que se identificaron en forma individual por medio de una etiqueta donde se describió el número de proyecto, fecha, hora, la procedencia y el nombre de la persona que tomó la muestra (Figura 1 B). Se tomaron tres muestras de agua por cada tratamiento en intervalo de 15 minutos entre cada muestra, para proseguir con la lectura y obtener un promedio de turbidez en el riego al corte de 100 y 75%. Todos los procedimientos de laboratorio se apegaron a las normas de seguridad para laboratorio de la Universidad de California Davis (UC Davis, 2001). Para obtener

los datos de turbidez se utilizó un turbidímetro marca Hach modelo DR 890 (Figura 1 C), aplicando el método 180.1 (EPA, 1984), con la precisión que se muestra en el Cuadro 2.

Este procedimiento se efectuó en un lapso no mayor de 48 horas después de la toma de muestras, y antes de tomar la lectura el equipo fue calibrado de acuerdo con un procedimiento establecido y los datos se expresaron en NTU (unidad nefelométrica de turbidez) y posteriormente se convirtieron a Total de Sólidos Suspendedos (TSS) en  $\text{mgL}^{-1}$ , utilizando la ecuación:  $\text{TSS}=3.6 (\text{NTU}^{0.8})$ , que se deriva del método de calibración del

Cuadro 2. Precisión del Turbidímetro Hach modelo DR 890.

Parámetro	Método	Unidad	Detección límite	Sensibilidad	Precisión	Exactitud
Turbidez (US-EPA)	180.1	NTU	<0.02	0.01	$\pm 10$	$\pm 10$

Figura 1. A: Muestreo de agua de riego. B: Conservación de las muestras recolectadas. C: Turbidímetro marca Hach modelo DR 890.



Hach DR 890. Para configurar la información obtenida en el presente estudio, que permitió además la estimación sobre la variable de interés, se utilizó el paquete estadístico UANL (Olivares, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Cuadros 3 y 4 muestran los valores de mínimos cuadrados obtenidos de los riegos con cortes al 100 y 75% respectivamente, obteniendo un promedio de 60.6609 para el tratamiento 1, y de 59.7194 para el tratamiento 2. A este respecto, Bali *et al.* (2001) y Escoboza y Bali (2010) compararon tratamientos semejantes (cortes de riego a 100 y 75%) utilizando el sistema Wallender *et al.* (1979), el cual sugiere que se debe conocer las condiciones físicas del suelo para definir el tiempo de corte del riego y así evitar pérdida de agua y sólidos totales disueltos, encontrando diferencias significativas ( $P < .05$ ) entre el método Wallender *et al.* (1979) y los cortes de riego de 100 y 75%.

El análisis de varianza de la evaluación de tratamientos (corte de riego a 100 y 75%), mostró que los efectos de éstos no resultaron significativos ( $P > .595$ ) sobre los sólidos tota-

les disueltos (SDT), sin embargo, al utilizar cortes de riego al 100% se registra mayor pérdida de SDT.

## CONCLUSIONES

**El regador** es un factor clave para evitar la erosión de los suelos; se sugiere conocer las condiciones físicas de los suelos para determinar el tiempo de corte en el sistema de riego por melgas, evitando la pérdida de agua y de sólidos totales disueltos, así como continuar con los estudios hidrológicos de Buenas Prácticas de Manejo (BPM) del agua; se recomienda la utilización del Turbidímetro como un auxiliar de prevención de la erosión de los suelos agrícolas.

## LITERATURA CITADA

- Agricultural Commissioners'. 2011. California Agricultural Statics Service. Summary of County Reports Imperial County. [Ucce.ecdavis.edu/counties/commun/countyagreports.pgl](http://ucce.ecdavis.edu/counties/commun/countyagreports.pgl)
- Bali K.M., M. E. Grismer, and I. C. Tod. 2001. Reduced-Runoff Irrigation of Alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal of irrigation and drainage engineering*. May-June pp: 123-130.
- Bali K.M. 2002. Reduce Pollution with proper fertilizer timing. University of California Agriculture & Natural Resources. Cooperative Extension, Imperial County. <http://ucanr.prg/delivers>

Cuadro 3. Resultados Sólidos Totales Disueltos (STD) año 2006.

Fecha de Riego	Tratamiento 1 STD mg L <sup>-1</sup> Corte del riego 100%	Tratamiento 2 STD mg L <sup>-1</sup> Corte del riego 75%
3/27/2006	41.32723198	43.38359508
4/6/2006	29.75550879	53.24642147
4/27/2006	39.32886123	78.91110064
5/10/2006	43.88286302	42.73814451
5/29/2006	47.358972	43.82387836
6/7/2006		
6/26/2006	58.33542975	63.42969981
7/11/2006	38.6448835	39.40933817
7/26/2006	67.44998773	56.90231279
8/14/2006	26.27726253	42.6214416
9/11/2006		
9/28/2006	42.76470253	33.72765268
11/6/2006	84.70818913	109.1703063
12/20/2006	91.73293566	60.27434257
Promedio	50.96390232	55.6365195

STD: Sólidos Totales Disueltos

Cuadro 4. Resultados Sólidos Totales Disueltos (STD) año 2007

Fecha de Riego	Tratamiento 1 STD mg L <sup>-1</sup> Corte del riego 100%	Tratamiento 2 STD mg L <sup>-1</sup> Corte del riego 75%
1/31/2007	148.9615504	92.97187018
3/24/2007	76.30809248	103.5288742
4/8/2007	67.71340444	62.64700118
4/28/2007	77.0733631	82.82732001
5/10/2007	55.59270535	64.8859881
6/2/2007	68.07310162	68.05172537
6/11/2007	54.11529839	46.5854573
6/28/2007	58.30051969	39.16703176
7/13/2007	47.65009246	44.26917022
7/31/2007	54.38461446	81.31701781
8/20/2007	73.66460827	51.37091299
9/9/2007	39.64767045	36.98679056
10/11/2007	129.7445519	93.44059692
11/1/2007	33.78217258	25.18274177
Promedio	70.35798182	63.80232131

- Colley D.R.J., Smith D.G. 2001. Turbidity suspended sediment, and water clarity. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 37, No. 5.
- Davies-Colley R. J., D. G. Smith. 2001. Turbidity, suspended sediment and water clarity: a review. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 37:1085-1101.
- Davies-Colley R. J., W. N. Vant, and D. G. Smith. 1993. *Colour and Clarity of Natural Waters*. Ellis Horwood, New York, New York. 310 p.
- EPA. 1984. *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*. Method 180.1
- Escoboza-García L.F., Bali K.M. 2010. Optimización del uso del agua de riego en alfalfa sembrada en suelos arcillosos en el Valle Imperial, California, USA. *Biotecnia*; volumen XII, número 1, enero-abril 25-34.
- Maybery K. S., H. Meister. 2003. *Cost of production, field crops*. University of California Cooperative Extension.
- Meister H. K., K. M. Bali, E. T. Natwick, T. Turini, y J. N. Guerrero. 2004. *Guidelines to production costs and practices for Imperial County-Field crops*. UCCE\_Imperial County Circular 104-F. <http://ceimperial.ucdavis.edu>.
- Olivares. 2005. *Paquete estadístico*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Vicent F.M. 1999. *Watershed scale sediment yield estimation from surface irrigated agriculture: Imperial Valley, California*. Department of Geography. The University of Utah.
- UCDavis. 2001. *University of California, Davis, Chemical Laboratory Safety Manual* <http://ehs.ucdavis.edu>.
- Wallender W. W., D. W. Grimes, D. W. Henderson, and L. K. Stromberg. 1979. Estimating the contribution of a perched water table to seasonal evapotranspiration of cotton. *Agron J.* 71:1060.
- Zimmerman R. P. 1981. *Soil survey of Imperial County, California, Imperial Valley Area*. U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Holtville, California.