

Erosión en suelos de olivar en fuertes pendientes. Comportamiento de distintos manejos de suelo.

Francia Martínez, José. R. ;Martínez Raya, A. & Ruiz Gutiérrez, S.
Centro de Investigación y Formación Agraria. Apdo. 2027 Granada

Resumen: Se evalúa el transporte de sólidos y la escorrentía producida por 18 eventos erosivos en parcelas cerradas de olivar de 25 años, instaladas en una pendiente del $30 \pm 1\%$. Se han estudiado tres manejos de suelo, no laboreo, cubierta vegetal y laboreo tradicional. En cada uno de los aguaceros estudiados se ha controlado la intensidad de la lluvia en 30 minutos y el factor EI_{30} de la USLE. Estos valores se han relacionado con la pérdida de suelo y la escorrentía provocada. En este trabajo tanto se expresan los valores medidos como las medias para el periodo estudiado.

Se concluye con la eficacia protectora de la utilización de cubiertas vegetales intercaladas en el cultivo del olivar, así como la mayor eficiencia del agua de lluvia al reducirse la escorrentía.

Palabras clave: olivar, fuerte pendiente, laboreo, conservación de suelos, desertificación

Introducción

El clima, predominante en nuestras zonas de olivar, se caracteriza por una pluviometría con una distribución irregular, alternando épocas húmedas y secas y unas temperaturas que alcanzan los valores mas elevados coincidiendo con los períodos secos. Esta situación disminuye el contenido de agua en el suelo, en estos períodos, afectando a la humedad disponible por las plantas, lo cual se traduce en una escasa cobertura vegetal y un elevado riesgo de erosión.

En el olivar frecuentemente se encuentran situaciones de fuertes pendientes y laboreo excesivo. Dominan los cultivos de secano, que en nuestras condiciones de semiaridez, obliga a marcos amplios de plantación. Estas circunstancias provocan una cobertura de suelo que en la mayor parte de los casos es inferior al 35%, incrementándose el efecto erosivo de la lluvia.

Con el aumento de las pendientes se incrementa la vulnerabilidad y la degradación de los suelos, siendo necesario adoptar medidas que permitan disminuir al máximo el riesgo de erosión y los volúmenes de escorrentía (Bovis, 1981; Cuadros, 1993). En estos suelos, la construcción de terrazas y bancales, medidas tradicionales de conservación, son costosas y en muchas ocasiones introducen modificaciones importantes en el perfil edáfico. Han de buscarse soluciones para el manejo adecuado de estos suelos sin alterar la pendiente.

Si existen condiciones favorables para el inicio de la escorrentía, situación de pendiente, baja protección del suelo, gran longitud de ladera, etc., se inicia la erosión laminar, caracterizada por el transporte de los elementos más finos en capas uniformes que, se convierten en erosión por surcos cuando se provoca una concentración del flujo. Si el proceso continúa se presenta la erosión en cárcavas y barrancos. Desde el punto de vista del olivar las situaciones más frecuentes son la erosión laminar, apreciable por el cambio de color de los horizontes superficiales, y la erosión en regueros.

Cuando la erosión es mayor, se producen procesos de descalce en el olivar que dañan al sistema radical, y como consecuencia bajan los rendimientos.

El problema mayor de los suelos agrícolas, en pendientes superiores al 12%, es el de la erosión (S.C.S. 1975). Este aparece más rápidamente en suelos de texturas gruesas (ICONA 1982), observándose en ellos, efectos graves en períodos relativamente cortos.

En este trabajo y admitiendo la situación real de nuestros olivares, se planteó como objetivo comparar distintos manejos de suelo y su incidencia en la protección del mismo, permitiendo reducir o anular la agresividad de la lluvia, manera eficaz de controlar la escorrentía y evitar la degradación estructural de los horizontes superficiales.

En este estudio se trata de buscar otras soluciones viables, que controlen la vegetación adventicia en el olivar, distinta a la tradicionalmente empleadas por el agricultor, laboreo, (Davila, 1990) y que permitan un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo y la conservación del mismo.

Material y Métodos

Como resultado de nuestros anteriores estudios en el cultivo del almendro (Martínez, 1997), así como los obtenidos por otros investigadores (Castro, 1993; Pastor, 1997), y una vez demostrada la eficacia de la utilización de parcelas cerradas para la evaluación del proceso erosivo (Kinnel, 1982; Zöbish, 1993), en el estudio se ha aplicado una metodología similar en olivar adulto tradicional. Se han establecido tres tratamientos:

1. No laboreo con aplicación de herbicida de pre-emergencia (Humanes, 1992) en toda la superficie, con reducción de las dosis aplicadas los primeros años en función del control realizado sobre la flora existente. Laboreo en superficie asimilado al laboreo convencional.
2. Cubiertas vegetales de cereal con aplicación de herbicidas de pre-emergencia por fajas de 3 m. dejando el pie del árbol en el centro. Se emplearon las mismas dosis que en el tratamiento anterior. Se establecieron unas fajas de vegetación que se transformaron en mulch, por aplicación de herbicida de contacto.
3. Laboreo tradicional en toda la superficie dado a final de año e inicios de primavera.

Se ha seleccionado una área de olivar, de la variedad picual, representativa de las condiciones edafoclimáticas y geomorfológicas del área de estudio (Aguilar, 1988; De Marcos, 1998). Las principales características son:

- Altitud 550 m.
- Precipitación 430 mm.
- Clasificación de suelo: Xerochrepts
- Pendiente 30%

Basándonos en los resultados obtenidos en parcelas en cultivos de secano (Cuadros, 1991, 1993, Martínez, 1997) y con el fin de adaptarlas a las condiciones del olivar se ha utilizado una metodología similar a la aplicada en este estudio con variaciones sobre la superficie, sistema de recolección de escorrentía y sedimentos, con el fin de facilitar la toma de muestras y contemplar las peculiaridades del cultivo del olivar.

Para el control de los eventos pluviométricos, se ha instalado a pie de parcela, un sistema que permite el registro continuo del agua de lluvia, con una periodicidad de 5 min., suficientes para obtención de índices pluviométricos como el factor EI_{30} de la USLE (Wischmeier, 1978; ICONA, 1981, 1982), que se ha calculado para cada evento erosivo.

La toma de muestras se ha realizado una vez finalizado cada evento que ha producido erosión y/o escorrentía. El cálculo de los sedimentos se ha obtenido como la suma de los que se recogen en el colector final, elementos mas gruesos, y los que están en suspensión en el agua acumulada en los tanques de sedimentación (Bovis, 1978; Fullen, 1986).

Las pérdidas de suelo, expresadas en kha^{-1} , por evento, se refieren a peso seco a 105 °C (MAPA, 1986).

Los resultados de la escorrentía, que se han producido en cada evento, recogida y/o muestreada en los tanques de sedimentación, previamente aforados, se indican en lha^{-1}

Resultados y Discusión

Las precipitaciones registradas en los 18 eventos, ha sido las siguientes:

$0 < P < 20$ mm 4 eventos

$20 < P < 40$ mm 10 eventos

$40 < P < 60$ mm 3 eventos

$P > 60$ mm 1 evento

En la [Tabla 1](#) se muestran los datos obtenidos de pérdida de suelo (kha^{-1}) a lo largo de los 18 eventos erosivos.

Eliminando aquellos eventos que produzcan pérdidas de suelo pequeñas, menor de $300 kha^{-1}$, el estudio se queda reducido a 8 eventos. Los 10 eliminados supone una pérdida total de suelo de $841.8 kha^{-1}$, lo cual significa una pérdida de suelo despreciable.

Los datos referidos a estos 8 eventos se reflejan en la [Tabla 2](#).

Tomando como referencia la parcela de cubierta vegetal, la parcela de No laboreo ha tenido una emisión de sedimentos de 12.4 veces mas, y la de laboreo tradicional de 3 veces mas. Estos resultados provisionales concuerdan con otros trabajos, realizados por este equipo en almendro y con pendientes similares (Martínez, 1993, 1997), en los que los mejores resultados se tenían en las parcelas con cubierta vegetal. En estas elevadas pendientes el aumento de la rugosidad de la superficie del suelo, que produce el laboreo tradicional, supone una menor incidencia en el transporte de sólidos comparándola con la de no laboreo total, pero sigue siendo mayor que el producido en la parcela de cubierta vegetal. Si relacionamos la erosión registrada en cada parcela con las variables: Precipitación, I_{30} , Energía cinética y Factor EI_{30} de la USLE, se aprecia que los factores que mas influyen en los resultados obtenidos son la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}) y el EI_{30} de la USLE.

En cuanto a la escorrentía los resultados obtenidos se indican en la [Tabla 3](#). Igualmente que en el estudio de emisión de sedimentos, al despreciarse los 10 eventos menos erosivos, nos quedan 8 eventos cuyos datos se reflejan en la [Tabla 4](#).

Tomando igualmente como referencia la parcela de cubierta vegetal, los valores de escorrentía menores se registran en la parcela 3, laboreo tradicional, que representa 0.8 veces esta. La mayor escorrentía corresponde a la parcela 1, No laboreo, que representa

1.8 veces la de cubierta vegetal. Parece deducirse que el efecto del laboreo tradicional, mejorando la rugosidad de la superficie del suelo, hace que la infiltración aumente y como consecuencia se produzca una menor escorrentía. A pesar de ello el agua de escorrentía de la parcela con cubierta vegetal produce menor arrastre de sólidos. Tomando las mismas variables que para la emisión de sedimentos, aquí se aprecia que tiene mas influencia la energía de la lluvia, seguida por la cantidad de agua caída, que el factor I_{30} .

En los gráficos ([Fig.1](#) y [Fig.2](#)), se muestra la evolución de la pérdida de suelo y la escorrentía por evento significativo y parcela.

Conclusiones

Aunque los resultados, debido al número de eventos muestreados y a la características de los mismos, no son concluyentes sino provisionales, se desprende de estos y de los estudios anteriormente realizados en almendro, la conveniencia de la no utilización, en olivares con pendiente pronunciada (> 25%), de la técnica de No laboreo en toda la superficie. Es mas eficaz realizar ésta por franjas y donde se encuentra el olivo, dejando vegetación intercalar, cubiertas vegetales, en el resto de la superficie y controlando su desarrollo convenientemente.

La presencia de estas cubiertas vegetales, protegen el suelo, disminuye la longitud de la pendiente y reducen el efecto negativo del impacto de la gota de lluvia. En esta situación disminuye la escorrentía y si esta existe no provocará arrastres de sólidos importantes.

Agradecimientos

Se agradece a D. Antonio Gallegos Cabrera, propietario de la finca "La Campana", Lanjarón (Granada), su colaboración para la realización de este trabajo.

Estudio financiado por el proyecto OLI96-2222-CO2-02.

Referencias

AGUILAR, J. et cols. (1988). Capacidad de uso agrícola y forestal de los suelos de la Alpujarra. II Congreso de la Ciencia del Suelo.

BOVIS, M.J., 1978. Soil loss in the Colorado Front Range: Sampling design and areal variation. Z. Geomorph. N.

BOVIS, M.J. y THORN, C.E., 1981. Soil loss variation within a Colorado Alpine area. Earth Surface Processes and Landforms, Vol.6.,151-163.

CASTRO, J. 1993. Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.

CUADROS, S.; MARTINEZ RAYA, A. y FRANCIA, J.R. (1991). Control de la erosión hídrica en cultivos de almendro en fuertes pendientes. Actas III Simposio sobre el Agua en Andalucía. V(I): 131-138. Córdoba.

CUADROS, S.; MARTINEZ RAYA, A. y FRANCIA, J.R. (1993). Cultivos frutales de secano en fuertes pendientes: Aspectos erosivos. Congreso Forestal Español, 39-44.

DAVILA ZURITA, MM. (1990). Las prácticas agrícolas y el medio ambiente. H.D. n° 9/90.MAPA.

de marcos sanz. E. (1998). Agricultura ecológica. Modelo de producción en el marco de la agricultura sostenible. Agricultura: Revista Agropecuaria n° 793

FULLEN, M.A. y REED, A.H., 1986. Rainfall, runoff and erosion on bare arable soils in east Shropshire, England. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 1 1.-413-425.F. Suppl. Bd., 29.10-21

HUMANES, M.D. (1992). Sistemas de manejo de suelo en el olivar: Evaluación de técnicas de aplicación de herbicidas. Trabajo fin de carrera. ETSIAM. Córdoba.

ICONA. (1981). El modelo U.S.L.E., Nota informativa. Madrid. 31 pp.

ICONA. (1982). Paisajes erosivos del Sureste Español: Ensayo de Metodología para el estudio de su calificación y cuantificación. Proyecto LUCDEME.Madrid.Monografía N. 26.

KINNEL, P.I.A. (1982). Initial results from runoff and soil loss plots at Ginninderra, A.T.C. CSIRO. Division of soils 61:1-12.

MAPA. (1986). Métodos oficiales de análisis de suelos

MARTINEZ RAYA, A.; CUADROS, S. y FRANCIA, J.R. (1993). Plantas aromáticas, melíferas y medicinales: Caracterización y selección enfocada a la lucha contra la erosión. Congreso Forestal Español: 103-107.

MARTINEZ RAYA, A. y FRANCIA, J.R. (1997). Efecto de los sistemas de laboreo en la erosión y escorrentía". Martínez Raya, A.; Francia, J.R. Agricultura de Conservación. Ed. García Torres y P. González Fernández. 84-922489-0-4, Córdoba, 1997; 174-188.

PASTOR, m y cASTRO, j. (1997). Sistemas de manejo de suelo en olivar. Agricultura de Conservación. Ed. García Torres y P. González Fernández. 84-922489-0-4, Córdoba, 1997; 290-308.

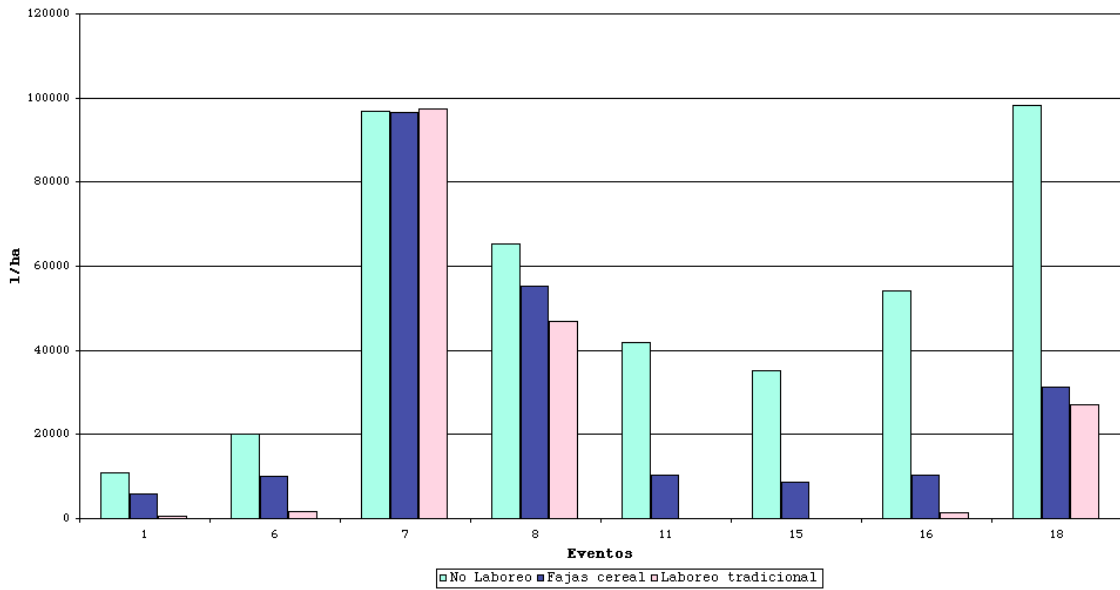
S.C.S. 1975. Manual de Conservación de Suelos. Mexico.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook N. 537. U.S.D.A. Washington. 58 pp.

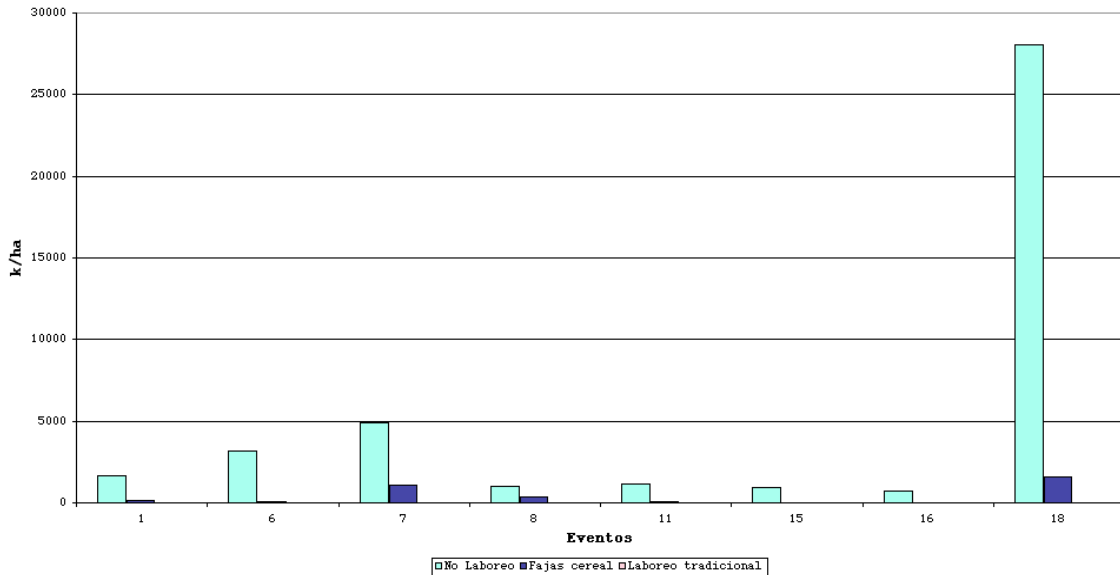
Zöbisch, M.A. et al. 1993. Accuracy of manual runoff and sediment sampling from field erosion plots. J. Soil and Water Com 55(3) 231-233.

TABLAS Y FIGURAS.

Evolución Escorrentía en Olivar



Evolución Pérdida de suelo en Olivar



| Evento | Precip. (mm) | I30 (cm/h) | EI30 | Pérdida de suelo (kha ⁻¹) | | |
|--------|--------------|------------|------|---------------------------------------|------------------|---------------------|
| | | | | No laboreo | Cubierta vegetal | Laboreo tradicional |
| 1 | 20.7 | 2.9 | 2.9 | 1685.5 | 141.2 | 21.1 |
| 2 | 17.0 | 1.0 | 1.0 | 4.2 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 40.8 | 0.9 | 0.9 | 84.7 | 3.9 | 0.0 |
| 4 | 26.6 | 0.6 | 0.6 | 5.0 | 0.6 | 0.0 |
| 5 | 27.9 | 0.6 | 0.6 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 31.6 | 1.6 | 1.6 | 3145.3 | 93.3 | 13.6 |
| 7 | 90.9 | 1.3 | 1.3 | 4905.8 | 1086.1 | 757.6 |
| 8 | 37.9 | 1.1 | 1.1 | 979.9 | 380.7 | 193.0 |
| 9 | 32.1 | 0.9 | 0.9 | 330.7 | 49.5 | 4.4 |

| | | | | | | |
|----|------|-----|-----|---------|--------|--------|
| 10 | 6.3 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.0 |
| 11 | 16.9 | 1.1 | 1.1 | 1167.2 | 57.3 | 0.0 |
| 12 | 31.5 | 0.7 | 0.7 | 219.9 | 4.6 | 0.0 |
| 13 | 30.2 | 0.7 | 0.7 | 156.5 | 3.1 | 0.0 |
| 14 | 16.2 | 0.5 | 0.5 | 14.0 | 1.1 | 0.0 |
| 15 | 42.2 | 0.6 | 0.6 | 966.3 | 24.1 | 0.0 |
| 16 | 58.3 | 0.9 | 0.9 | 737.3 | 15.1 | 0.2 |
| 17 | 21.1 | 0.4 | 0.4 | 24.2 | 0.8 | 0.0 |
| 18 | 22.7 | 4.1 | 4.1 | 28025.6 | 1557.6 | 9077.8 |

| Evento | Precip. (mm) | I30 (cm/h) | EI30 | Pérdida de suelo (kha ⁻¹) | | |
|--------|-----------------|---------------|------|---------------------------------------|------------------|---------------------|
| | | | | No laboreo | Cubierta vegetal | Laboreo tradicional |
| | | | | | | |
| 1 | 20.7 | 2.9 | 13.9 | 1685.5 | 141.2 | 21.1 |
| 6 | 31.6 | 1.6 | 10.0 | 3145.3 | 93.3 | 13.6 |
| 7 | 90.9 | 1.3 | 24.4 | 4905.8 | 1086.1 | 757.6 |
| 8 | 37.9 | 1.1 | 6.6 | 979.9 | 380.7 | 193.0 |
| 11 | 16.9 | 1.1 | 3.3 | 1167.2 | 57.3 | 0.0 |
| 15 | 42.2 | 0.6 | 4.2 | 966.3 | 24.1 | 0.0 |
| 16 | 58.3 | 0.9 | 9.2 | 737.3 | 15.1 | 0.2 |
| 18 | 22.7 | 4.1 | 24.4 | 28025.6 | 1557.6 | 9077.8 |
| | | | | | | |
| Media | 40.2 | 1.7 | 12.0 | 5201.6 | 419.4 | 1257.9 |
| Max | 90.9 | 4.1 | 24.4 | 28025.6 | 1557.6 | 9077.8 |
| Min | 16.9 | 0.6 | 3.3 | 737.3 | 15.1 | 0.0 |
| Total | 321.2 | 13.6 | 96.0 | 41612.8 | 3355.4 | 10063.3 |

Tabla 2. Pérdida de suelo en los 8 eventos significativos

| Evento | Precip. (mm) | I30 (cm/h) | EI30 | Escorrentía (lha ⁻¹) | | |
|--------|-----------------|---------------|------|----------------------------------|------------------|---------------------|
| | | | | No laboreo | Cubierta vegetal | Laboreo tradicional |
| | | | | | | |
| 1 | 20.7 | 2.9 | 2.9 | 10892.1 | 5754.2 | 507.8 |
| 2 | 17.0 | 1.0 | 1.0 | 620.3 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 40.8 | 0.9 | 0.9 | 9546.3 | 1990.5 | 0.0 |
| 4 | 26.6 | 0.6 | 0.6 | 2674.8 | 248.7 | 0.0 |
| 5 | 27.9 | 0.6 | 0.6 | 3486.1 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 31.6 | 1.6 | 1.6 | 20041.1 | 10135.2 | 1611.1 |
| 7 | 90.9 | 1.3 | 1.3 | 96732.7 | 96445.8 | 97450.5 |
| 8 | 37.9 | 1.1 | 1.1 | 65330.9 | 55295.6 | 46895.6 |
| 9 | 32.1 | 0.9 | 0.9 | 32914.1 | 19413.6 | 5726.5 |
| 10 | 6.3 | 0.5 | 0.5 | 1780.5 | 4483.2 | 0.0 |
| 11 | 16.9 | 1.1 | 1.1 | 41997.2 | 10450.4 | 0.0 |
| 12 | 31.5 | 0.7 | 0.7 | 22808.9 | 10397.5 | 0.0 |

| | | | | | | |
|----|------|-----|-----|---------|---------|---------|
| 13 | 30.2 | 0.7 | 0.7 | 20537.0 | 6225.4 | 0.0 |
| 14 | 16.2 | 0.5 | 0.5 | 5720.8 | 871.2 | 0.0 |
| 15 | 42.2 | 0.6 | 0.6 | 35104.1 | 8581.8 | 0.0 |
| 16 | 58.3 | 0.9 | 0.9 | 54273.0 | 10457.4 | 1494.4 |
| 17 | 21.1 | 0.4 | 0.4 | 10431.9 | 1431.8 | 0.0 |
| 18 | 22.7 | 4.1 | 4.1 | 98150.8 | 31284.3 | 27017.1 |

Tabla 3. Escorrentía en los 18 eventos

| Evento | Precip. (mm) | I30 (cm/h) | EI30 | Escorrentía (lha ⁻¹) | | |
|--------|-----------------|---------------|------|----------------------------------|------------------|---------------------|
| | | | | No laboreo | Cubierta vegetal | Laboreo tradicional |
| 1 | 20.7 | 2.9 | 13.9 | 10892.1 | 5754.2 | 507.8 |
| 6 | 31.6 | 1.6 | 10.0 | 20041.1 | 10135.2 | 1611.1 |
| 7 | 90.9 | 1.3 | 24.4 | 96732.7 | 96445.8 | 97450.5 |
| 8 | 37.9 | 1.1 | 6.6 | 65330.9 | 55295.6 | 46895.6 |
| 11 | 16.9 | 1.1 | 3.3 | 41997.2 | 10450.4 | 0.0 |
| 15 | 42.2 | 0.6 | 4.2 | 35104.1 | 8581.8 | 0.0 |
| 16 | 58.3 | 0.9 | 9.2 | 54273.0 | 10457.4 | 1494.4 |
| 18 | 22.7 | 4.1 | 24.4 | 98150.8 | 31284.3 | 27017.1 |
| Media | 40.2 | 1.7 | 12.0 | 52815.2 | 28550.6 | 21872.1 |
| Max | 90.9 | 4.1 | 24.4 | 98150.8 | 96445.8 | 97450.5 |
| Min | 16.9 | 0.6 | 3.3 | 10892.1 | 5754.2 | 0.0 |
| Total | 321.2 | 13.6 | 96.0 | 422521.9 | 228404.7 | 174976.5 |

Tabla 4 Escorrentía en los 8 eventos significativos