



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**“EFECTO DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DEL
RELIEVE SOBRE EL ALMACENAJE DE AGUA Y EL
RENDIMIENTO EN SOJA, EN COMPARACIÓN CON LA
SIEMBRA A FAVOR DE LA PENDIENTE”**

Alumno: Sona, Federico.

DNI: 36.187.498

Director: Cisneros, José M.

Co-Director: Montesano, Alberto.

Río Cuarto – Córdoba

Mayo / 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARÍA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efecto de las técnicas de manejo del relieve sobre el almacenaje de agua y el rendimiento en soja, en comparación con la siembra a favor de la pendiente”.

Autor: Sona, Federico

DNI: 36.187.498

Director: Cisneros, José M.

Co-Director: Montesano, Alberto.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Gonzales, Jorge Gustavo. _____

Cerioni, Guillermo Angel. _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Secretario Académico

Agradecimientos:

Quiero agradecer en una primera instancia a toda mi familia por su apoyo y ayuda incondicional durante toda la carrera, ya que sin ellos no la podría haber realizado.

A todos mis amigos y compañeros de la carrera por ser parte de mi formación.

A mi director y co-director de tesis José Cisneros y Alberto Montesano, por haberme orientado, ayudado y conseguido los campos para la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y a todos los profesores que he tenido durante la carrera, por ser parte de mi formación.

Al INTA de Río Cuarto, por prestar sus instalaciones al momento de procesar los distintos muestreos realizados en este trabajo.

A la profesora Carmen Cholaky, por haberme facilitado datos de suelos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente de La Aguada, importantes para realizar los correspondientes cálculos de agua útil.

A la profesora Mercedes Ibañez, por haberme explicado y ayudado a utilizar el programa INFOSTAT para realizar todos los análisis estadísticos de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas-----	VI
Índice de figuras-----	VII
RESUMEN-----	VIII
SUMMARY-----	IX
I. INTRODUCCIÓN-----	1
I.1. Antecedentes-----	2
I.2. Hipótesis-----	5
I.3. Objetivos-----	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS-----	6
II.1. Región de estudio-----	6
II.1.1. Ubicación geográfica del establecimiento cercano a La Aguada-----	7
II.1.2. Ubicación geográfica del establecimiento cercano a Alcira Gigena---	7
II.2. Variedad y fecha de siembra-----	8
II.3. Diseño experimental-----	8
II.3.1. Diseño de muestreos-----	9
II.4. Determinaciones -----	10
II.4.1. Evapotranspiración del cultivo-----	10
II.4.2. Rendimientos en grano-----	12
II.4.3. Eficiencia en el uso del agua-----	12
II.5. Interpretación de resultados-----	12
II.5.1. Rendimientos-----	12
II.5.2. Humedad en el perfil y eficiencia en el uso del agua-----	13
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	14
III.1. Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo-----	14
III.1.1. Precipitaciones-----	14
III.1.2. Esguerrimiento -----	15
III.2. Evapotranspiración del cultivo-----	16
III.3. Rendimientos en grano-----	18
III.3.1. Establecimiento cercano a La Aguada-----	18
III.3.2. Establecimiento cercano a Alcira Gigena-----	20
III.3.3. Rendimiento promedio en la terraza y en el tratamiento a favor de la pendiente-----	21
III.3.4. Análisis estadístico entre bloques y tratamientos-----	22

III.3.4.1. Análisis en el establecimiento ubicado en las cercanías a La Aguada-----	22
III.3.4.2. Análisis en el establecimiento ubicado en las cercanías a Alcira Gigena-----	24
III.3.5. Análisis estadístico entre el tratamiento a favor de la pendiente y la terraza-----	25
III.3.5.1. En el establecimiento cercano a La Aguada -----	25
III.3.5.2. En el establecimiento cercano a Alcira Gigena-----	27
III.4. Eficiencia en el uso del agua-----	28
IV. CONCLUSIONES-----	30
V. BIBLIOGRAFÍA-----	31
VI. ANEXOS-----	34
ANEXO 1: Precipitaciones.-----	34
ANEXO 2: Escurrimiento.-----	34
ANEXO 3: Análisis de la varianza en La Aguada.-----	35
ANEXO 4: Supuestos del ANOVA en La Aguada.-----	35
ANEXO 5: Análisis de la varianza en Alcira Gigena. -----	36
ANEXO 6: Supuestos del ANOVA en Alcira Gigena. -----	36
ANEXO 7: Comparaciones de medias. Test de LSD de Fisher.-----	36
ANEXO 8: Análisis de la varianza entre tratamiento a favor de la pendiente y terraza en La Aguada.-----	37
ANEXO 9: Supuestos del ANOVA (pendiente y terraza), en La Aguada.-----	37
ANEXO 10: Análisis de la varianza entre tratamiento a favor de la pendiente y terraza en Alcira Gigena.-----	37
ANEXO 11: Supuestos del ANOVA (pendiente y terraza), en Alcira Gigena.-----	38

Índice de tablas:

Tabla 1. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	16
Tabla 2. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	17
Tabla 3. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	17
Tabla 4. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	18
Tabla 5. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	19
Tabla 6. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	19
Tabla 7. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	20
Tabla 8. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	20
Tabla 9. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	21
Tabla 10. Rendimiento promedio (kg/ha) ponderado en la terraza vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	22
Tabla 11. Rendimiento promedio (kg/ha) ponderado en la terraza vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	22
Tabla 12. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	23
Tabla 13. Rendimiento promedio entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	24
Tabla 14. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	26
Tabla 15. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.-----	27
Tabla 16. Eficiencia en el uso del agua (kg.ha ⁻¹ /mm) en el establecimiento cercano a La Aguada.-----	29

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa físico de la provincia de Córdoba, con la ubicación de los establecimientos, (Mapoteca, 2016).-----	6
Figura 2. Fotografía aérea con la ubicación del sitio de muestreo en el establecimiento cercano a La Aguada, tomada de Google Earth, 2016.-----	7
Figura 3. Fotografía aérea con la ubicación del sitio de muestreo en el establecimiento cercano a Alcira Gigena, tomada de Google Earth, 2016.-----	7
Figura 4. Terraza con la ubicación de los tratamientos.-----	7
Figura 5. Diseño de muestreo con los bloques y tratamientos utilizados en la parte de cultivo a favor de la pendiente.-----	9
Figura 6. Diseño de muestreo con los bloques y tratamientos utilizados en la parte de cultivo cortando la pendiente.-----	10
Figura 7. Precipitaciones normales decádicas de la región (mm) y de la campaña 2014-15 en el establecimiento ubicado en las cercanías de La Aguada.-----	14
Figura 8. Precipitaciones normales decádicas de la región (mm) y de la campaña 2014-15 en el establecimiento ubicado en las cercanías de Alcira Gigena.-----	15
Figura 9. Rendimiento vs tratamientos, en el establecimiento cercano a La Aguada, obtenido por el INFOSTAT.-----	23
Figura 10. Rendimiento vs tratamientos, en el establecimiento cercano Alcira Gigena, obtenido por el INFOSTAT.-----	25
Figura 11. Rendimiento ponderado vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento ubicado en las cercanías a La Aguada.-----	26
Figura 12. Rendimiento ponderado vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento ubicado en las cercanías a Alcira Gigena.-----	28

RESUMEN

La erosión hídrica es un proceso de gran importancia en la región centro-sur de Córdoba, que provoca desprendimiento, transporte y deposición de partículas del suelo. Los escurrimientos generados disminuyen la infiltración del agua, afectando la productividad de los cultivos como consecuencia de su menor disponibilidad durante su ciclo. Este fenómeno se produce por lluvias de alta intensidad, suelo con predominio de arenas muy finas y finas y relieves ondulados, provocando distintos tipos de erosión. Para contrarrestar estos efectos se deberían aplicar técnicas de conservación de suelo, como las terrazas de absorción que hipotéticamente permitirían un mayor almacenaje de agua en el perfil, y así lograrían aumentar el rendimiento de los cultivos. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto que tienen las técnicas de manejo del relieve como son las terrazas de absorción de base ancha y curvas de nivel sobre el almacenaje de agua en el perfil del suelo y sobre el rendimiento de grano en soja (*Glycine max*), en comparación con este cultivo sembrado a favor de la pendiente. Para ello se realizó un ensayo en dos campos, uno ubicado en la zona de La Aguada y el otro a 20 km de Alcira Gigena. Se trabajó sobre ambientes de media loma, con pendientes de 1,5 a 2,5%. El diseño experimental para los muestreos de evapotranspiración del cultivo (humedad del perfil) y rendimiento fue en tres bloques completamente aleatorizados con 5 tratamientos: cultivo a favor de la pendiente, posición alta de la curva de la terraza, posición baja de la terraza, canal y lomo. El experimento fue sembrado la primera decena de diciembre. Para obtener la evapotranspiración del cultivo se realizaron muestreos de suelos a distintas profundidades y se calculó el agua útil del perfil hasta los 150 cm de profundidad, para posteriormente con los datos de precipitaciones y escurrimientos, obtener la evapotranspiración, este dato solo se obtuvo en el campo de La Aguada. En cuanto a los muestreos de rendimientos, se realizaron tres por tratamiento, esto se llevó a cabo en ambos establecimientos y los resultados fueron analizados mediante el INFOSTAT, a través del análisis de la varianza. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo cual podría deberse a que el año fue muy húmedo. El cálculo de eficiencia en el uso del agua arrojó valores bajos con respecto a la media regional, lo cual se debería a que se trabajó con suelos degradados de la media loma. Como conclusión final, se podría decir que en años húmedos no hay diferencias, por lo que sería necesario realizar este estudio durante varios años para determinar el efecto sobre el rendimiento, principalmente cuando los años son secos. Desde el punto de vista de la conservación de suelos, estas técnicas son fundamentales para disminuir los problemas de erosión hídrica en la región.

Palabras claves: erosión hídrica, técnicas de conservación, rendimiento, soja.

SUMMARY

Water erosion is a process of great importance in the south-central Cordoba, which causes detachment, transport and deposition of soil particles region. Runoff generated reduce water infiltration, affecting crop productivity as a result of lower availability during your cycle. This phenomenon is caused by rains of high intensity, soil with a predominance of very thin and fine sands and undulating reliefs, causing different types of erosion. To counteract these effects should be applied soil conservation techniques such as absorption terraces hypothetically allow greater water storage in the profile, and thus achieve increased crop yields. This study aims to evaluate the effect of management techniques highlighted as are the terraces absorption wide base and contour on water storage in the soil profile and grain yield in soybean (*Glycine max*) compared sown with this crop for the slope. For this, a trial was conducted in two fields, one located in the La Aguada and the other 20 km of Alcira Gigena. We worked on average hill environments, with slopes from 1.5 to 2.5%. The experiment was planted the first ten days of December. The experimental design for sampling of crop evapotranspiration (moisture profile) and performance was three blocks completely randomized with 5 treatments: crop for slope, high position of the curve of the terrace, low position of the terrace, canal and back. For crop evapotranspiration soil sampling were conducted at different depths and useful water profile is calculated to 150 cm deep, and later with data on rainfall and runoff, get evapotranspiration, this information is only obtained in the La Aguada field. As for the sampling yield, three per treatment were made, this was carried out in both local and results were analyzed using INFOSTAT, through the analysis of variance. No significant differences were found between treatments, which could be because the year was very wet. The calculation of efficiency in water use showed lower values compared to the regional average, which may be because degraded soils worked with middle hill. As a final conclusion, one could say that in wet years there are no differences, so this study would be needed for several years to determine the effect on performance, especially when the years are dry. From the point of view of soil conservation, these techniques are essential to reduce water erosion problems in the region.

Keywords: water erosion, conservation techniques, performance, soy.

I. INTRODUCCIÓN

Un problema de gran importancia en la región Centro-Sur de Córdoba es la erosión hídrica, proceso por el cual se produce desprendimiento, transporte y deposición de partículas del suelo. Esto provoca que los horizontes subsuperficiales queden en superficie, afectando, en los cultivos, el crecimiento de raíces y el suministro de agua y nutrientes por condiciones más desfavorables, lo que impacta negativamente en la capacidad de producir biomasa. Además, la erosión es un proceso irreversible, ya que la masa de suelo perdida es prácticamente irrecuperable (Cisneros *et al.*, 2012).

La erosión hídrica es el resultado de la energía cinética de las precipitaciones que impactan sobre el suelo desnudo susceptible a erosionarse y a que el agua que circula por la superficie del suelo, que con una cierta velocidad crítica desprende y produce sedimentos, los cuales se acumulan en sitios posteriores de la cuenca hidrográfica (Cisneros *et al.*, 2012). En el Suroeste de Córdoba los cambios en la tenencia de la tierra, el uso agrícola intensivo en suelos con escasas prácticas de conservación, las lluvias de alta intensidad en el período primavero estival y el predominio de arenas muy finas y fina han provocaron importantes modificaciones en las condiciones físicas y biológicas de los suelos, que en combinación con la fragilidad natural de los mismos y las precipitaciones de alta erosividad, incrementaron los procesos de erosión hídrica (Becker *et al.*, 2006), principalmente en forma de surcos y pequeñas cárcavas (Pauletti *et al.*, 2014).

Dentro de una cuenca hidrográfica, el proceso de erosión hídrica está sujeto a un conjunto de causas. Éstas son: el clima, relacionado con las precipitaciones y su energía cinética; el relieve, siendo el parámetro más importante el grado de la pendiente; el suelo, haciendo referencia a la susceptibilidad a erosionarse (erodabilidad); y el sistema de producción, vinculada a la forma en que se utilizan los recursos, es decir al uso y manejo que se le da al suelo. Los tipos de erosión que se pueden dar como consecuencia de los factores mencionados anteriormente son: erosión por salpicadura, laminar, por surcos, en cárcavas, movimientos en masa y erosión de cursos permanentes.

El resultado de todos estos procesos es principalmente la pérdida de productividad de las tierras para los cultivos, debido a que la menor infiltración puede presentar déficits hídricos en etapas críticas de su desarrollo. Es por esto que su manejo se debe centrar en un mejor aprovechamiento de este recurso a través de la aplicación de técnicas de conservación o de manejo del relieve, como son las terrazas y siembra en curvas de nivel, que reducirán la pérdida de suelo (Stevens *et al.*, 2009) y permitirán un mayor almacenaje de agua en el perfil, logrando aumentar el rendimiento de los cultivos (Casas *et al.*, 2008; Colombo *et al.*, 2012). El inconveniente de estas técnicas de control es su baja adopción, debido a que la

mayoría de los productores las considera innecesarias o no reconoce su utilidad (Gil *et al.*, 2008), siendo los principales responsables de la degradación de tierras, ya que es quien decide el uso y manejo, y la utilización o no de prácticas de conservación de suelo.

En este trabajo se evaluará el efecto que tienen las técnicas de manejo del relieve como son las terrazas de absorción de base ancha, y la siembra en contorno o curvas de nivel sobre el almacenaje de agua en el perfil del suelo y sobre el rendimiento de grano en soja (*Glycine max*), en comparación con la siembra de este cultivo a favor de la pendiente. La finalidad del mismo es concientizar y ayudar a la toma de decisiones de los productores en cuanto a la implementación de estas técnicas de manejo del relieve para mejorar así su sistema de producción.

I.1. Antecedentes:

Las técnicas de manejo del relieve se basan en distintos principios de ordenamiento hidrológico:

- Acortar la longitud de la pendiente, de modo de reducir la velocidad de escurrimiento o detenerlo.
- Generar microrelieves superficiales que permiten incrementar la retención y el detenimiento superficial del agua en superficie.
- Atrapar los sedimentos que se mueven con el escurrimiento.
- Controlar los escurrimientos para que no causen erosión.

Las prácticas de manejo del relieve pueden ser: cultivos cortando la pendiente, cultivos en curvas de nivel, cultivos en fajas a nivel y cultivos en terrazas.

Una de las técnicas más utilizada en esta región son las terrazas de absorción de base ancha, cuyo objetivo es cortar la longitud de la pendiente del lote con estructuras conformadas por un bordo de tierra de baja altura. Este interrumpe el flujo de la escorrentía, acumulándose en el canal de la terraza, y provocando allí su infiltración en el suelo, sin que se produzca el movimiento del agua sobre el mismo, ya que su pendiente debe ser cero. Para su construcción se debe respetar la línea de nivel del lote, por lo que es necesario contar con un estudio de planialtimetría (Scotta *et al.*, 1989). Además, se las llaman de base ancha debido a que son cultivables, ya que su diseño lo permite por ser de un ancho adecuado para que las maquinarias agrícolas puedan trabajar sobre ellas.

La aplicación de las terrazas tiene un efecto directo sobre la erosión, ya que reduce el valor del factor "P" de la ecuación del USLE (Universal Soil Loss Equation). Esta reducción llega hasta un 75 %, lo cual demuestra el impacto positivo de la aplicación de técnicas de conservación de suelo como son las terrazas, al reducir la pérdida anual de suelo por erosión dentro de una cuenca hidrográfica (Blanco y Lal, 2010).

Se ha evaluado el impacto que tienen las siembras en curvas de nivel sobre el rendimiento del cultivo de soja (Pauletti *et al.*, 2014) en la zona de Alcira Gigena, donde los resultados de ese estudio muestran que se produjeron diferencias significativas en el rendimiento y en el agua acumulada en el perfil del suelo a favor de las curvas de nivel, respecto al tratamiento de siembra a favor de la pendiente.

Apezteguia y col (1987) en la zona de Almafuerde (Cba.) y Gvozdenovich y Papparotti (2010) en el departamento de Victoria de la provincia de Entre Ríos evaluaron la variación del rendimiento del cultivo de soja debido a la erosión hídrica, concluyendo que hay pérdidas de producción y económicas debido a la pérdida de suelo por erosión hídrica, lo que genera una menor retención de agua en el perfil y por ende menor disponibilidad para el cultivo.

En otro estudio sobre la erosión hídrica, se evaluó la pérdida de suelo por medición directa con lluvia natural en una pendiente bajo siembra directa y diferentes coberturas en la Cuenca La Colacha, al suroeste de Córdoba, donde encontraron menores pérdida de suelo al ir aumentando el porcentaje de cobertura (Becker *et al.*, 2006).

En el sur de Córdoba se evaluaron los cambios en el uso de los suelos y la tecnología de producción agrícola en el período 1986-1999 sobre erosión hídrica en las cuencas al sur de Río Cuarto, Cba. Mediante el modelo RUSLE 2 que predice adecuadamente las pérdidas de suelo. Estos cambios, principalmente la siembra directa, produjeron reducción de las tasas de erosión por cultivo en forma individual. No obstante, al agregar valores para el conjunto de usos de la tierra, los cambios operados producen un incremento de las tasas de erosión de 47 y 57 % para la región. Los resultados mostraron un impacto ambiental negativo debido al incremento de la erosión global del suelo que ha sobrepasado con creces la reducción de pérdida de suelo por la siembra directa. Cisneros *et al.*, (2004).

En cuanto a las propiedades físicas del suelo, en Vuelta de Obligado, (Bs. As). se observaron algunos cambios debido a la erosión hídrica, y por esto Maggi *et al.*, (2014) analizaron los cambios en los valores de materia orgánica, textura y estabilidad estructural en muestras recogidas en el fondo y a lo largo de un surco y en sus testigos fuera del mismo.

A nivel predial o de microcuenca se llevó a cabo un estudio realizado por Damiano y Taboada, (2003) en la cuenca del Río Arrecifes, en la provincia de Bs As, en el cual identificaron que el origen de anegamientos en partes bajas del campo se debía al escurrimiento no controlado desde las partes más altas del relieve, siendo estas últimas afectadas por erosión hídrica.

Se han reportado efectos importantes en la productividad de los cultivos, como consecuencia de una mejora en la economía del agua. Troeh *et al.* (1991) reportaron

incrementos en los rendimientos del orden del 11 % en soja por la implementación de técnicas de manejo de relieve.

Se realizó una tesis doctoral (Cisneros, 2010) en la región de Arroyos Menores, al Sur de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, y con énfasis en la parte Noroeste de La Colacha, en donde se aplican métodos matemáticos para plantear y escoger las mejores alternativas de uso de esta zona agrícola, ya que los problemas de erosión hídrica y la formación de cárcavas son muy importantes. Los resultados que se obtuvieron muestran que es conveniente la aplicación de medidas para conservación de suelos y ordenamientos hidrológicos.

Un método de estimación del escurrimiento superficial es el de la Curva Número (USDA, 1968), adecuado para cuencas reducidas (800 ha aproximadamente). Tiene como ventaja que además de tomar en cuenta la influencia de las características de la cuenca (relieve, infiltración, cobertura vegetal, etc.), considera los efectos de las prácticas conservacionistas o de manejo del relieve. Este método se lo utiliza para estimar el volumen medio de escurrimiento de una cuenca y además el caudal pico, luego de producida una precipitación.

Debido a la falta de información local del efecto de las técnicas de manejo del relieve sobre el almacenaje de agua y el rendimiento en soja, en comparación con la siembra a favor de la pendiente, cobra relevancia la realización de este trabajo con el fin de obtener más información sobre el impacto que tendrán estas prácticas.

I.2. Hipótesis:

El rendimiento en granos del cultivo de soja en los sistemas de producción con técnicas conservacionistas de terrazas y siembras en curvas de nivel es mayor que en siembras de cultivos a favor de la pendiente, debido a la mayor acumulación de agua en el perfil del suelo, y por ende mayor disponibilidad para ser captada por el cultivo durante su ciclo.

I.3. Objetivo:

Evaluar las variaciones en la acumulación de agua en el perfil del suelo y en el rendimiento de grano en el cultivo de soja en siembras sobre terrazas de absorción de base ancha y curvas de nivel, en contraposición con la siembra a favor de la pendiente, con similar manejo de cultivo para el resto de las condiciones.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Región de estudio:

El trabajo se llevó a cabo sobre ambientes de media loma de dos establecimientos rurales del departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba (Figura 1). Uno de ellos está ubicado a 35 km aproximadamente al oeste de la ciudad de Río Cuarto, en zona de La Aguada (Figura 2), y el otro establecimiento al oeste de la localidad de Alcira Gigena a unos 20 km de distancia aproximadamente (Figura 3).



Figura 1. Mapa físico de la provincia de Córdoba, con la ubicación de los establecimientos, (Mapoteca, 2016).

II.1.2. Ubicación geográfica del establecimiento cercano a La Aguada:

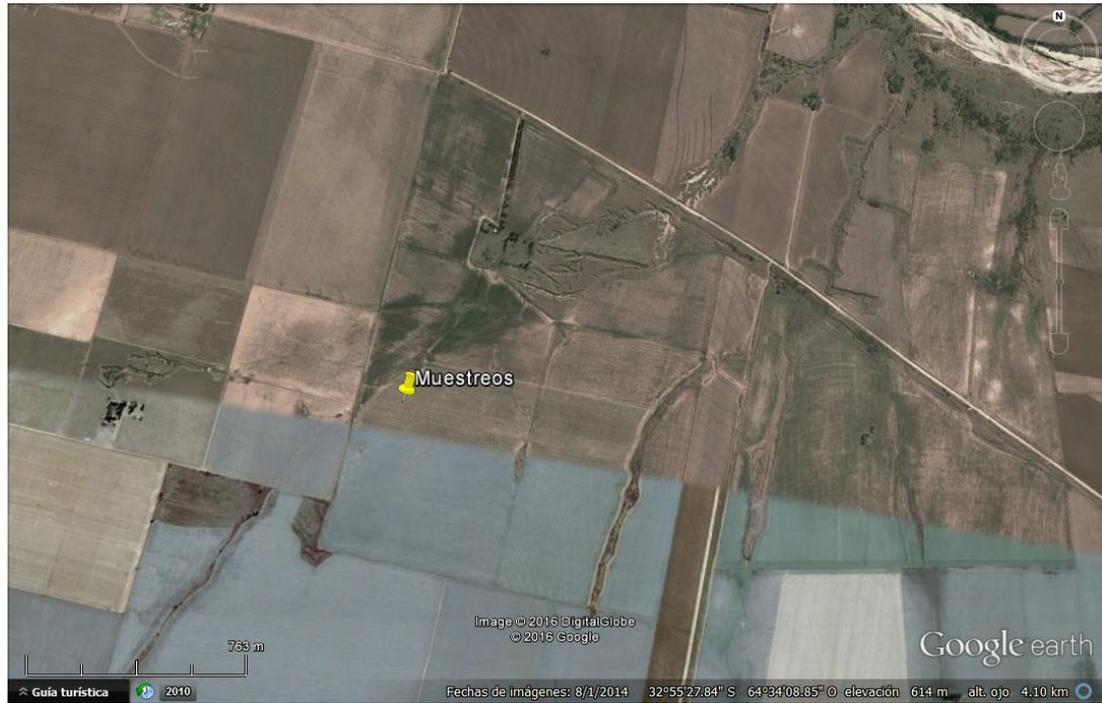


Figura 2. Fotografía aérea con la ubicación del sitio de muestreo en el establecimiento cercano a La Aguada, tomada de Google Earth, 2016.

II.1.2. Ubicación geográfica del establecimiento cercano a Alcira Gigena:

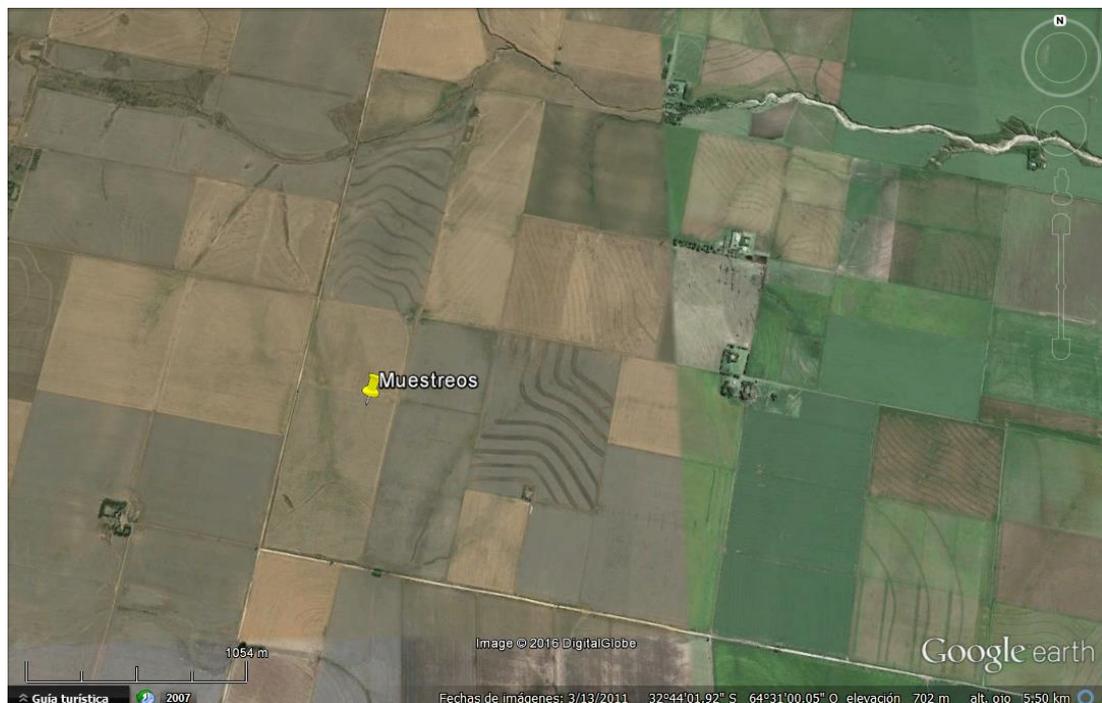


Figura 3. Fotografía aérea con la ubicación del sitio de muestreo en el establecimiento cercano a Alcira Gigena, tomada de Google Earth, 2016.

La fisiografía se corresponde con la planicie peri serrana ondulada, compuestas por lomas onduladas y pendientes medias y largas de gradientes de hasta 1,5%, con neto predominio de suelos Haplustoles énticos y típicos (Cantero *et al.*, 1986). Se trabajará sobre ambientes de media loma, con pendientes entre 1 y 2,5 %.

El clima en esta región es templado sub húmedo, en el cual las precipitaciones se caracterizan por ser de régimen monzónico, es decir, concentradas en el semestre cálido del año, oscilando en 750 mm/año como valor promedio histórico (entre 1961 y 1990). La EVT (evapotranspiración) real es de aproximadamente 760 mm/año y la EVT potencial de 1040 mm/año (Agencia Córdoba ambiente e INTA, 2006). Durante las estaciones de primavera y otoño es común encontrar situaciones en que las precipitaciones suelen exceder a la evapotranspiración, mientras que en los meses de verano e invierno suelen ocurrir déficits puntuales.

II.2. Variedad y fecha de siembra:

En ambos establecimientos, la variedad de soja utilizada es una Nidera 5009 RG, mientras que la fecha de siembra fue en la primera decena de diciembre del año 2014, tratándose de una siembra tardía debido a que hubo dificultades para ser sembrada con anterioridad.

II.3. Diseño experimental:

Para la realización de los muestreos de humedad y rendimiento en grano, en cada establecimiento se trabajó sobre un diseño en tres bloques completamente aleatorizados con 5 tratamientos (Figura 4) consistentes en:

Tratamiento 1: Cultivo sembrado a favor de la pendiente.

Tratamiento 2: Cultivo en curvas de nivel posición alta.

Tratamiento 3: Cultivo en curvas de nivel posición baja (más cercana al canal de terraza que la posición anterior).

Tratamiento 4: Cultivo en el canal de la terraza.

Tratamiento 5: Cultivo en el lomo de la terraza.

En la Figura 4, se representa una ilustración de una terraza con la ubicación de los tratamientos antes mencionados.

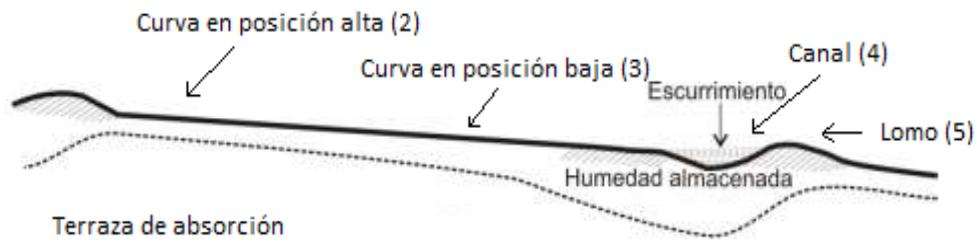


Figura 4. Terraza con la ubicación de los tratamientos.

II.3.1. Diseño de muestreos:

En la Figura 5, se representa la ubicación de los muestreos del tratamiento a favor de la pendiente con sus tres bloques, mientras que en la Figura 6, se muestran los tratamientos restantes. En ambos se aclara la línea en que fue sembrado el cultivo.

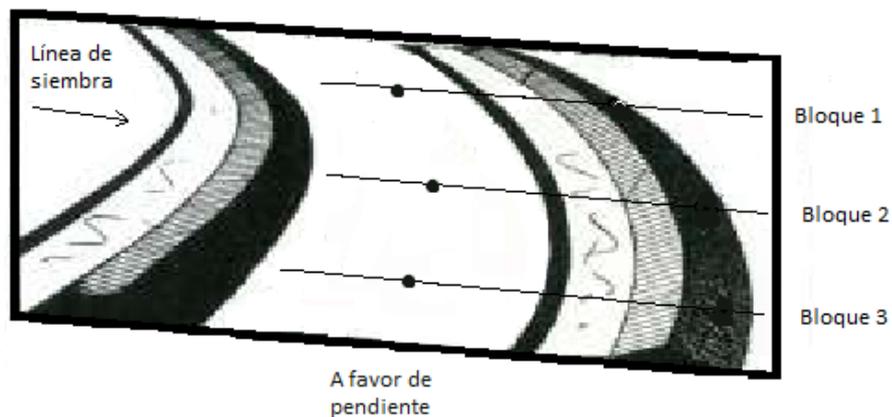


Figura 5. Diseño de muestreo con los bloques y tratamientos utilizados en la parte de cultivo a favor de la pendiente.

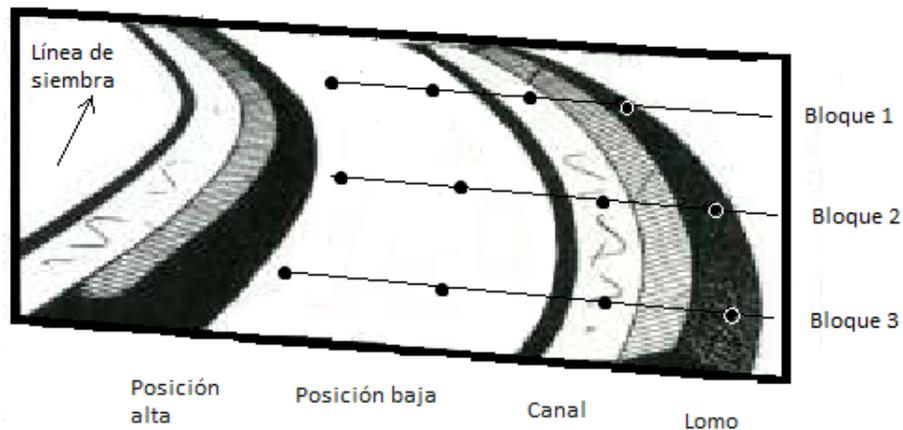


Figura 6. Diseño de muestreo con los bloques y tratamientos utilizados en la parte de cultivo cortando la pendiente.

II.4. Determinaciones:

II.4.1 Evapotranspiración del cultivo:

En cada tratamiento se determinó la cantidad de agua útil acumulada en el perfil en dos momentos diferentes, al inicio y al final del ciclo del cultivo. Esto se llevó a cabo a través muestreos de suelo a diferentes profundidades (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60cm, 60-80 cm, 80-100 cm, 100-120 cm y 120-150 cm) con un barreno, luego pesándolas con una balanza de alta precisión y colocándolas en estufa se obtuvo un peso húmedo y un peso seco, en el que por medio de una fórmula obtendremos el porcentaje de humedad gravimétrico.

$$H^{\circ} \text{ grav (\%)} = \left[\frac{\text{PSH}}{\text{PSS}} \right] \times 100$$

En donde $H^{\circ} \text{ grav}$ es el porcentaje de humedad, PSH peso suelo húmedo (gr) y PSS peso suelo seco (gr).

A través de valores de capacidad de campo (CC) y de punto de marchitez permanente (PMP) (Cholaky, comunicación personal), se obtuvo el agua útil gravimétrica, el cual se lo transformó a unidades volumétricas al multiplicarlos por la densidad aparente (DAP). La DAP fue obtenida a través del método del cilindro.

$$\text{AU grav (\%)} = H^{\circ} \text{ grav} - \text{PMP grav}$$

Siendo AU grav el agua útil gravimétrico (%) y PMP grav el punto de marchitez permanente en unidades gravimétricas (%).

$$\text{AU vol (\%)} = \text{AU grav} \times \text{DAP}$$

A este valor de agua útil se lo divide por diez, para llevar las unidades volumétricas a milímetros por centímetro de suelo, para luego multiplicar por los centímetros de espesor de muestreo y así obtener a través de una sumatoria los milímetros de agua útil en el perfil hasta los 150 cm de profundidad.

$$\text{mm de AU en el perfil} = \sum_{i=1}^m (\text{AU vol (\%)} / 10 \times \text{espesor})_i$$

En donde i es horizonte y m es el número de horizontes.

Con el resultado obtenido al inicio y al final del ciclo, se procedió a calcular el diferencial de almacenamiento de agua en el perfil durante el ciclo del cultivo.

Además, a través del método de la Curva Número (USDA, 1968) se estimó la cantidad de milímetros que escurrieron durante las precipitaciones. El método se basa en determinar los grupos hidrológicos de suelos que componen la cuenca, el uso de los mismos y la práctica conservacionista aplicada. Para definir al grupo hidrológico (A, B, C o D) se consideran las condiciones de superficie y las de los horizontes, definiendo así el grado de infiltración y de transmisión. El uso del suelo se refiere al estado y tipo de cobertura que tiene la cuenca. Posteriormente se define la práctica de conservación aplicada, pudiendo tratarse de cultivos en contorno, en surcos rectos o en terrazas. A partir de estos tres elementos se obtiene un valor de Curva Número que indicará el potencial de escurrimiento del complejo: a mayor curva número, mayor escurrimiento potencial.

Por último, con los datos de las precipitaciones ocurridas, la diferencia de almacenamiento del agua en el perfil (inicio y final del ciclo) y los milímetros de agua escurridos durante el ciclo del cultivo, se obtuvo la evapotranspiración del cultivo, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{ETP (mm)} = \text{PPT} - (\text{Hf} - \text{Hi}) - \text{E}$$

Donde la ETP es la evapotranspiración del cultivo, PPT las precipitaciones, Hf la humedad final en el suelo, Hi la humedad inicial en el suelo y E el escurrimiento, todos estos valores obtenidos son durante el ciclo del cultivo y están expresados en milímetros.

II.4.2. Rendimiento en granos:

Se calculó el rendimiento en grano del cultivo de soja a través de la recolección manual de muestras tomadas de una superficie previamente establecida de un metro cuadrado. Como el cultivo se sembró a 52 cm de distancia entre hileras, se toman las muestras sobre el surco, en una distancia de 1,92 cm, lo que equivale a 1 m². En cada bloque se tomaron tres muestras por tratamiento y luego fueron procesadas con una trilladora estacional. Se realizó la corrección por humedad obteniendo los resultados de rendimiento expresados en g/m², que fueron transformados a kg/ha y utilizados para obtener la eficiencia en el uso del agua (EUA).

Los resultados fueron sometidos al análisis de la varianza para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El programa utilizado es el INFOSTAT (InfoStat, 2010).

II.4.3. Eficiencia en el uso del agua:

Estos valores fueron obtenidos a través de una fórmula que relaciona al rendimiento en grano y a la evapotranspiración del cultivo.

$$\text{EUA (kg.ha}^{-1}\text{/mm)} = \text{RTO} / \text{ETP}$$

En donde EUA es la eficiencia en el uso del agua, RTO es rendimiento en grano en kg/ha y ETP la evapotranspiración del cultivo en milímetros.

Cabe destacar que en el establecimiento ubicado en las cercanías de La Aguada se han realizado los muestreos para la obtención de ETP y rendimiento en grano, mientras que en el establecimiento ubicado en las proximidades de la localidad de Alcira Gigena solo se realizaron los muestreos correspondientes a la obtención de rendimiento en grano. Por lo que solo se obtendrán valores de EUA en el primer establecimiento mencionado.

II.5. Interpretación de resultados:

II.5.1. Rendimientos:

Con los datos obtenidos de rendimientos de grano y a través de la utilización del programa INFOSTAT se realizaron dos análisis estadísticos en cada establecimiento para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en los distintos estudios. El primero se basó en la comparación entre los boques y tratamientos, mientras que en el segundo análisis se comparó dos situaciones:

1. Cultivo a favor de la pendiente.
2. Cultivo en terraza, en el que se ponderará el rendimiento por la superficie ocupada por el canal, el lomo y la curva de nivel (posición alta y baja).

Con estos análisis se podrá evaluar el efecto sólo y combinado de la aplicación de las de técnicas de manejo.

Se llevó a cabo un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA) con submuestreos, en el que se ingresaron los datos y se obtuvieron diferentes parámetros siendo los de importancia para este caso el r^2 y el valor de “p” en el bloque y tratamientos. El primero nos indica la seguridad del análisis, relacionado con el error, mientras que el segundo es el parámetro utilizado para saber si existen diferencias significativas. Si $p > 0,05$ no hay diferencias significativas si $p < 0,05$ hay diferencias significativas.

Luego, se comprobaron los supuestos del ANOVA, a través de la normalidad de los errores, en el que se utiliza un gráfico Q-Q plot con las variables residuos. Los puntos de ese gráfico tienen que ser lo más lineal posible, dando un $r > 0,95$ para que tenga distribución normal. Posteriormente, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks, obteniendo un nuevo valor de “p” que si es mayor a 0,05 indica que es normal, mientras que si es menor, no lo es. Comprobada la normalidad del análisis, se continuó con el supuesto de homogeneidad de varianza de error, en el que se realizó un gráfico de dispersión, donde si se obtiene una “nube” de puntos es de tendencia homogénea. Por último, se realizó un nuevo análisis de la varianza con los residuos absolutos (RABs) como variable dependiente, y los tratamientos como variable de clasificación. Esto arrojó un nuevo valor “p”, en el que si es mayor a 0,05 indica que las varianzas son homogéneas.

Por último, en el caso que haya diferencias significativas entre tratamientos, se realiza una comparación de medias con el test de LSD de Fisher, obteniendo una tabla y un gráfico en el que se muestran con letras los tratamientos que tienen diferencias significativas.

II.5.2. Humedad en el perfil y eficiencia en el uso del agua:

Con los datos de precipitaciones, escurrimiento y humedad del suelo durante el ciclo de la soja se obtuvo la evapotranspiración del cultivo en los sitios en estudio. A través de estos resultados y relacionándolos con los de rendimientos de grano, se obtuvo la EUA y se pudo evaluar los diferentes efectos de los tratamientos.

Como indicador de la mejora productiva que generó la incorporación de prácticas conservacionistas, se utilizó el estado del cultivo, el cual luego fue representado en el rendimiento obtenido.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1. Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo:

III.1.1. Precipitaciones:

En las Figuras 7 y 8 se muestra las precipitaciones decádicas registradas durante la campaña 2014-15 en los dos establecimientos en estudio, en el que se comparan con las precipitaciones normales históricas de la región (Ver anexo 1):

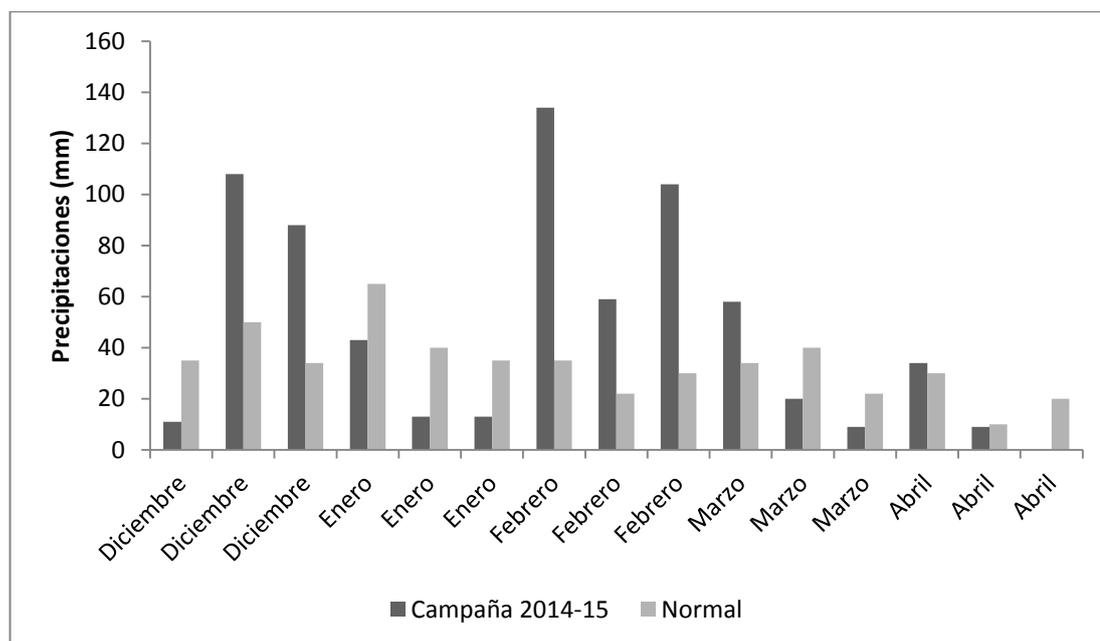


Figura 7. Precipitaciones decádicas normales de la región (mm) y de la campaña 2014-15 en el establecimiento ubicado en las cercanías de La Aguada.

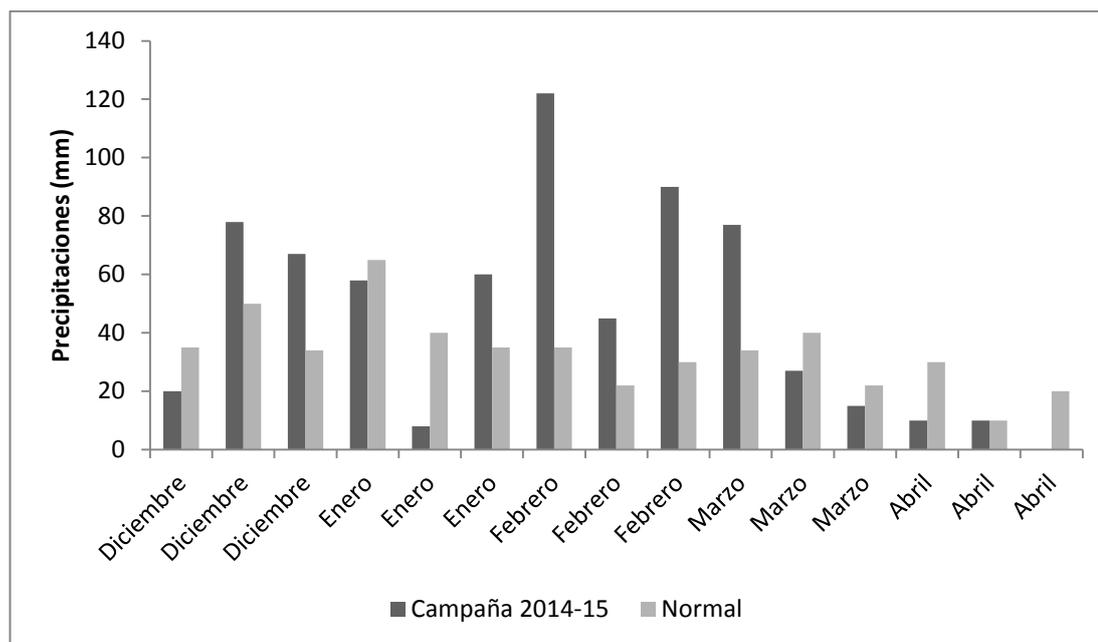


Figura 8. Precipitaciones normales decádicas de la región (mm) y de la campaña 2014-15 en el establecimiento ubicado en las cercanías de Alcira Gigena.

Al analizar el ciclo de cultivo, se puede observar que en ambos establecimientos se supera la media normal de precipitaciones de la región, a excepción de todo enero en el que está ubicado en cercanías a La Aguada y en la segunda decena del mismo mes en el campo de Alcira Gigena. Los excesos hídricos de la campaña con respecto a la media normal fueron de 201 mm en el primer establecimiento y 195 mm en el segundo (ver anexo 1), siendo estos más importantes a partir del comienzo de febrero, momento en que la soja se encuentra en plena floración (R2) iniciando el período crítico de definición del rendimiento. Cabe destacar que en La Aguada hubo caída de granizo en una ocasión en el mes de enero, el cual no fue intenso pero pudo haber afectado el rendimiento en grano, al afectar la foliación.

III.1.2. Ecurrimiento:

A través del método de la Curva Número (CN), se determinó los milímetros escurridos durante el ciclo del cultivo. Éste se basa en colocar en una hoja de cálculo (Excel) las precipitaciones ocurridas y asignar un valor de CN según las condiciones del sitio de estudio.

En ambos establecimientos, el valor de CN designado para el tratamiento a favor de la pendiente fue de 79, mientras que para los demás tratamientos que están en la parte de la terraza el valor fue de 74. Esta diferencia en el valor se da porque hay mayor potencial de escurrimiento en la parte que el cultivo está sembrado a favor de la pendiente con respecto a donde están construidas las terrazas.

En el establecimiento que se encuentra próximo a La Aguada, la cantidad de milímetros escurridos fue de 75 mm en los tratamientos dentro de las terrazas, mientras que en el de a favor de la pendiente fue de 115 mm (Ver anexo 2).

Por otro lado, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena, los milímetros escurridos en los tratamientos dentro de las terrazas fueron de 76 mm, mientras que en el de a favor de la pendiente fueron de 117 mm (Ver anexo 2).

III.2. Evapotranspiración del cultivo:

La medición de la ETP solo fue realizada en el establecimiento cercano a La Aguada, ya que en el otro no fue posible realizar los correspondientes muestreos de suelo para el cálculo de humedad y agua útil.

Para este cálculo, fue necesario obtener un diferencial de humedad en el suelo entre el inicio y fin del ciclo del cultivo. Además, se debe contar con datos de las precipitaciones y escurrimiento, en este caso ya mencionados anteriormente.

Los valores de CC y PMP utilizados para realizar los cálculos fueron de 13,44 y 7,69, respectivamente. Ambos expresados en valores gravimétricos (%) (C. Cholaky comunicación personal).

Los resultados que se obtuvieron se muestran en las tablas 1 a 3:

Tabla 1. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Agua útil en el perfil al inicio (mm)	Agua útil en el perfil al final (mm)	Precipitaciones (mm)	Escurrecimiento (mm)	ETP (mm)
A favor de pendiente	127	125,37	703	115	589,64
Curva en posición alta	73,43	130,16	703	75	571,27
Curva en posición baja	132,93	132,66	703	75	628,27
Canal de terraza	192,47	120,70	703	75	699,77
Lomo de terraza	134,90	145,66	703	75	617,24

Tabla 2. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Agua útil en el perfil al inicio (mm)	Agua útil en el perfil al final (mm)	Precipitaciones (mm)	Escurrecimiento (mm)	ETP (mm)
A favor de pendiente	142,08	114,06	703	115	616,01
Curva en posición alta	160,81	132,81	703	75	656
Curva en posición baja	137,55	125,45	703	75	640,10
Canal de terraza	204,61	109,83	703	75	722,79
Lomo de terraza	167,18	110,15	703	75	685,03

Tabla 3. Evapotranspiración del cultivo (mm) en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Agua útil en el perfil al inicio (mm)	Agua útil en el perfil al final (mm)	Precipitaciones (mm)	Escurrecimiento (mm)	ETP (mm)
A favor de pendiente	151,30	133,53	703	115	605,77
Curva en posición alta	127,22	115,39	703	75	639,84
Curva en posición baja	129,61	93,57	703	75	664,04
Canal de terraza	204,40	119,34	703	75	713,06
Lomo de terraza	120,93	147,86	703	75	601,07

Los valores normales de ETP para el ciclo del cultivo en esta región están entre 600 a 650 mm (Storre *et al.*, 2003), por lo cual al observar las tablas 1 a 3, no se muestran grandes diferencias con la normal, pero si una pequeña tendencia a ser menor en el tratamiento a favor de la pendiente por tener mayor potencial de escurrecimiento (mayor CN). Estas similitudes en los resultados podrían ser atribuida a que las precipitaciones fueron abundantes y con los mismos valores, ya que se encuentran en el mismo sitio de muestreo.

III.3. Rendimientos en grano:

Los valores que se obtuvieron de la cosecha de las muestras fueron expresados en gr/m^2 , y luego llevados a kg/ha .

Estos muestreos fueron realizados en ambos establecimientos, por lo que los resultados fueron separados entre campos, debido a que el análisis y comparación que se realizó es dentro de cada establecimiento y no entre ellos.

Los resultados por tratamientos se los muestran en las tablas 4 a 9:

III.3.1. Establecimiento cercano a La Aguada:

Tabla 4. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	3103,20	2895,27
	2551,52	
	3031,08	
Curva en posición alta	2867,13	3168,03
	3385,15	
	3251,82	
Curva en posición baja	2658,04	2696,27
	2685,54	
	2745,22	
Canal de terraza	2691,80	2620,87
	2771,20	
	2399,60	
Lomo de terraza	3044,80	2957,78
	2985,98	
	2842,56	

Tabla 5. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	3101,76	2861,36
	2667,83	
	2814,50	
Curva en posición alta	3256,16	3378,77
	3741,12	
	3139,04	
Curva en posición baja	2574,39	2698,76
	2648,80	
	2873,08	
Canal de terraza	2425,31	2883,22
	3088,75	
	3135,60	
Lomo de terraza	3344,56	3122,59
	3033,78	
	2989,44	

Tabla 6. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	2844,60	2807,66
	3210,30	
	2368,08	
Curva en posición alta	2963,52	2683,23
	2407,13	
	2679,03	
Curva en posición baja	3313,92	3685,81
	3993,76	
	3749,76	
Canal de terraza	2966,95	2567,49
	2322,47	
	2413,04	
Lomo de terraza	4008,96	3527,83
	2737,98	
	3836,56	

El rendimiento promedio para esta región en la campaña 2014/15 fue de 2829 kg/ha (MINAGRI, 2016), por lo cual los resultados obtenidos muestran una tendencia a ser similares y levemente superiores en todos los tratamientos, a excepción del canal de la terraza, el cual fue menor al promedio. Una posible explicación de lo ocurrido podría ser

atribuida a un “retoque” de las terrazas en años anteriores, que dejarían con menos nutrientes al tratamiento de menor rendimiento.

III.3.2. Establecimiento cercano a Alcira Gigena:

Tabla 7. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°1, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	4384,38	3559,84
	3335,23	
	2959,91	
Curva en posición alta	3680,74	3170,98
	3073,77	
	2758,42	
Curva en posición baja	3324,78	3149,47
	3106,98	
	3016,64	
Canal de terraza	3947,02	3456,79
	3935,50	
	2487,84	
Lomo de terraza	4050,76	3635,09
	2860,90	
	3993,62	

Tabla 8. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°2, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	2527,84	3088,85
	2917,26	
	3821,44	
Curva en posición alta	3039,42	3054,71
	3103,65	
	3021,05	
Curva en posición baja	2810,65	3099,46
	3311,88	
	3175,84	
Canal de terraza	3008,38	2996,21
	3114,54	
	2865,72	
Lomo de terraza	3646,40	3749,62
	4283,55	
	3318,90	

Tabla 9. Rendimientos en granos (kg/ha) obtenidos en el bloque N°3, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento promedio entre tratamiento (kg/ha)
A favor de pendiente	3206,25	3268,37
	3148,70	
	3450,16	
Curva en posición alta	3352,94	3453,76
	3349,00	
	3659,34	
Curva en posición baja	3336,57	3207,98
	2951,46	
	3335,92	
Canal de terraza	2891,05	2831,59
	3290,88	
	2312,84	
Lomo de terraza	3749,06	3906,06
	3970,32	
	3998,79	

En este establecimiento se encontraron buenos rendimientos de grano, superando a la media regional de la campaña en todos los tratamientos. Esto podría deberse a que el suelo en donde se realizó el ensayo es de mejor calidad con respecto al que está ubicado en La Aguada.

III.3.3. Rendimiento promedio en la terraza y en el tratamiento a favor de la pendiente:

La superficie estimada que ocupan los tratamientos en la terraza son: curva en posición alta 40%, curva en posición baja 40%, canal 10% y lomo 10%. Estos valores se obtuvieron ya que la distancia entre terrazas es de 40 metros, ocupando 4 metros los tratamientos de canal y lomo, mientras que en los otros dos la distancia fue de 16 metros cada uno.

El rendimiento promedio en los tratamientos de las terrazas fue ponderado por la superficie que ocupan, obteniendo así el rendimiento ponderado.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 10 y 11:

Tabla 10. Rendimiento promedio ponderado en la terraza vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento cercano a La Aguada.

Bloque	Rendimiento ponderado (kg/ha)	Rendimiento a favor de la pendiente (kg/ha)
1	2903,58	2895,27
2	3031,59	2861,36
3	3157,14	2807,66

Tabla 11. Rendimiento promedio ponderado en la terraza vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Bloque	Rendimiento ponderado (kg/ha)	Rendimiento a favor de la pendiente (kg/ha)
1	3237,37	3559,84
2	3136,25	3088,85
3	3338,46	3268,37

Como se dijo anteriormente, se realizaron dos análisis estadísticos en ambos establecimientos, el primero fue entre tratamientos y bloques, mientras que en el segundo se comparó el tratamiento a favor de la pendiente con el rendimiento ponderado en las terrazas.

III.3.4. Análisis estadístico entre bloques y tratamientos:

Al realizar este análisis, se utilizaron los tres valores de muestreo obtenidos por tratamientos, para así disminuir el error (análisis con submuestras). El número de datos utilizados fue de 45, todos estos expresados en kg/ha, utilizando como variable dependiente al rendimiento y como variables de clasificación a los bloques y tratamientos.

III.3.4.1. Análisis en el establecimiento ubicado en las cercanías a La Aguada:

Los resultados que se obtuvieron indican que no hay diferencias significativas entre bloques y entre tratamientos, ya que los valores de “p” fueron de 0,2876 y 0,4992 respectivamente. El valor de r^2 fue de 0,61, por lo que el análisis es confiable. (Ver anexo 3).

En cuanto a los supuestos del ANOVA, el gráfico Q-Q plot y la prueba de Shapiro-Wilks ($p=0,7205$) da como resultado que el análisis es normal, mientras que el gráfico de dispersión indica homogeneidad. Por último, en el análisis de varianza con valores de RAbs, también muestra que es homogéneo, ya que el valor de “p” es igual a 0,5391. (Ver anexo 4).

No se realizan los análisis de varianza con comparaciones de medias entre tratamientos, ya que como se dijo anteriormente, no se deben hacer cuando no hay diferencias significativas en el primer análisis realizado.

En las tabla 12, se puede observar el rendimiento promedio entre bloques y su análisis estadístico con letras. El mayor rendimiento se obtuvo en el lomo, superando en: 126 kg/ha al tratamiento de curva en posición alta, 176 kg/ha al de posición baja y en 348 kg/ha al de a favor de la pendiente. Mientras que el menor rendimiento se obtuvo en el canal de la terraza, con 164 kg/ha menos que el tratamiento a favor de la pendiente. Si bien existen diferencias, éstas no son estadísticamente significativas, y podrían ser atribuidas al error de muestreo.

Tabla 12. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a La Aguada.

Tratamiento	Rendimiento promedio (kg/ha)	
A favor de pendiente	2854,76	A
Curva en posición alta	3076,68	A
Curva en posición baja	3026,95	A
Canal de terraza	2690,53	A
Lomo de terraza	3202,73	A

En la figura 9, se muestra el gráfico entre rendimiento y tratamiento obtenidos del INFOSTAT.

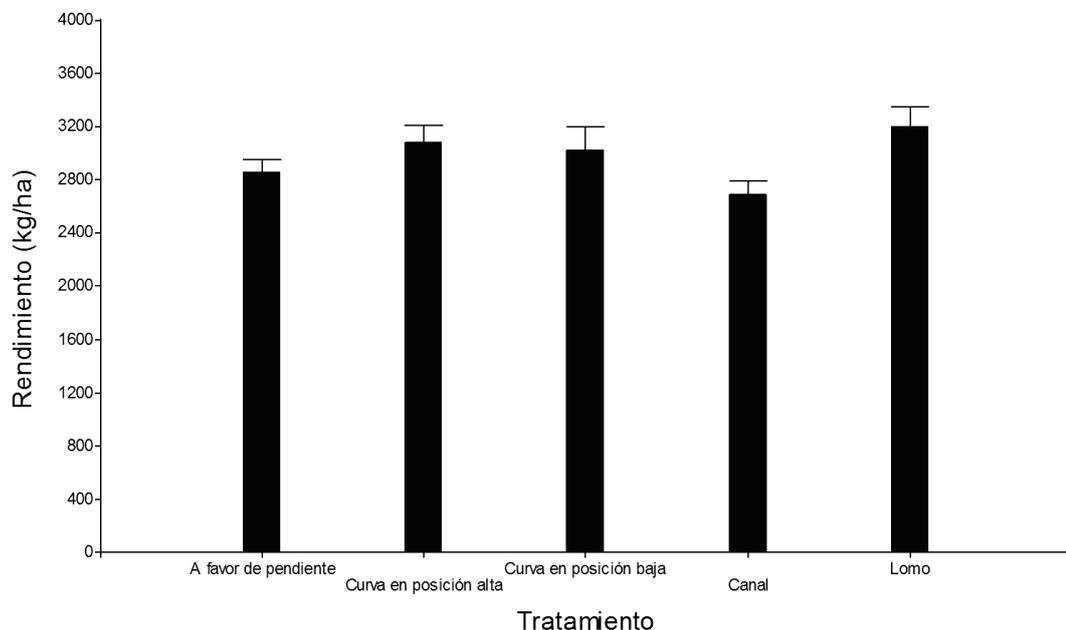


Figura 9. Rendimiento vs tratamientos, en el establecimiento cercano a La Aguada, obtenido por el INFOSTAT.

III.3.4.2. Análisis en el establecimiento ubicado en las cercanías a Alcira Gigena:

Los resultados que se obtuvieron indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre bloques, pero si hay entre tratamientos. Los valores de “p” obtenidos son 0,4851 para los bloques y 0,0274 para los tratamientos, como en el segundo caso dio menos de 0,05 esto indica que hay diferencias significativas entre tratamiento. El valor r^2 obtenido en este caso es de 0,39, si bien es bajo, no hay problemas ya que hay diferencias significativas entre tratamientos. (Ver anexo 5).

En cuanto a los supuestos de ANOVA, el gráfico Q-Q plot y la prueba de Shapiro-Wilks ($p=0,8092$) indican que hay normalidad en el análisis. Por otro lado, el gráfico de dispersión muestra una “nube” de puntos, por lo que esto quiere decir que hay homogeneidad, y además en el análisis de la varianza con valore RAbs, el “p” obtenido es de 0,1311, indicador de homogeneidad por ser superior a 0,05. (Ver anexo 6).

Como en este estudio se han encontrado diferencias significativas entre tratamientos, se precedió a realizar las comparaciones de medias para conocer que tratamientos son diferentes del resto. Para esto se realizó nuevamente un análisis de la varianza, en el que se utilizó el Test de LSD de Fisher para mostrar la tabla de comparaciones entre los tratamientos (ver anexo 7), arrojando además un gráfico de barras (figura 10) en el que se relaciona el rendimiento con los tratamiento.

En las tabla 13, se puede observar el rendimiento promedio entre bloques y su análisis estadístico con letras. El lomo fue el tratamiento en el que se encontró diferencias estadísticamente significativas con el resto, siendo superior en: 458 kg/ha al a favor de la pendiente, 537 kg/ha al de curva en posición alta, 611 kg/ha al curva en posición baja y en 669 kg/ha al del canal de la terraza. Esta diferencia significativa del lomo con respecto a los demás tratamientos se debería a un efecto adicional que se produjo por un “retoque” de las terrazas en el año anterior, lo que ocasionaría que suelo con más nutrientes, proveniente de la parte superficial del canal, quede en el lomo, aumentando su nivel nutricional y produciendo más rendimiento, coincidiendo con la menor producción en la parte del canal.

Tabla 13. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Tratamiento	Rendimiento promedio (kg/ha)	
A favor de pendiente	3305,69	A
Curva en posición alta	3226,48	A
Curva en posición baja	3152,30	A
Canal de terraza	3094,86	A
Lomo de terraza	3763,59	B

En la figura 10, se muestra el gráfico entre rendimiento y tratamiento obtenidos del INFOSTAT.

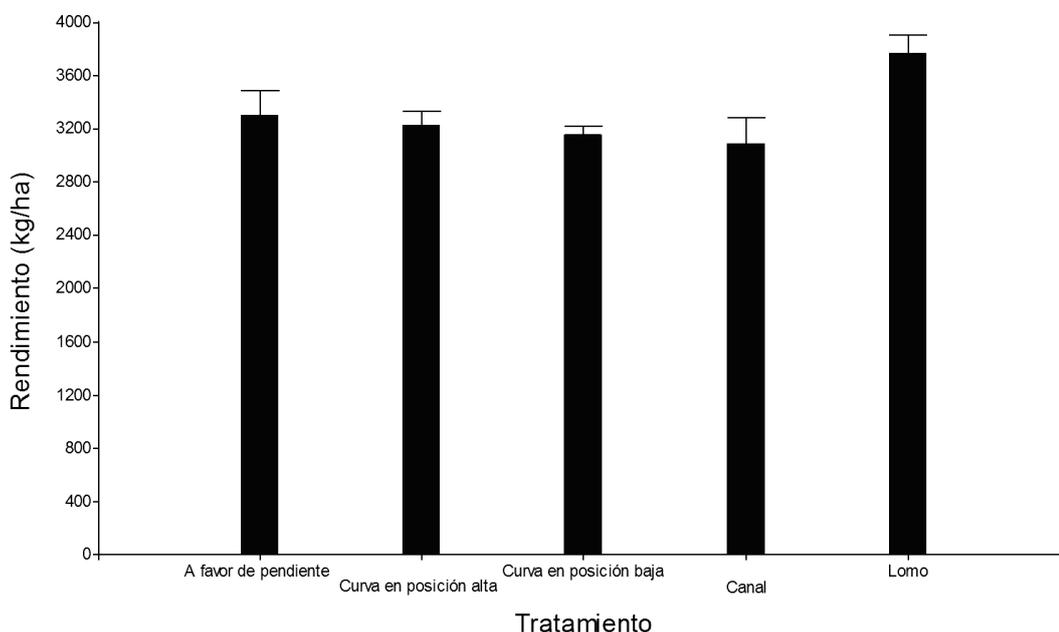


Figura 10. Rendimiento vs tratamientos, en el establecimiento cercano Alcira Gigena, obtenido por el INFOSTAT.

III.3.5. Análisis estadístico entre el tratamiento a favor de la pendiente y la terraza:

En este análisis, los datos de rendimientos que se utilizaron fueron: el promedio de las tres muestras en el tratamiento a favor de la pendiente y un promedio ponderado según la superficie que ocupan los cuatro restantes tratamiento dentro de la terraza, ambos expresados en kg/ha. En este caso, se hará una comparación a través de INFOSTAT entre los bloques y entre el tratamiento a favor de la pendiente y el rendimiento ponderado en las terrazas. La cantidad de datos analizados es de 6, ya que no se utilizan submuestras. La variable dependiente es el rendimiento y las variables de clasificación son los bloques y tratamiento a favor de pendiente vs. rendimiento ponderado en las terrazas.

III.3.5.1. En el establecimiento cercano a La Aguada:

Los resultados que se obtuvieron en este campo muestran que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre bloques y entre la terraza y la siembra a favor de la pendiente, ya que los valores de “p” obtenidos fueron 0,8070 y 0,2160 respectivamente. El valor r^2 obtenido fue de 0,65. (Ver anexo 8).

En este caso, también se realizaron los supuestos del ANOVA, en el que se determinó que el análisis es normal, ya que el gráfico Q-Q plot y la prueba de Shapiro-Wilks ($p=0,1620$) lo indicaron así. Además, se pudo determinar que es homogéneo, debido a que el gráfico de dispersión mostró los puntos en forma de “nube”, y a que el análisis de la varianza con RAbs dio un “p” mayor a 0,99. (Ver anexo 9).

En las tabla 14, se puede observar el rendimiento promedio entre bloques y su análisis estadístico con letras. Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento en la terraza fue mayor al tratamiento a favor de la pendiente, siendo superior en 176 kg/ha. Esta diferencia se podría haber producido por un aumento en cantidad de agua acumulada en el perfil del suelo debido al efecto de la terraza, pero aun así, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Tabla 14. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a La Aguada.

	Rendimiento promedio (kg/ha)	
A favor de pendiente	2854,76	A
Ponderado en terrazas	3030,77	A

En la figura 11, se puede observar los rendimientos promedios obtenidos en el tratamiento a favor de la pendiente y el ponderado en la terraza.

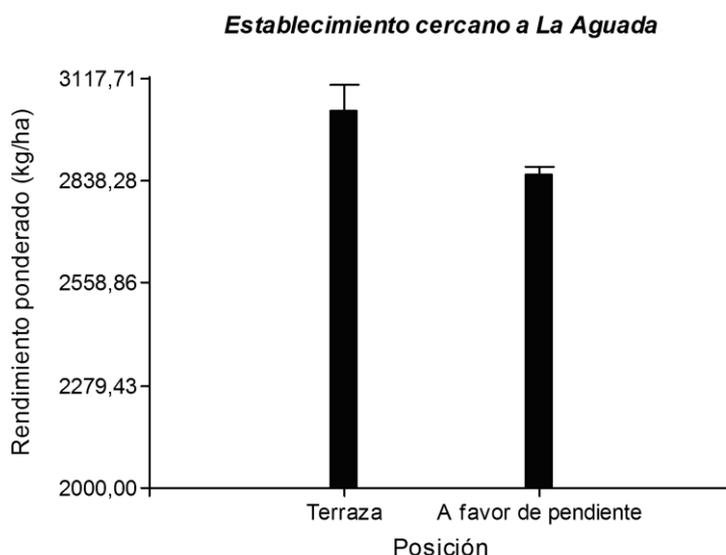


Figura 11. Rendimiento ponderado vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento ubicado en las cercanías a La Aguada.

III.3.5.2. En el establecimiento cercano a Alcira Gigena:

En este análisis, los resultados arrojados por el INFOSTAT indicaron que no hay diferencias significativas entre bloques y entre el tratamiento a favor de la pendiente y las terrazas, porque los valores de “p” fueron de 0,3640 y de 0,6450 respectivamente, con un r^2 de 0,65. (Ver anexo 10).

En cuanto a los supuestos de ANOVA, al igual que en el establecimiento de Alcira Gigena, mostraron que el análisis el normal y homogéneo, ya que así lo indicaron el gráfico Q-Q plot y la prueba de Shapiro-Wilks ($p=0,5196$) para el primer caso, y el gráfico de dispersión y en análisis de la varianza con RAbs ($p>0,99$) para el segundo. (Ver anexo 11).

En la tabla 15, se puede observar el rendimiento promedio entre bloques y su análisis estadístico con letras, en el que se obtuvo un efecto contrario al del establecimiento ubicado en La Aguada, pero con una diferencia de rendimiento menor, ya que en el tratamiento a favor de la pendiente supero en solo 68 kg/ha a las terrazas, lo cual se podría haber atribuido al error de muestreo. Cabe destacar que aunque haya diferencias, estas no son estadísticamente significativas.

Tabla 15. Rendimiento promedio (kg/ha) entre bloques y análisis estadístico en el establecimiento cercano a Alcira Gigena.

	Rendimiento promedio (kg/ha)	
A favor de pendiente	3305,68	A
Ponderado en terrazas	3237,36	A

Por último, en la figura 12 se comparan a través de un gráfico de barras al rendimiento con la posición, siendo los valores similares.

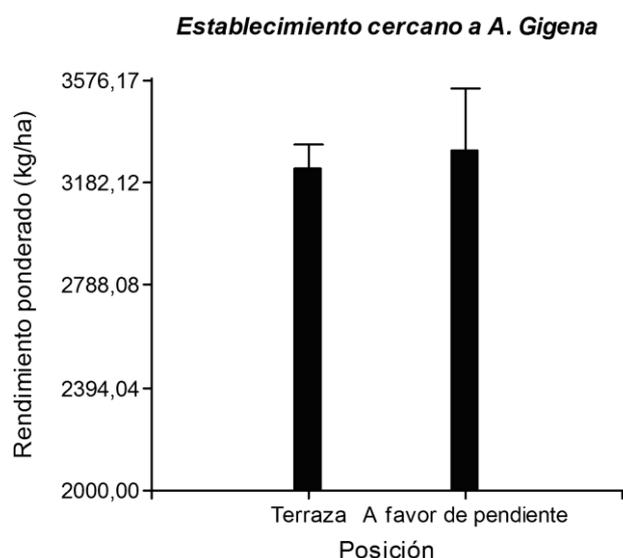


Figura 12. Rendimiento ponderado vs. a favor de la pendiente, en el establecimiento ubicado en las cercanías a Alcira Gigena.

Los resultados obtenidos en ambos establecimientos difieren con lo que encontrado por Pauletti *et al.* (2014), ya que este sí encontró diferencias significativas a favor de las curvas de nivel respecto a la siembra a favor de la pendiente. Además, otros estudios que demuestran similares resultados que el autor mencionado anteriormente son: Troeh *et al.* (1991), Apazteguia y col (1987) y Gvozdenovich y Papparotti (2010), en el que todos encontraron aumentos importantes de la productividad del cultivo de soja con la implementación de técnicas de manejo de relieve que controlen la erosión hídrica.

La falta de diferencias estadísticamente significativas entre tratamiento encontradas en este trabajo, que difieren con los autores mencionados en el párrafo anterior, podrían ser explicadas por la abundante cantidad de precipitaciones caídas durante el ciclo del cultivo, que superan a las medias normales, que lograrían que el cultivo no sufra estrés hídrico. Además, esto habría incidido en que no se pueda asegurar que el almacenaje adicional de humedad que se puede lograr con las terrazas, produzca incrementos significativos en el rendimiento en granos.

III.IV. Eficiencia en el uso del agua:

A partir de los datos anteriores de evapotranspiración del cultivo y de rendimiento, se obtuvo la EUA, la cual indica la cantidad de kilogramos de grano, que se pueden obtener a partir de un milímetro de agua que pudo captar el cultivo.

Cabe destacar que como los muestreos de humedad solo fueron realizados en el campo cercano a La Aguada, la EUA solo pudo ser calculada allí.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Eficiencia en el uso del agua ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}/\text{mm}$) en el establecimiento cercano a La Aguada.

Bloque	Tratamiento	EUA ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}/\text{mm}$)
1	A favor de pendiente	4,910
	Curva en posición alta	5,546
	Curva en posición baja	4,292
	Canal de terraza	3,745
	Lomo de terraza	4,792
2	A favor de pendiente	4,645
	Curva en posición alta	5,151
	Curva en posición baja	4,216
	Canal de terraza	3,989
	Lomo de terraza	4,558
3	A favor de pendiente	4,635
	Curva en posición alta	4,194
	Curva en posición baja	5,551
	Canal de terraza	3,601
	Lomo de terraza	5,869

A través de cuadro anterior, se puede observar que en los valores de EUA no hay grandes diferencias, y que a su vez son bajos con respecto a los normales que se esperarían encontrar, los cuales serían de $9,1 \text{ kg}/\text{ha}^{-1}/\text{mm}$ (Della Maggiora *et al.*, 2002). Esta diferencia con la normal se podría deber a que el año fue muy húmedo, en el cual el cultivo consumiría más agua por estar en abundancia. Otro motivo sería el menor rendimiento obtenido, ya que al estar sembrado en suelos de media loma, podrían estar más degradados por la erosión hídrica, pudiendo tener menos nutrientes, afectándolo negativamente.

Por último, se le pueden atribuir a las abundantes precipitaciones de la campaña las causas de la falta de diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que sería necesario continuar con estos estudios durante varios años, para determinar la validez de realizar técnicas de conservación de suelos, principalmente cuando los años son secos, que sería cuando se esperarían las mayores diferencias entre tratamiento y se justificaría su adopción para mejorar la producción. Desde el punto de vista de conservación de suelos, estas técnicas son fundamentales para disminuir los problemas de erosión hídrica de la región, ya que se evitan el desprendimiento, transporte y deposición de partículas del suelo en sectores más bajos de la cuenta. Cabe destacar que la erosión hídrica es un problema que se debe afrontar con la integración de todos los productores de la cuenca.

IV. CONCLUSIONES

1. Las precipitaciones que se registraron durante la campaña 2014-15 fueron abundantes, superando a las normales de la región.
2. La ETP es similar en todos los tratamientos que se han realizado, y no difieren de la normal, los cuales rondan en 600 a 650 mm.
3. Los rendimientos obtenidos en el establecimiento cercano a La Aguada son similares a los promedios de la campaña 2014-15 y no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.
4. Los rendimientos obtenidos en el establecimiento ubicado en las proximidades a Alcira Gigena son superiores a los promedios de la campaña 2014-15 y muestran diferencias estadísticamente significativas únicamente en el tratamiento del lomo de la terraza.
5. En ambos establecimientos no hay diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos de las terrazas, con respecto al tratamiento a favor de la pendiente.
6. La EUA obtenida es similar en todos los tratamientos realizados en ambos establecimientos, y a su vez es menor a la que se esperaría obtener normalmente.

V. BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE, INTA. 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos.

APEZTEGUI, H; H. AMAYA; L. CRESTA. 1987. Medición de pérdidas de suelo y disminución de los rendimientos de soja debido a la erosión hídrica en la región semiárida central de Córdoba.

BECKER. A; M. CANTÚ; H. SCHIAVO; M. GRUMELLI. 2006. Erosión hídrica laminar en una pendiente representativa del Suroeste de Córdoba, Argentina. 10° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Cuenca La Colacha, Córdoba, Argentina. p: 6.

BLANCO. H Y R. LAL. 2010. Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science+Business Media B.V.

CANTERO, A., BRICCHI, E., BECERRA, V. H., CISNEROS, J. M., GIL H.1986. Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba). Publicación de la UNRC.

CASAS, R.; R. GIL; C. IRURTIA; R. MICHELENA; R. MON; E. NOAILLES BOSCHI; A. DA VEIGA & R. DI GIACOMO. 2008. El suelo y su conservación. Edición INTA. Castelar, Buenos Aires, Argentina. p 12.

CISNEROS J.M; J.D. DE PRADA; A. DEGIOANNI; A. CANTERO GUTIÉRREZ; H. GIL; M. A. REYNERO; F. SHAH; B. BRAVO URETA. 2004. Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba. Evaluación mediante el modelo RUSLE 2. 19° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Sur de Córdoba, Argentina. p 10.

CISNEROS J. 2010. Bases para el ordenamiento territorial del sur de Córdoba (Argentina). El caso de la Cuenca de los Arroyos Menores. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.

CISNEROS J; C. CHOLAKY; A. CANTERO GUTIERREZ; J. GONZALEZ; M. REYNERO; A. DIEZ & L. BERGESIO. 2012. Erosión Hídrica. Principios y técnicas de manejo. UniRío editora, Río Cuarto, Argentina: 287 p.

COLOMBO, G.; J. GONZALEZ; C. CHOLAKY PÉREZ. 2012. Rendimiento de Maíz Sembrado en Curvas de Nivel en Función del Contenido Hídrico Edáfico. Presentado al XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina.

DAMIANO F. y M. A. TABOADA. 2003: Sistematización agrohidrológica predial en la cuenca del Río Arrecifes, Provincia de Buenos Aires. Congreso Argentino de Ingeniería Rural (CADIR) 2005.

DELLA MAGGIORA, A.; J. GARDIOL e A. IRIGOYEN. 2002. Requerimientos hídricos. En: Bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Ed. Andrade, F. y Sadras. V, 2da edición (157-173).

GIL, H.A.; DE PRADA, J.D.; HERNANDEZ, J.; PEREYRA, C. y A.R. ANGELI. 2008. Análisis de la Percepción del Productor sobre la Problemática Ambiental. En: de Prada J.D. y J. Penna (Eds.) Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina. N° 08. IES INTA. 94 pp.

GOOGLE EARTH. 2016.

GVOZDENOVICH J. y O. PAPAROTTI. 2010. Variación del rendimiento del cultivo de soja debido a la erosión hídrica en Entre Ríos. INTA Paraná. p 7.

INFOSTAT. 2010. InfoStat software estadístico. En: <http://www.infostat.com.ar/>

INTA. 2010. Variación del rendimiento del cultivo de soja debido a la erosión hídrica, En: <http://inta.gob.ar/documentos/variacion-del-rendimiento-del-cultivo-de-soja-debido-a-la-erosion-hidrica/>

MAGGI, A; D. THOMPSON; R. INTROCASO. 2014. La erosión de un surco y sus efectos en algunas propiedades físicas. 24° Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Vuelta Obligado, Buenos Aires, Argentina. p 6.

MAPOTECA. 2016. Mapa físico de la provincia de Córdoba. En: www.mapoteca.educ.ar/files/index.html.1.1.html

MINAGRI. 2016. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. En: http://www.minagri.gob.ar/site/agricultura/estimaciones_agricolas/index.php

PAULETTI G; J. GONZALEZ; C. CHOLAKY; S. CABRERA. 2014. Contenido hídrico y rendimiento de soja en función del manejo del relieve. 24° Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. Alcira Gigena, Córdoba, Argentina. p 3.

SATORRE E.H; R.L BENECH ARNOLD; G.A SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI Y R. SAVIN. 2003. Producción de granos: bases funcionales para su manejo. 1era ed. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Pág. 386.

SCOTTA, E; LA. NANNI; AA.CONDE; AC. ROJAS; H. CASTAÑEIRA Y O. PAPAROTTI. 1989. Manual de sistematización de tierras para el control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. Serie didáctica 17. EEA Paraná INTA. En: <http://anterior.inta.gob.ar/parana/info/documentos/suelos/perdidas/calcPerdidasmanual.pdf>

STEVENS C.J.; JN. QUINTON; AP. BAILEY; C. DEASY; M. SILGRAM & DR. JACKSON. 2009. The effects of minimal tillage, contour cultivation and in-field vegetative barriers on soil erosion and phosphorus loss. *Soil & Till Res.* 106:145–151.

TROEH, F.R.; J.A HOBBS y R.L. DONAHUE. 1991. Soil and Water Conservation. Second Edition. Prentice Hall, Inc. 530 pp.

USDA. 1968. A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watershed. Soil Conservation Service.

VI. ANEXOS

ANEXO 1: Precipitaciones.

Establecimiento cercano a La Aguada

Mes	1er decena (mm)	2da decena (mm)	3era decena (mm)
Diciembre 2014	11	108	88
Enero 2015	43	13	13
Febrero 2015	134	59	104
Marzo 2015	58	20	9
Abril 2015	34	9	0

Establecimiento cercano a Alcira Gigena.

Mes	1er decena (mm)	2da decena (mm)	3era decena (mm)
Diciembre 2014	20	78	67
Enero 2015	58	8	60
Febrero 2015	122	45	90
Marzo 2015	87	27	15
Abril 2015	10	10	0

Precipitaciones normales de la región.

Mes	1er decena (mm)	2da decena (mm)	3era decena (mm)
Diciembre	35	50	34
Enero	65	40	35
Febrero	35	22	30
Marzo	34	40	22
Abril	30	10	20

Total de milímetros caídos durante la campaña 2014-15: en La Aguada 703 mm y en A. Gigena 697 mm; media normal 502 mm.

Se generó un exceso con respecto a la normal de: La Aguada 201 mm y en A. Gigena 195 mm.

ANEXO 2: Escurrimiento.

Mes	Esc. La Aguada (mm)		A. Gigena (mm)	
	Terrazas	A favor pend.	Terrazas	A favor pend.
Diciembre 2014	26	41	7	15
Enero 2015	1,46	3,24	16,13	24,47
Febrero 2015	41,62	61,47	35,95	52,45
Marzo 2015	5,19	9,12	17,34	25,48
Abril 2015	0	0,57	0	0

ANEXO 3: Análisis de la varianza en La Aguada.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTO S/H° (kg/ha)	45	0,61	0,43	10,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo.	4857710,88	14	346979,35	3,35	0,0027
Bloque	269392,61	2	134696,31	1,30	0,2876
Tratamiento	1441568,85	4	360392,21	0,92	0,4992
(Bloque*Tratamiento)					
Bloque*Tratamiento	3146749,41	8	393343,68	3,79	0,0035
Error	3109725,40	30	103657,51		
Total	7967436,28	44			

ANEXO 4: Supuestos del ANOVA en La Aguada.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RTO S/H° (kg/ha)	45	0,00	265,85	0,97	0,7205

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS RTO S/H° (kg/ha)	45	0,07	0,00	74,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79647,52	4	19911,88	0,79	0,5391
Tratamiento	79647,52	4	19911,88	0,79	0,5391
Error	1009194,64	40	25229,87		
Total	1088842,16	44			

ANEXO 5: Análisis de la varianza en Alcira Gigena.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTO S/H° (kg/ha)	45	0,39	0,10	13,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo.	3905473,01	14	278962,36	1,36	0,2326
Bloque	304103,71	2	152051,85	0,74	0,4851
Tratamiento	2554913,27	4	638728,32	4,88	0,0274
(Bloque*Tratamiento)					
Bloque*Tratamiento	1046456,03	8	130807,00	0,64	0,7399
Error	6154697,53	30	205156,58		
Total	10060170,54	44			

ANEXO 6: Supuestos del ANOVA en Alcira Gigena.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RTO S/H° (kg/ha)	45	0,00	374,00	0,97	0,8092

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS RTO S/H° (kg/ha)	45	0,16	0,07	83,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	416164,56	4	104041,14	1,89	0,1311
Tratamiento	416164,56	4	104041,14	1,89	0,1311
Error	2202501,74	40	55062,54		
Total	2618666,30	44			

ANEXO 7: Comparaciones de medias. Test de LSD de Fisher.

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=393,15990

Error: 130807,0042 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Canal	3094,86	9	120,56	A
Curva en posición baja	3152,30	9	120,56	A
Curva en posición alta	3226,48	9	120,56	A
A favor de pendiente	3305,69	9	120,56	A
Lomo	3763,59	9	120,56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 8: Análisis de la varianza entre tratamiento a favor de la pendiente y terraza en La Aguada.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTO prom pond s/h° (kg/ha)..	6	0,65	0,12	4,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53396,18	3	17798,73	1,22	0,4795
Bloque	6926,90	2	3463,45	0,24	0,8079
Pend. vs					
terrazza	46469,28	1	46469,28	3,19	0,2160
Error	29126,00	2	14563,00		
Total	82522,18	5			

ANEXO 9: Supuestos del ANOVA (pendiente y terraza), en La Aguada.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RTO prom pond s/h° (k..	6	0,00	76,32	0,84	0,1620

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS RTO prom pond s/h° (k..	6	0,00	0,00	82,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Pend. Vs					
terrazza	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	9062,46	4	2265,62		
Total	9062,46	5			

ANEXO 10: Análisis de la varianza entre tratamiento a favor de la pendiente y terraza en Alcira Gigena.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTO prom pond s/h° (kg/ha)..	6	0,65	0,14	4,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91881,50	3	30627,17	1,26	0,4709
Bloque	84878,70	2	42439,35	1,75	0,3640
Pend. Vs					
terrazza	7002,80	1	7002,80	0,29	0,6450
Error	48570,33	2	24285,17		
Total	140451,83	5			

ANEXO 11: Supuestos del ANOVA (pendiente y terraza), en Alcira Gigena.

Shapiro-Wilks (modificado)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS RTO prom pond s/h° (k..	6	0,00	0,00	43,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Pend. Vs					
terrazza	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	5511,11	4	1377,78		
Total	5511,11	5			

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RTO prom pond s/h° (k..	6	0,00	98,56	0,91	0,5196