



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

**TRABAJO FINAL  
PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

***EFFECTO COMBINADO DE CURVAS DE NIVEL Y TERRAZAS  
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SOJA Y MAÍZ***

**Marcos Jesús Giacardi**

**30.849.476**

**José Manuel Cisneros**

Director

**Alberto Miguel Montesano**

Co-director

Río Cuarto – Córdoba

5 de Octubre de 2016

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

### ***EFFECTO COMBINADO DE CURVAS DE NIVEL Y TERRAZAS SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SOJA Y MAÍZ***

**ALUMNO: Marcos Jesús Giacardi**  
**D.N.I. 30.849.476**

**DIRECTOR: DR. ING. AGR. JOSE MANUEL CISNEROS**  
**CODIRECTOR: ING. AGR. ALBERTO MONTESANO**

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

**ING. AGR. MSC. MARCOS BONGIOVANNI** \_\_\_\_\_

**ING. AGR. SOLEDAD CABRERA** \_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
**Secretario Académico**

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo constante.

A la universidad nacional de Río Cuarto por la formación académica brindada en forma gratuita y a la agencia de extensión de INTA Río Cuarto.

A mis directores de tesis José Cisneros, Alberto Montesano y Marcos Barbora por la gran ayuda obtenida y la dedicación en todo momento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1-Importancia de la temática abordada. Fundamentación.....	3
1.2-Antecedentes.....	5
1.2-Hipótesis.....	8
1.3-Objetivo general.....	8
1.4-Objetivos específicos.....	9
<b>CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
2.1-Área de trabajo.....	10
2.1.1- Caracterización climática del área.....	10
2.1.2- Fisiografía y suelos.....	10
2.2.1 Maíz Gigena Norte:.....	15
2.2.2 Maíz La Aguada:.....	15
2.2.3: Maíz Gigena Oeste:.....	15
2.2.4: Soja:.....	15
2.3.1: Diseño experimental.....	16
2.3.2: Análisis estadístico.....	16
2.3.3: Modelo estadístico.....	16
2.4: Evaluaciones.....	17
2.4.1:- Datos pluviométricos.....	17
2.4.2 Estimación del escurrimiento.....	17
2.4.3: Materia seca en Madurez Fisiológica de soja.....	18
2.4.4: Rendimiento en granos.....	18
2.4.5: Peso de mil granos.....	18
2.4.6: Eficiencia en el Uso del Agua.....	18
En primera instancia se calculó la evapotranspiración real ET real de cada cultivo mediante la siguiente fórmula (Satorre <i>et al.</i> 2003):.....	18
2.4.7: Comparación de rendimiento entre distintas formas de producción.....	19
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
3.1-Maíz Gigena Norte.....	20
3.1.1-Descripción del perfil suelo.....	20
3.1.2- Precipitaciones.....	20
3.1.3: Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA.....	21
3.1.4: Rendimiento de granos de Maíz Gigena Norte:.....	22
3.1.5- Peso de mil granos.....	23
3.1.6: Comparación de rendimiento de testigo (T1) vs la media de curvas de nivel (T2 y T3).....	24
3.1.7: Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel (T2, T3, T4 y T5).....	25
3.1.8: Eficiencia de uso del agua.....	25
3.2 Maíz La Aguada.....	26
3.2.1 Precipitaciones.....	26
3.2.2 Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA.....	27
3.2.3 Rendimiento en granos de Maíz La Aguada.....	28
3.2.4 Peso de mil granos.....	29
3.2.5 Comparación de rendimiento del testigo (T1) vs el promedio de curvas de nivel (T2 y T3).....	30

3.2.6 Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel ( T2, T3, T4 y T5) .....	30
3.2.7 Eficiencia en el uso del agua (EUA).....	31
3.3 Maíz Gigena Oeste .....	31
3.3.1 Precipitaciones.....	31
3.3.2: Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA .....	32
3.3.3: Rendimiento de granos Maíz Gigena Oeste: .....	33
3.3.4- Peso de mil granos.....	34
3.3.5: Comparación de rendimiento de testigo (T1) vs la media de curvas de nivel (T2 y T3).....	35
3.3.6: Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel ( T2, T3, T4 y T5) .....	35
3.3.6: Eficiencia de uso del agua (EUA) .....	36
3.4 Soja.....	37
3.4.1Precipitaciones.....	37
3.4.2 Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA.....	37
3.4.3 Producción de biomasa aérea a madurez fisiológica .....	37
3.4.4 Rendimiento de granos e índice de cosecha .....	38
3.4.5 Peso de mil granos.....	39
3.4.6 Comparación de rendimiento de T1 vs el promedio de T2 y T3 (curvas de nivel) .....	39
3.4.7 Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs curvas a nivel y el sistema de terrazas ( T2, T3, T4 y T5) en Soja.....	40
3.4.7 Eficiencia en el uso del agua (EUA).....	40
3.5 Análisis integrado de los efectos de la sistematización sobre el rendimiento en granos.....	40
CAPITULO IV. CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES.....	43
CAPÍTULO V. LITERATURA CITADA .....	44

**INDICE DE FIGURAS:**

Figura 1: Cultivo de soja sembrado en curva de nivel al norte de Gigena.....	5
Figura 2: Lomo y canal de terraza en cultivo de maíz al norte de Gigena.....	5
Figura 3: Mapa político de la provincia de Córdoba y área de estudio.....	13
Figura 4: Detalle del área de estudio, A: Gigena Norte, B: Gigena Oeste, C: La Aguada.....	13
Figura 5: imagen satelital campo “Maíz Gigena Norte” .....	14
Figura 6: Imagen satelital de campo Gigena Oeste: A) “Soja” B) “Maíz Gigena Oeste” .....	14
Figura 7: Campo “Maíz La Aguada” .....	14
Figura 8: Esquema de ubicación de bloques y tratamientos a campo.....	16
Figura 9: Esquema de ubicación de tratamientos entre dos terrazas consecutivas.....	16
Figura 10: Distribución de las precipitaciones en Gigena Oeste en la campaña 2012/2013.....	21
Figura 11: Distribución mensual de las precipitaciones ocurridas en Gigena Norte en la campaña 2012/2013 y la media histórica.....	21
Figura 12: Rendimiento medio en Kg/ha de cada tratamiento en Maíz Gigena Norte.....	23
Figura 13: Peso medio de mil granos para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Norte.....	24
Figura 14: Distribución mensual de las precipitaciones (mm) ocurridas en La Aguada en la campaña 2012/2013 y la media histórica.....	27
Figura 15: Precipitaciones mensuales acumulada (mm/mes) y escurrimiento acumulado del mes (Q; mm/mes) para Maíz La Aguada.....	27
Figura 16: Rendimiento medio en Kg/ha de cada tratamiento en Maíz La Aguada.....	29
Figura 17: Peso de mil granos (gramos) de los distintos tratamientos de Maíz La Aguada.....	30
Figura 18: Distribución de las precipitaciones en Gigena Oeste en la campaña 2012/2013.....	32
Figura 19: Distribución mensual de las precipitaciones (mm) ocurridas en Gigena Oeste en la campaña 2012/2013 y la media histórica.....	32
Figura 20: Precipitaciones mensuales acumuladas y escurrimiento (Q) acumulado del mes (mm) para Maíz Gigena Oeste.....	33
Figura 21: Rendimiento medio (Kg/ha) de cada tratamiento en Maíz Gigena Oeste.....	34
Figura 22: Peso medio de mil granos (gramos) para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Oeste.....	35
Figura 23: Precipitaciones mensuales acumuladas y escurrimiento (Q) acumulado del mes (mm) para Soja.....	37
Figura 24: Plantas de soja en Lomo de terrazas severamente afectadas por estrés.....	38
Figura 25: Peso medio de mil granos para los distintos tratamientos de Soja.....	39

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Datos analíticos del perfil típico de serie La Aguada.....	11
Tabla 2: Datos analíticos del perfil típico de serie Alpa Corral.....	12
Tabla 3: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz Gigena Norte.....	22
Tabla 4: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz Gigena Norte en función de los distintos tratamientos.....	23
Tabla 5: Comparación de rendimiento entre distintas técnicas de cultivo.....	25
Tabla 6: Rendimiento ponderado de maíz en un lote sistematizado.....	26
Tabla 7: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Norte.....	27
Tabla 8: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz La Aguada.....	28
Tabla 9: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz La Aguada en función de los distintos tratamientos.....	30
Tabla 10: Comparación de rendimientos entre Curvas a nivel y Siembras a favor de la pendiente.....	31
Tabla 11: Rendimiento ponderado en lote sistematizado de Maíz La Aguada.....	31
Tabla 12: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz La Aguada.....	34
Tabla 13: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz Gigena Oeste en función de los distintos tratamientos.....	35
Tabla 14: Comparación de rendimiento entre distintas técnicas de cultivo.....	36
Tabla 15: Rendimiento ponderado de maíz en un lote sistematizado.....	37
Tabla 16: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Oeste.....	39
Tabla 17: Rendimiento, Biomasa aérea e índice de cosecha de Soja.....	40
Tabla 18: Comparación de rendimiento de granos en siembras a favor de la pendiente y en curvas a nivel.....	40
Tabla 19: Comparación de rendimiento de granos en distintas formas de producción en Soja.....	41
Tabla 20: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Soja.....	42
Tabla 21: Rendimientos relativos al T1 de cada sitio experimental (%).....	44

**ANEXOS**

Cuadro 1: Análisis de comparación de medias del rendimiento de Maíz Gigena Norte.....	49
Cuadro 2: Análisis de la varianza para Peso de mil Maíz Gigena Norte.....	49
Cuadro 3: comparación de medias de rendimiento en granos de Maíz La Aguada.....	50
Cuadro 4: Comparación de medias de Peso de Mil granos de Maíz La Aguada.....	49
Cuadro 5: Comparación de medias para rendimiento en granos de Maíz Gigena Oeste.....	52
Cuadro 6: Anova y comparación de medias para peso de mil granos de Maíz Gigena Oeste.....	52
Cuadro 7: Anova de Materia Seca de soja en madurez fisiológica.....	53
Cuadro 8: Anova y comparación de medias de rendimiento de Soja.....	53
Tabla 1: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz Gigena Norte.....	49
Tabla 2: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz La Aguada.....	50
Tabla 3: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz La Aguada.....	50
Tabla 4: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz Gigena Oeste.....	51
Tabla 5: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz Gigena Oeste.....	51
Tabla 6: Precipitación y escurrimiento acumulado para Soja.....	53
Tabla 7: Valores de Curva Número para los diferentes grupos hidrológicos, usos y manejos de la tierra (condicion de humedad antecedente AMC II).....	54



## **RESUMEN**

Los suelos del Oeste de la provincia de Córdoba se caracterizan por su relieve de llanuras onduladas y una alta susceptibilidad a sufrir erosión hídrica. Entre las técnicas de conservación de suelos con pendiente se encuentran la siembra en curvas a nivel y terrazas de distinto tipo, como son las de absorción y desagüe, con las variantes de base ancha o angosta, paralelizadas o no y rectificadas o no.

La hipótesis de este trabajo es que la construcción de terrazas de absorción y siembra en curvas de nivel generan diferencias en el rendimiento de los cultivos de soja (*Glycine max*) y maíz (*Zea mays*) con respecto a los mismos cultivos sembrados a favor de la pendiente bajo similares condiciones ambientales y de manejo.

El objetivo general de este trabajo es cuantificar la variación de rendimiento de dichos cultivos por la aplicación de siembra en curvas a nivel y terrazas de absorción, en contraste a la siembra a favor de la pendiente, en dos sitios representativos de las llanuras onduladas del oeste de la provincia de Córdoba: La Aguada y Gigena. Los tratamientos para cada cultivo fueron: T1: siembra a favor de la pendiente; T2: Siembra en curvas a nivel en posición alta; T3: en curvas a nivel en posición baja; T4: en canal de terrazas; T5: en lomo de terrazas. Se determinó el rendimiento en granos.

En Maíz Gigena Norte hubo diferencias estadísticamente significativas a favor de T2, T3 y T5 con incrementos en el rendimiento del 67%, 47% y 49 % respectivamente, y T4 con 20% de incremento sin diferencia estadísticamente significativa con respecto al T1.

En Maíz La Aguada hubo diferencias estadísticamente significativas a favor del T5 con un aumento del rendimiento relativo respecto al T1 del 42%, mientras que los T2 y T3 no difieren del T1 con 2% de incremento y 3% de disminución del rendimiento respecto al T1, y el T4 difiere de todos los anteriores con un rendimiento del 22% por debajo del T1.

En Maíz Gigena Oeste hubo diferencias estadísticamente significativas a favor de los T2, T3, T4 y T5 con incrementos en el rendimiento relativo del 45, 40, 39 y 32% respectivamente comparado al T1.

En Soja hubo diferencias estadísticamente significativas a favor de los T1, T2, T3 y T4 respecto al T5, con incrementos en el rendimiento relativos del 7, 10 y 28% para los T2, T3 y T4 respectivamente y una disminución del 42% en el T5 comparado al T1.

Se concluye que las siembras en curvas a nivel combinadas con terrazas de absorción aumentan significativamente el rendimiento de los cultivos comparado con siembras a favor de la pendiente.

Palabras clave: Terrazas, Curvas de nivel, Maíz, Soja, Rendimiento.

## **SUMMARY**

Soils in the West of the province of Cordoba are characterized by its relief of rolling plains and a high susceptibility to suffer erosion. Slope soil conservation techniques the sowings are curves to level, and terraces of different types, such as those of absorption, and drain with base variants wide or narrow, w/o or not and or not.

The hypothesis of this study is that the construction of terraces of absorption and planting on contour generates differences in yield of soybean crops (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*) with respects to seeded them in favor of descent under similar environmental conditions and management.

The overall objective of this study is to quantify the variation of performance of these crops terraces of absorption, in contrast to sowing in favour of descent, and application of planting in curves to level at two sites representative of the Plains rolling in the West of the province of Córdoba: La Aguada and Gigena. Treatments for each crop were: T1: planting in favour of descent; T2: Planting in curves to level in the high position; T3: on curves to level in the down position; T4: in channel of terraces; T5: on back of terraces. Grain yield was determined.

In corn Gigena North there was statistically significant in favour of T2, T3 and T5 with increases in the yield of the 67%, 47% and 49% respectively, and T4 with 20% increase not statistically significant difference with respect to T1.

In corn La Aguada, there were statistically significant differences in favour of the T5 with an increase in the relative yield regarding the T1 of 42%, while the T2 and T3 are not different from the T1 with 2% increase and 3% decrease of the performance with respect to T1 and T4 differs from all previous ones with a yield of 22% below the T1.

In corn Gigena West there were statistically significant differences in favour of the T2, T3, T4 and T5 with increases in the relative performance of 45, 40, 39, and 32% respectively compared to the T1.

In soybeans, there were statistically significant differences in favour of the T1, T2, T3 and T4 to T5, with relative increases in yield of 7, 10 and 28% for the T2, T3 and T4 respectively and a decrease of 42% in the T5 compared to T1.

Sowings made in level curves combined with terraces of absorption to significantly increase the yield of crops compared with crops in favour of descent can be concluded.

Key words: terraces, level, corn, soybean, yield curves.

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

### 1.1-Importancia de la temática abordada. Fundamentación

La humanidad, en búsqueda del desarrollo económico y del goce de las riquezas naturales, debe hacer frente a la realidad de lo limitado que son los recursos, como también la capacidad y fragilidad de los ecosistemas. Todo esto indica que debe tener presente las necesidades de las generaciones futuras (Crovetto Lamarca, 1992).

Esta reconocido que los recursos naturales en general y las tierras en particular, tienen una posición estratégica en la economía de un país, por su función de asiento obligado de la producción agropecuaria y forestal, por permitir la obtención de alimentos, fibras, energía y metabolitos esenciales, por dinamizar los sectores secundario y terciario de la economía y por ser una de las bases del intercambio comercial y la balanza de pagos de nuestras naciones. Las sociedades, en función de su propio estilo de desarrollo utilizan las tierras de determinada forma. (Cisneros, 2015).

El suelo es el material sobre el que se basa la producción animal y vegetal; por lo tanto la producción de alimentos para los seres humanos depende de los usos que se den al mismo y de las tecnologías utilizadas para su aprovechamiento. El correcto uso y manejo de los suelos para una producción sostenible tiene dos objetivos: producir alimentos y fibras para obtener utilidades y mantener o mejorar la capacidad productiva del suelo a largo plazo (Davies *et al.*, 1982). El concepto actual de Manejo Integrado de los Recursos Naturales (de los cuales el suelo es uno de los más importantes) implica considerar al Desarrollo Sostenible como la resultante del Crecimiento Económico, la Equidad Social y la Calidad Ambiental. (Lopez Fourcade, 2007).

La región pampeana y extrapampeana ha sufrido cambios importantes en la intensidad de uso de las tierras y en las tecnologías de producción, caracterizadas por un aumento de las superficies agrícolas, una disminución de las superficies ganaderas, un aumento en la superficie dedicada al cultivo de soja, un aumento en el uso de insumos (fertilizantes y herbicidas) y un cambio en las tecnologías de producción, pasando de sistemas de laboreo convencional o mínimo hacia la siembra directa (Chidiak y Murmis, 2003; INTA, 2003).

La región en estudio, oeste del departamento de Río Cuarto, presenta un relieve fuertemente ondulado que conjuntamente con precipitaciones de alta intensidad provocan un incremento de los volúmenes de escurrimiento superficial (Cantú y Becker, 1999). Al aumentar los volúmenes de escurrimiento se incrementan los procesos de erosión hídrica con la consiguiente disminución del horizonte más rico en materia orgánica y nutrientes. La disminución de la capa superficial deja expuestos horizontes o materiales subsuperficiales cuyas características suelen ser menos favorables para el crecimiento de las raíces y para el suministro de agua y nutrientes, provocando la disminución de las capacidades productivas de las tierras (Cisneros *et al.*, 2009).

Esta pérdida de agua por escurrimiento superficial trae como consecuencia en primer lugar una menor disponibilidad de la misma para los cultivos durante su ciclo, pudiendo provocar déficit en

algunas etapas. El agua es un elemento crítico y condicionante de la productividad de los suelos por lo tanto su manejo se debe centrar en un mejor aprovechamiento del mismo (Cisneros *et al.*, 2008). Con la aplicación de técnicas de conservación, como el cultivo a nivel, se reduce la pérdida de suelo y se obtiene una mayor disponibilidad de agua para los cultivos, aumentando de esta manera los rendimientos (Casas *et al.*, 2008). Esto posibilita obtener aumentos y estabilidad de la producción agropecuaria al incrementar la incorporación de agua al suelo para que participe en los procesos productivos (Cantero *et al.*, 1998).

En el sur de Córdoba se encuentran llanuras onduladas ubicadas hacia el este del piedemonte, que cuenta con unas 700.000 has de tierras sujetas a severos procesos de erosión hídrica (Cisneros, 2015) con un uso predominantemente agrícola.

La mayor rentabilidad de la agricultura ha ido desplazando el uso ganadero de las tierras. A esto, se le suma que específicamente en los Haplustoles del área manisera de Córdoba (área central de la provincia) el uso agrícola continuado ha alterado significativamente variables como densidad aparente, conductividad hidráulica, velocidad de infiltración y resistencia mecánica, comparadas con una situación de no uso (Cisneros *et al.*, 1997). De modo que favorecen los procesos conducentes al escurrimiento superficial y la consecuente erosión laminar.

Dada la situación de cambios en el uso de la tierra en las llanuras onduladas y tratándose de ambientes susceptibles de erosión hídrica, es necesario contar con información que aporte datos sobre el impacto que tienen las técnicas conservacionistas que aquí se implementan sobre la producción de los principales cultivos de la región.

Definición de Técnicas conservacionistas en agricultura:

En este trabajo se refiere a las prácticas de manejo del relieve, también llamadas prácticas de conservación, prácticas estructurales o de sistematización de tierras. Son un conjunto de técnicas que abarcan desde la simple orientación de la línea de siembra del cultivo (figura 1), hasta prácticas muy complejas como la nivelación de terrenos con el fin de incorporarlos al uso agrícola. Estas técnicas se basan en diferentes principios del ordenamiento hidrológico: Acortando la longitud de la pendiente, de modo de reducir la velocidad del escurrimiento o detenerlo. Generar micro relieves superficiales que permiten incrementar la retención y el detenimiento superficial del agua. Atrapar los sedimentos que se mueven con el escurrimiento, por el efecto “filtro” que pueden tener los residuos de cosecha en superficie siguiendo las líneas en contorno. Conducir controladamente los escurrimientos que no pudieron ser manejados por otras técnicas, a lugares predeterminados, sin que causen erosión. (Cisneros *et al.*, 2012). El objetivo final de las técnicas de conservación es reducir o eliminar la escorrentía superficial, para evitar el arrastre de suelo, a través de la retención y detención del agua de lluvia. Al detener el agua de escorrentía, los almacena, facilitando la infiltración y se logra que la lámina de escorrentía y su velocidad de arrastre se mantengan dentro de los límites no erosivos o al menos poco erosivos al presentarles obstáculos en su recorrido (Minintegui Aguirre y Lopez Unzu, 1990).

En las regiones secas, el objetivo principal del cultivo en contorno es asegurar la captación y conservación del agua de lluvia; mientras que en las zonas húmedas, el propósito fundamental es reducir las pérdidas de suelo por erosión. Sin embargo, en los dos casos el contorno asegura también ambas ventajas. Los surcos formados por las labranzas en contorno detienen y almacenan el agua en el suelo, reduciendo así la erosión y obteniendo una mejor distribución de la humedad en el lote y en el perfil (Michelena y Mon, 2006).

Podemos encontrar dos tipos de terrazas de uso masivo en la región pampeana, terrazas de absorción y terrazas de desagüe. Las del primer tipo tiene por finalidad la detención completa y posterior infiltración del escurrimiento generado entre éstas terrazas de absorción, se construyen generando un albardón de tierra de baja altura, formando a su lado un canal, siendo ambos componentes (albardón y canal) áreas cultivables (Figura 2). El trazado de las mismas se hace a nivel, es decir manteniendo siempre la misma altura respecto a un punto fijo de referencia para cada terraza y respetando un intervalo vertical calculado según cada situación.



***Figura 1: Cultivo de soja sembrado en curva de nivel al norte de Gigena.***

***Figura 2: Lomo y canal de terraza en cultivo de maíz al norte de Gigena***

## 1.2-Antecedentes

La interacción de relieves fuertemente ondulados, precipitaciones de alta intensidad, textura del suelo y cultivos sembrados a favor de la pendiente produce una menor disponibilidad de agua para los cultivos, agrava los problemas de erosión, y origina un menor volumen de suelo para ser explorado por el sistema radicular (FAO, 2000).

El agua fue considerada desde siempre, como el factor que más incide en la producción de alimentos en el mundo. Por lo tanto, se debe saber producir haciendo un uso eficiente del recurso más escaso, el agua (Micucci *et al.*, 2002).

Las prácticas agronómicas deben derivar la mayor cantidad de agua hacia la transpiración del cultivo, ya que es la única pérdida productiva. El productor y el técnico a través del manejo, pueden intervenir en el sistema evitando pérdidas de agua no productivas, como lo es el escurrimiento (Micucci y Álvarez, 2002).

En un estudio realizado por la UNRC y el INTA en el sur de la provincia de Córdoba se pudo observar que la mayoría de los productores no utilizan o adoptan ninguna estrategia de aprovechamiento del agua de lluvia dado que mayoritariamente se realizan a favor de la pendiente y frecuentemente los altos niveles de compactación superficial del suelo obstaculizan la infiltración de agua de lluvia, aumentando el escurrimiento superficial (Cisneros *et al.*, 2008).

El esfuerzo político debería orientarse a fomentar prácticas de conservación del suelo y el agua, tales como manejo de la condición superficial y subsuperficial del suelo y del relieve, que permitan un mejor aprovechamiento del recurso hídrico (Cisneros *et al.*, 2008).

Investigaciones realizadas por el INTA indican que para obtener una cosecha satisfactoria, por ejemplo 10.000 kg/ha de maíz, se necesitan aproximadamente 500 mm de agua disponible para el vegetal en su etapa de crecimiento. En muchas áreas agrícolas del país el déficit de agua no radica solamente en la escasez de las precipitaciones sino, además, en el insuficiente almacenaje de agua en el suelo, debido a alguna forma no adecuada del manejo de la infiltración y el escurrimiento (Casas *et al.*, 2008).

Los cultivos de verano, particularmente el maíz, son muy sensibles durante el periodo próximo a floración (Andrade y Sadras, 2002). El cultivo de maíz parece ser relativamente tolerante al déficit de agua durante el período vegetativo y el de maduración. La mayor disminución de los rendimientos de grano la ocasiona el déficit de agua durante el período de floración, incluyendo la formación de la inflorescencia, la formación del estigma y la polinización (15 días antes a 15 días después de la emergencia de los estigmas). La pérdida de granos por espiga debido al aborto de estructuras reproductivas en situaciones sin estrés hídrico puede representar en maíz entre un 32% y un 38%, mientras que en situaciones de deficiencia de agua puede representar entre un 38% y un 82% (Uhart y Andrade, 1995).

La principal limitante de la producción de cultivos extensivos en la provincia de Córdoba, es la deficiencia en la disponibilidad de agua, determinada no sólo por la variabilidad de las precipitaciones, sino también por los relativamente bajos niveles de aprovechamiento (lluvia efectiva). Esto es debido a la degradación física del suelo, provocada por el intenso laboreo durante décadas y a la falta de rotaciones (Salinas *et al.*, 2006).

Por ello, todas las prácticas tendientes a minimizar las pérdidas de agua o el consumo de agua previo a floración, impactan positivamente en la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA). El consumo de agua está relacionado con el índice de área foliar (IAF) (Andrade y Sadras, 2002).

Las diferentes técnicas de control del escurrimiento se basan en el principio de acortar la longitud de la pendiente incrementando la retención y el detenimiento superficial. Este efecto, se debe a la rugosidad perpendicular a la pendiente, generada por el conjunto de labranzas realizadas en esa dirección. Por si solas no modifican la velocidad de infiltración (Cisneros *et al.*, 2009).

Cisneros y col. (1997) evaluaron el grado de deterioro físico en suelos Haplustoles del centro de Córdoba sometidos a uso agrícola, por comparación con una situación de suelos no alterados. Se

demonstró que los primeros presentan un grado relativo de alteración de las variables densidad aparente, conductividad hidráulica, velocidad de infiltración y resistencia mecánica de entre 85 y 95 %, es decir muy próximos a la degradación máxima posible.

A nivel mundial la erosión es el principal problema medio ambiental que ocurre en la agricultura convencional y por consiguiente el más importante que hay que afrontar para que se mantenga la capacidad productiva de los suelos agrarios (Gonzales Sanches, 2004).

Aplicando algunas prácticas conocidas del manejo de los cultivos y del suelo y técnicas de conservación del suelo y el agua, se puede aumentar la cantidad de lluvia infiltrada y almacenada en el perfil edáfico y mejorar tanto el uso del agua como la conservación del suelo, además de lograr una mayor producción, tanto en cantidad como en calidad (Casas *et al.*, 2008).

Gvozdenovich y Paparotti (2010), evaluaron la variación del rendimiento del cultivo de soja debido a la erosión hídrica, en la campaña agrícola 2009/2010 en el departamento de Victoria de la provincia de Entre Ríos. Este estudio se realizó en varios lotes con dos tratamientos a saber: lotes con terrazas y lotes sin terrazas. Habiéndose encontrado una alta correlación entre la pérdida de profundidad del primer horizonte (por comparación con datos de las cartas de suelo correspondientes) con disminución del rendimiento del cultivo.

En la zona de Ida-Monona en el suroeste de Texas (Estados Unidos), Miller y Shrader (1973) llevaron a cabo un estudio de efecto de las terrazas a nivel en la humedad del suelo y la utilización por el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) habiendo encontrado diferencias significativas en el rendimiento de granos, entre las distintas posiciones de la terraza.

Apezteguia y col (1987) encontraron una correlación positiva entre la profundidad al horizonte cálcico y el rendimiento de la soja en la zona de Almafuerte (Cba.), estudio que se basó fundamentalmente en el análisis de pérdida de suelo por erosión hídrica (decapitación del suelo) relacionado al rendimiento de soja (*Glycine max* L.)

La región presenta un régimen climático con tendencia al incremento de las precipitaciones y una intensidad y erosividad de las mismas con alto riesgo de erosión que favorece la degradación de los suelos por erosión hídrica (Cantú y col., 2000).

La conservación y control de la capacidad productiva de los suelos, la prevención de todo proceso de degradación, la recuperación de los suelos degradados y la promoción de la educación conservacionista del suelo, se declaran de orden público en todo el territorio de la Provincia de Córdoba. (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Córdoba, Ley 8936/2001).

En la cuenca del Río Arrecifes, en la provincia de Buenos Aires, Damiano y Taboada, (2003) llevaron a cabo un estudio a nivel predial o de microcuenca, 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. En este caso el proyecto agrohidrológico no sólo controló y manejó los excedentes hídricos, sino que también permitió

aumentar la superficie agrícola, la cantidad de animales, la transitabilidad de los caminos y la incorporación de mejoras al sistema pecuario.

En la zona de Alcira, Estación Gigena, (centro oeste de la provincia de Córdoba), en cercanías de donde se realizará este trabajo, Colombo y col., (2011) evaluaron el impacto en el nivel de producción de maíz en curvas de nivel, analizando la humedad del suelo. Con dicho estudio se demostraron diferencias significativas en el rendimiento asociadas al balance hídrico del cultivo, obteniéndose rendimientos mayores con el empleo de la siembra en curvas a nivel, respecto al tratamiento de siembra a favor de la pendiente. En ambos casos con pendientes del orden del 3 y del 6 %.

Michelena y Mon (2006) encontraron que es posible un aumento en el rendimiento de maíz sembrado en contorno entre un 10 y un 18 % con respecto al testigo.

Den Biggelaar y col. (2004), habiendo analizado 179 trabajos de investigación en relación a cómo la erosión afecta el rendimiento de los principales cultivos a nivel mundial, medido como diferencia de rendimiento en tn/ha por cada cm de suelo perdido, concluyeron que esta variación depende principalmente del orden taxonómico del suelo, del cultivo analizado y del continente, encontrando que los niveles de rendimiento en granos de cereales y leguminosas disminuyen entre 20,49 y 1,44 kg/ha por cada cm de suelo erosionado. También que la disminución del rendimiento relativo es menor a medida que el rendimiento del cultivo es mayor. Por esto es que las prácticas de control de erosión tienen mayor importancia en ambientes y condiciones de menor productividad.

Las terrazas son muy eficientes en detener el escurrimiento y en el aumento de la cantidad de agua infiltrada a nivel de lote, contribuyendo a un aumento de la eficiencia del uso del agua por parte de los cultivos aunque es una técnica que tiene muy poca adopción por parte de los productores, (Degioanni y col., 2012). Es importante destacar que la implementación de técnicas de conservación de tierras además de contribuir al aumento del rendimiento y disminución de la erosión, contribuye con el ordenamiento territorial, como lo es el mantenimiento de la infraestructura regional, como caminos, rutas, obras hidráulicas, ayuda en la prevención de inundaciones de sectores deprimidos, etc.

Estos cambios se han dado conjuntamente con nuevos regímenes de tenencia, en especial de productores-contratistas, empresas agroindustriales y proveedoras de insumos, que han aumentado la eficiencia productiva por escala.

## 1.2-Hipótesis

- El rendimiento de los cultivos sembrados en curvas de nivel combinados con terrazas de absorción es diferente al rendimiento de los cultivos sembrados a favor de la pendiente en idénticas condiciones ambientales y de manejo en suelos Haplustoles del departamento de Río Cuarto.

## 1.3-Objetivo general



- Cuantificar la variación en el rendimiento de los cultivos estivales de soja (*Glycine max*) y maíz (*Zea mays*) por la implementación de siembra en curvas a nivel y terrazas de absorción, en comparación con la siembra a favor de la pendiente en similitud de condiciones.

#### 1.4-Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento en granos (biomasa cosechable) de los cultivos asociado a los distintos tratamientos.
- Evaluar las relaciones entre las variables analizadas.
- Calcular la eficiencia en el uso del agua.

## **CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 2.1-Área de trabajo

Este trabajo se llevó a cabo en tres establecimientos situados en el departamento de Río Cuarto de la provincia de Córdoba (Figuras 3 y 4). Dos establecimientos rurales cercanos a la localidad de Alcira Gigena y un establecimiento al noroeste de la ciudad de Río Cuarto (La Aguada).

#### 2.1.1-Characterización climática del área

Caracterizado por un régimen climático subhúmedo/semiárido con precipitación media alrededor de 750-800 mm/año, con régimen monzónico concentrando un 85% de las precipitaciones anuales en 9 meses de primavera, verano y otoño. La evapotranspiración potencial (EVTp) es de aproximadamente 1050 mm/año, presentándose normalmente un déficit hídrico en los meses de invierno.

El período libre de heladas en promedio es de 255,7 días, siendo la fecha media de primeras heladas el 25 de mayo  $\pm$  14,3 días, y la fecha extrema de primeras heladas el 29 de abril. Asimismo los registros indican como fecha media de últimas heladas el 12 de septiembre, con una desviación típica de  $\pm$  20,3 días, y fecha extrema de últimas heladas, el 04 de noviembre (Seiler *et al.*, 1995).

#### 2.1.2- Fisiografía y suelos

En el área de estudio predomina un relieve ondulado con pendientes desde 1.7 a 3 %, para los lotes analizados, freáticas profundas. Los suelos son desarrollados sobre loess de texturas franco a franco arenoso fino, perteneciente a Haplustoles, con contenido de materia orgánica moderadamente bajo a bajo.

En las tablas 1 y 2 se detallan los datos analíticos del perfil de suelo. (Tomado de CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA HOJA 3366-12 RIO DE LOS SAUCES, HOJA 3366-18 ALPA CORRAL)

La Serie La Aguada es un Hapludol éntico, profundo, algo excesivamente drenado.

Es un suelo de incipiente desarrollo; el horizonte A1 de 17 cm de profundidad, es franco, con bajo tenor en materia orgánica, débilmente ácido, y con agregados de moderada a débil estabilidad. Pasa transicionalmente (AC) a un horizonte C a los 40 cm de textura franco arenosa.

La unidad homogénea de tierras en la que se ubica el sitio experimental de “Maíz La Aguada” corresponde a la serie La Aguada, fase de moderada a severamente erosionada, clasificación de suelos del USDA: IVe. Esta asociación de suelos ocupa una superficie de 3800 hectáreas. (LAg1).

**Tabla 1: Datos analíticos del perfil típico de serie La Aguada**

Situación: Latitud: 25°55´S. Longitud: 44°41´O. Altitud: 500 m.s.n.m

Horizonte	A1	AC	C
Prof de la muestra	0-17	17-40	40 a +
Materia Orgánica %	1		
Carbono Orgánico %	0,6		
Nitrógeno total %	0,08		
Relación C/N	7,5		
Arcilla	11,5	9,9	6,8
Limo	40,8	40	40,4
Arena muy fina	45	45	48,5
Arena fina	2,6	2,8	2,4
Arena media	0,3	0,4	
Arena gruesa	0,4	0,5	0,4
Arena muy gruesa			
Calcáreo (CaCO <sub>3</sub> ), %	0	0	0
Equivalente Humedad %	12	12,6	10,4
pH en pasta	6,2	6,4	6,5
pH en agua 1:2,5	6,3	6,5	6,6
Cationes/cambio (me/100 grs)			
Ca <sup>++</sup>	11,1	7,9	7,1
Mg <sup>++</sup>	0,6	1,9	0,7
Na <sup>+</sup>	0,4	0,4	0,4
K <sup>+</sup>	1,1	1	0,7
H <sup>+</sup>	0,6	0,4	0,4
Na <sup>+</sup> del valor T	2,9	3,4	4,3
Conductividad mmhos/cm			
Suma de bases, me/100 g (S)	13,2	11,2	8,9
Capacidad Intercambio Cat me/100g(T)	13,8	11,6	9,3
Saturación con bases (S/T),%	95,7	96,6	95,7

La Serie Alpa Corral es un Haplustol éntico, profundo, bien drenado, que se ha desarrollado a partir de materiales loésicos franco limosos y se vincula a relieve de lomadas onduladas. Esta unidad ocupa 80.012 hectáreas representando el 0.48% de la superficie de la provincia

Es un suelo de incipiente desarrollo: la capa arable (Ap) de 24 cm de profundidad tiene un contenido de materia orgánica moderadamente bajo, es débilmente ácido y posee agregados de moderada estabilidad. Pasa transicionalmente (AC) a un horizonte C a los 56 cm, encontrándose carbonatos libres en el suelo a partir de los 75 cm.

La unidad homogénea de tierras en la que se ubican los sitios experimentales de Maíz Gigena Norte, Maíz Gigena Oeste y Soja corresponde a series Alpa Corral 70% y El Cano 30%, según la descripción de la carta de suelos correspondiente dichos sitios experimentales se corresponde con la serie Alpa Corral, que en esta asociación de suelos ocupa una superficie de 7230 hectáreas. (ACo).

**Tabla 2: Datos analíticos del perfil típico de serie Alpa Corral**

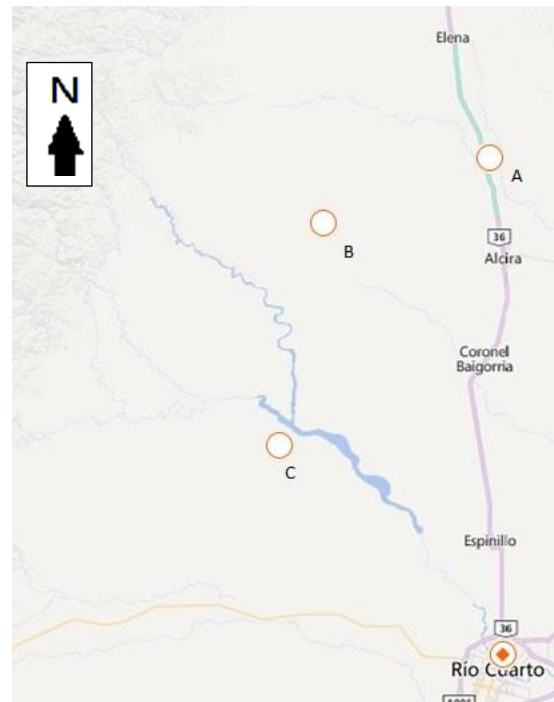
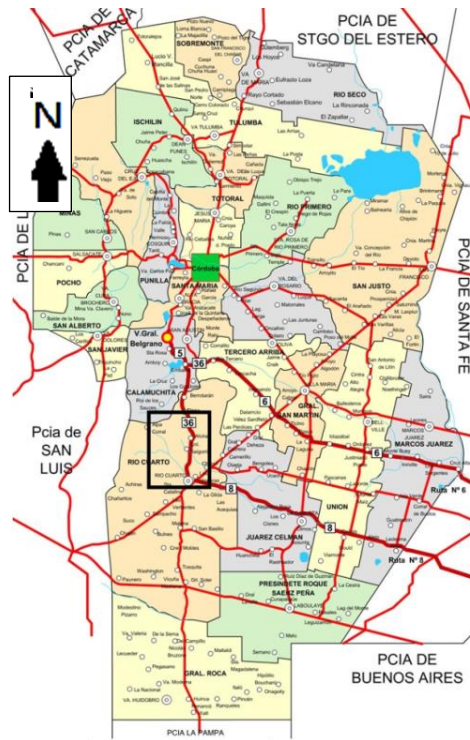
Situación: Latitud: 23°35'S Longitud: 43°32' O Altitud: 720 m.s.n.m

Horizonte	Ap	AC	C1	C2ca
				75 a
Profundidad de la muestra	0-24	24-56	56-75	+
Materia Orgánica %	1,9	0,9		
Carbono Orgánico %	1,1	0,5		
Nitrógeno total %	0,18			
Relación C/N	6,1			
Arcilla	16	14,6	11,9	10,8
Limo	54,5	57,5	62,4	60,5
Arena muy fina	27	20,8	23,2	23,9
Arena fina	1,9	3,9+	3,5	3,7
Arena media	0,1	0,1	0,2	0,2
Arena gruesa	0,2	0,2	0,2	0,1
Arena muy gruesa	0,1	0,1	0,1	
Calcáreo (CaCO <sub>3</sub> ), %	0	0	0	3
Equivalente Humedad %	21,1	20,1	21,5	18,2
pH en pasta	6,1	6,7	7	8,1
pH en agua 1:2,5	6,3	7,1	7,5	8,4
Cationes/cambio (me/100 grs)				
Ca <sup>++</sup>	9,8	11	11,1	
Mg <sup>++</sup>	1,3	1,3	0,9	
Na <sup>+</sup>	0,3	0,1	0,2	0,3
K <sup>+</sup>	1,5	1,3	1,2	1,3
H <sup>+</sup>	1,3	0,4		
Na <sup>+</sup> del valor T	2,1		1,5	2,5
Conductividad mmhos/cm				
Suma de bases, me/100 g (S)	12,9	13,7	13,4	
Capacidad Intercambio Cat me/100g(T)	14,2	14	13,4	12,1
Saturación con bases (S/T),%	90,8	97,9	100	

## 2.2: Sitios experimentales

Se trabajó en tres sitios experimentales, al norte de Alcira Gigena, al oeste de dicha localidad (en este caso con dos situaciones: una de maíz, y otra de soja) y otro al noroeste de la ciudad de Río Cuarto en la zona de La Aguada, (ver figuras 3 y 4).

### Ubicación geográfica



**Figura 3:** Mapa político de la provincia de Córdoba y área de estudio

**Figura 4:** Detalle del área de estudio, A: Gigena Norte, B: Gigena Oeste, C: La Aguada.



*Figura 5: imagen satelital campo “Maíz Gigena Norte” Ubicado 9 Km al norte de Alcira Gigena sobre ruta 36, 32°40’30” S; 64°21’14” O*



*Figura 6: imagen satelital de campo Gigena Oeste: A) “Soja” ;B) “Maíz Gigena Oeste” Ubicado 20 Km al oeste de Alcira Gigena, 32°33’55” S, 64°31’27” O.*



*Figura 7: Campo “Maíz La Aguada” Ubicado 30 km al noroeste de la ciudad de Río Cuarto, 32°55’40” S, 64°31’27” O.*

Se evaluaron 4 lotes, con las siguientes características:

Las tomas de muestras se realizaron en 4 lotes de producción que cuentan con terrazas de absorción con un tiempo desde construcción menor a 2 años al momento de las evaluaciones. Las mediciones se realizaron en un sector del lote donde la línea de siembra era coincidente con la dirección de las terrazas y al mismo tiempo un sector sembrado a favor de la pendiente dentro del mismo lote.

#### 2.2.1 Maíz Gigena Norte:

Maíz sembrado en siembra directa, a 52 cm entre líneas, sobre rastrojo de soja en fechas de siembra temprana, con una densidad de plantas logradas a cosecha de 73.900 plantas por hectárea. (Figura 5). Situación llamada “Maíz Gigena Norte.”

Fecha de emergencia: 23 octubre de 2012, Floración: 26 de diciembre, y Madurez Fisiológica 28 de febrero.

#### 2.2.2 Maíz La Aguada:

Maíz tardío sobre rastrojo de maní (*Arachis hipogaea*), con fecha de siembra 15 de diciembre. Este maíz se logró con 72.000 plantas por ha.

Fecha de emergencia: 21 de diciembre de 2012, Floración: 5 de febrero, y Madurez Fisiológica 29 de abril.

#### 2.2.3: Maíz Gigena Oeste:

Maíz sembrado en directa, a 52 cm entre líneas, sobre rastrojo de soja (*Glycine max.*) en fecha de siembra tardía (12 de diciembre) La densidad logradas a cosecha fue de 76.100 de plantas por hectárea.

Fecha de emergencia: 16 de diciembre de 2012, Floración: 2 de febrero, y Madurez Fisiológica: 25 de abril.

#### 2.2.4: Soja:

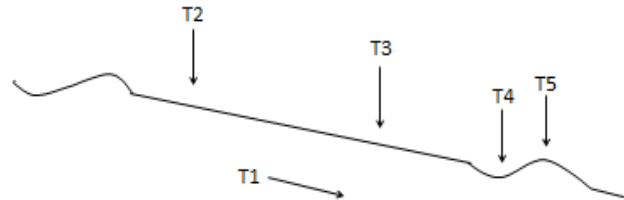
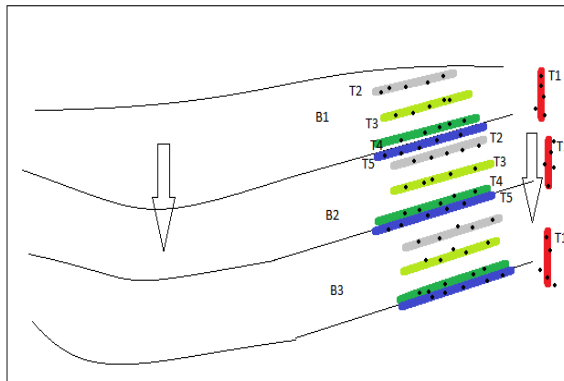
Soja de segunda, grupo de madurez 4, sembrada en la segunda semana de diciembre, a 52 cm entre líneas, en directa sobre rastrojo de cebada (*Hordeum vulgare*). El cultivo se logró con 327.000 plantas a la cosecha. Ubicado en el mismo campo que Maíz Gigena Oeste.

Fecha de emergencia: 20 de diciembre de 2012, Floración: 10 de febrero, y Madurez Fisiológica 23 de marzo.

### 2.3.1: Diseño experimental

En cada lote se trabajó con un diseño de 3 bloques completos con 5 tratamientos ya descriptos.

Arreglo factorial 3\*5 en un diseño de bloques completos. (Figuras 8 y 9)



Referencias: T1 A favor de la pendiente. T2 Curva a nivel posición alta. T3 Curva a nivel posición baja. T4 Canal de terraza. T5 Lomo de terraza.

**Figura 8: Esquema de ubicación de bloques y tratamientos a campo. Bn: bloque; Tn: entre dos terrazas consecutivas.**

**Tratamiento; Punto: unidad de submuestreo;**

**Flecha: dirección de la pendiente.**

### 2.3.2: Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de varianza, ó ANOVA, utilizando para ello el software de análisis estadístico “InfoStat” (Di Rienzo J.A *et al.*, 2008) para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos con un nivel de significancia del 5%.

Cuando el análisis de variancia reveló diferencias significativas entre tratamientos, o sea que se rechazó la primera hipótesis nula (Ho), se continuó con la *comparación de medias*, para los tratamientos utilizando un test de DGC, para un nivel de significancia del 0.05.

### 2.3.3: Modelo estadístico

La ecuación matemática que responde a un agrupamiento a *dos criterios de clasificación* es el modelo lineal de un Diseño en Bloque Completos:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde cada observación ( $y_{ij}$ ) está afectada por un efecto medio ( $\mu$ ), un efecto de tratamiento ( $\alpha_i$ ), un efecto de bloque ( $\beta_j$ ) y por el efecto de una variable aleatoria ( $\varepsilon_{ij}$ ).

$y_{ij}$  = Observación de la variable dependiente obtenida en la unidad experimental perteneciente al bloque **j** a la que se aplicó el tratamiento **i**. (Variables dependiente)

$\mu$  = Media poblacional de la variable dependiente

$\alpha_i$  = Efecto debido al tratamiento **i** (representa el efecto del nivel **i** del factor cuyo efecto se quiere conocer) (para este trabajo:  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ )



$\beta_j$  = Efecto debido al bloque j (para este trabajo: j = 1, 2, 3)

$\varepsilon_{ij}$  = Variable aleatoria debida al error entre u.e. con el mismo tratamiento. Esta variable tiene  $\sim N(0; \sigma^2_e)$  (Efecto no controlado - residuo u error. También llamado variable aleatoria)

$\mu, \alpha_i, \beta_j$  = Parámetros del modelo

#### 2.4: Evaluaciones

En cada caso se tomaron muestras para determinar el rendimiento en grano de los cultivos, para el caso de soja se tomaron muestras de 1 m<sup>2</sup> (0.52 \* 1.92 m) en el caso de maíz se evaluó a campo la densidad de plantas logradas en un sector uniforme y se tomaron muestras de número fijo de plantas a las cuales se le extrajeron todas las espigas cosechables para su posterior procesamiento. Aparte de rendimiento se evaluó el peso de mil granos y la humedad de granos en la trilla para corregir el rendimiento a humedad “estándar” de comercialización.

##### 2.4.1:- Datos pluviométricos

Se cuenta con los registros pluviométricos de la campaña agrícola 2012/2013 de cada campo y datos de la media histórica para la región aportado por bibliografía con el fin de tener un punto de comparación que permita entender la distribución de las precipitaciones ocurridas en la campaña agrícola.

##### 2.4.2 Estimación del escurrimiento

Se realizó el cálculo de escurrimiento aplicando el método de Curva Número del Servicio de Conservación de Suelos del USDA.

La fórmula para la estimación de la lámina escurrida Q, es la siguiente:

$$Q = \frac{(P - 0.2 \times S)^2}{(P - 0.2 \times S) + S}$$

Donde:

Q = Volumen escurrido, en mm;

P = Precipitación acumulada, en mm;

S = Máxima retención potencial de agua por el terreno expresado en mm.

La relación de S con la Curva Número (CN) es la siguiente:

$$S = \left( \frac{25400}{CN} - 254 \right)$$

#### 2.4.3: Materia seca en Madurez Fisiológica de soja

Se evaluó la producción de biomasa aérea seca de soja en el estado de madurez fisiológica de cada tratamiento, que permite calcular el índice de cosecha, expresado como la relación existente entre el peso de granos a humedad estándar (14 % de humedad) y la biomasa aérea total secada a 70 °C hasta peso constante.

#### 2.4.4: Rendimiento en granos

Para el caso de maíz se determinó la densidad real de plantas logradas a campo mediante el conteo de todas las plantas comprendidas en 10 m<sup>2</sup> (19.2 mts de una línea de siembra a 0.52 mt entre líneas) en 5 muestreos, luego se recolectó todas las espigas cosechables de un número fijo de plantas de cada tratamiento, tomando no menos de 25 plantas de cada muestra de cada uno de los 5 tratamientos de 3 bloques completos.

En el caso de la soja se recolectaron todas las plantas contenidas en 5 m<sup>2</sup> de cada tratamiento y de cada bloque completo.

Las muestras recolectadas fueron desgranadas mediante una trilladora estacionaria, se pesó cada muestra hasta la unidad de gramo, y por interpolación se llevó a rendimiento expresado en Kg/ha, se midió el contenido de humedad mediante un higrómetro digital Delver Hd 1021 para corregir el peso de las muestras a un contenido de humedad constante.

#### 2.4.5: Peso de mil granos

A cada muestra una vez pesada se realizó el conteo de mil semillas y posterior pesado con una balanza de laboratorio capaz de pesar desde 0.01 grs. Y se corrigió el peso de acuerdo al contenido de humedad de cada muestra, obteniéndose de este modo el “peso de mil corregido por humedad”. Luego se realizó un análisis de la varianza para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre el peso de mil de los distintos tratamientos.

Al igual que otros cultivos el rendimiento en maíz puede ser estudiado a través de sus componentes numéricos: el número de granos (NG) por unidad de superficie y su peso individual (Satorre *et al.*, 2003), o lo que es equivalente, el peso de mil granos (PM).

#### 2.4.6: Eficiencia en el Uso del Agua

En primera instancia se calculó la evapotranspiración real ET real de cada cultivo mediante la siguiente fórmula (Satorre *et al.*, 2003):

$$ETr = Pp + R + Nf +/- Esc +/- Dif. Alm - D$$

Siendo ETr: evapotranspiración real, Pp: precipitaciones, R: riego, Nf: napa freática, Esc: escurrimiento, Dif. Alm: diferencia de almacenaje (Humedad del suelo al final del ciclo del cultivo – Humedad de suelo al inicio del ciclo o siembra), y D: drenaje.

Los lotes de producción estudiados no cuentan con riego, por lo que esta variable se consideró nula. El escurrimiento fue calculado para cada evento de precipitación por el método de la curva número del servicio de conservación de suelos del USDA, obteniéndose de este modo la precipitación efectiva. No se consideró el aporte de agua al cultivo por la napa freática por ser muy profundas (mayor a los 5 m). Para el cálculo de la diferencia de almacenaje se consideró la humedad al momento de la siembra y en días muy próximos a la madurez fisiológica de cada cultivo.

La fórmula queda resumida de la siguiente manera:

$$\mathbf{ET\ real = Pp - Esc +/- Dif. Alm(HF - HI)}$$

Desde el punto de vista de producción agrícola, la precipitación efectiva se refiere a la parte de la precipitación que puede ser efectivamente utilizada por las plantas. Esto significa que no toda la precipitación está a disposición de los cultivos, ya que una parte se pierde a través de la Escorrentía Superficial (ES) y de la Percolación Profunda (PP). (FAO, CropWat versión 8.0).

La diferencia de almacenaje de humedad del suelo se determinó considerando una profundidad de 1.60 mts, por medio de método gravimétrico, expresando luego los resultados en frma de lámina de agua en mm.

#### 2.4.7: Comparación de rendimiento entre distintas formas de producción

Se realizó una comparación entre distintas formas de producción como son la siembra a favor de la pendiente, siembra en curvas a nivel y siembra en un sistema combinado de curvas de nivel y terrazas con el objetivo de cuantificar el efecto individual o combinado de distintas prácticas. Para esto se midió la distancia promedio entre lomos de las tres terrazas consecutivas donde se realizó el muestreo, se midió también el ancho del canal y el ancho del lomo de la terraza para hacer una ponderación del rendimiento medio de cada tratamiento.

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1-Maíz Gigena Norte

#### 3.1.1-Descripción del perfil suelo (Barbora, 2012).

Pertenece a suelos de lomadas y pendientes (Haplustol éntico); Profundo (+100 cm); franco-arenoso en superficie; franco arenoso; en subsuelo presencia de densificación subsuperficial. Relieve ondulado con pendientes locales de hasta el 3%; algo excesivamente drenado; signos visibles de erosión hídrica laminar, y erosión eólica leve. El perfil del suelo descrito posee las siguientes características:

**Horizonte A**            0 – 15 cm. Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques angulares débiles; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior claro suave.

**Horizonte A<sub>d</sub>**            15 – 21 cm. Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques aplanados fuertes; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior claro suave.

**Horizonte AC<sub>1</sub>**            21 – 35 cm. Color pardo oscuro; franco limosa; estructura en bloques subangulares débiles; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior gradual suave.

**Horizonte AC<sub>2Ca</sub>**        35 – 60 cm. Color pardo oscuro; franco limosa; estructura en bloques subangulares débiles; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; límite inferior gradual suave; leve reacción al clorhídrico por la presencia de C03Ca diseminado en la masa del suelo.

**Horizonte C<sub>Ca</sub> + 60 cm.** Color pardo amarillento oscuro; franco limosa; masivo; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; fuerte o violenta reacción al clorhídrico por la presencia de C03Ca diseminado en la masa del suelo.

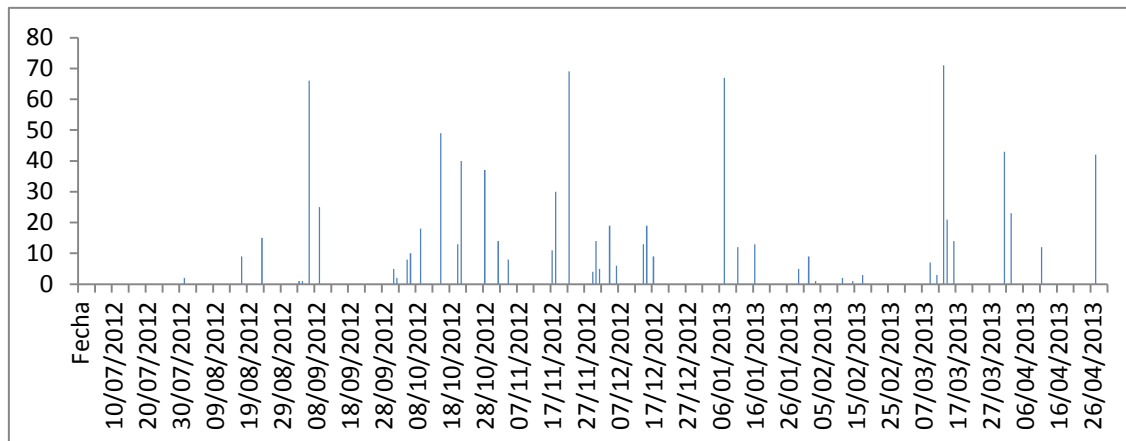
Aptitud de uso: Clase III<sub>e</sub>.

#### 3.1.2- Precipitaciones

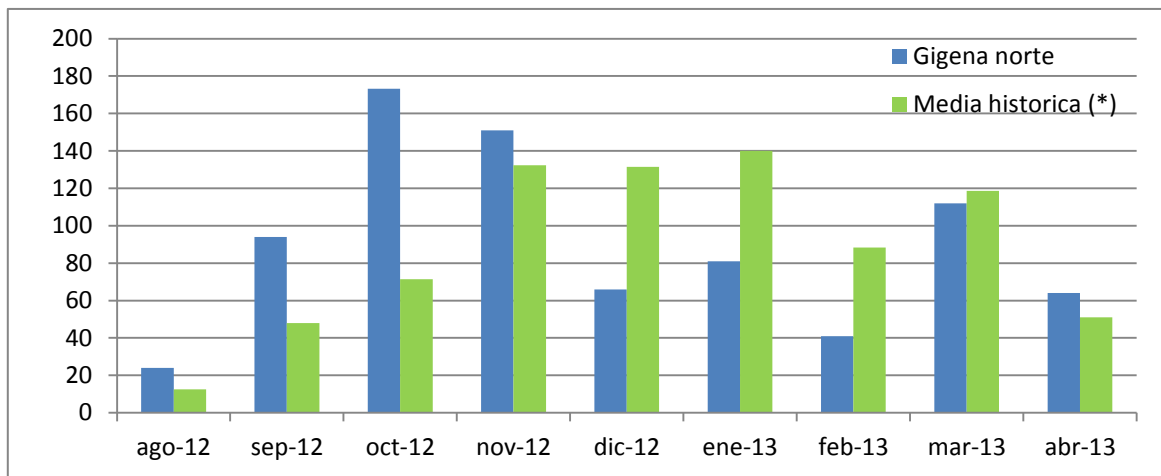
La campaña agrícola 2012-2013 se caracterizó por tener una primavera con abundantes precipitaciones superando a la media durante los meses comprendidos desde agosto hasta noviembre. Desde diciembre se registra un período con precipitaciones menores a la media histórica que dura hasta febrero inclusive, regularizándose nuevamente en marzo y abril (Figura 11). Las precipitaciones acumuladas para ésta campaña fue de 806 mm considerando el período desde agosto de 2012 hasta abril de 2013, mientras que la media histórica para igual período es de 794 mm, presentando un total muy similar (Tabla 1 de anexo) mientras que la cuestión principal es la forma en se distribuyeron esas precipitaciones, presentándose un estrés hídrico en enero y febrero que seguramente debe haber

afectado el rendimiento por coincidir con la segunda mitad del periodo crítico del cultivo, al tratarse de un maíz de siembra temprana con inicio de floración el 22 de diciembre. Los datos obtenidos en la campaña se muestran en la tabla 3.

En esta campaña se registraron 4 eventos de lluvia de alta intensidad, superando los 60 mm/día, y otras 3 precipitaciones que superaron los 40 mm/día (Figura10) con la consecuente generación de escurrimiento que hacen funcionar el sistema de terrazas cerca de su máxima capacidad.



**Figura 10:** Distribución de las precipitaciones ocurridas en Gigena Norte en la campaña 2012/2013.



**Figura 11:** Distribución mensual de las precipitaciones ocurridas en Gigena Norte en la campaña 2012/2013 y la media histórica.

### 3.1.3: Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA

Se calculó el escurrimiento generado por las precipitaciones con el objetivo de calcular la magnitud de ésta pérdida de agua aplicando el método de la CN del USDA.

Para el tratamiento T1 (siembra a favor de la pendiente) se usó un valor de CN de 78 que corresponde a la situación de cultivo en surcos rectos rectos, estado bueno, clase hidrológico B; y para los tratamientos T2, T3, T4 y T5 se usó un valor de CN de 71 que se corresponde a una situación de cultivos en surcos y en curvas de nivel, en bancales o terrazas, estado bueno, para una clase hidrológica B. Ver tabla 7 del Anexo (valores de CN).

Se pudo observar (Tabla 3) que para una precipitación acumulada de 806 mm para el período comprendido entre agosto 2012 a abril 2013, las pérdidas acumuladas por escurrimiento fueron de 59.7 mm, es decir un 7,4% de la precipitación total para el conjunto de los tratamientos T2, T3, T4 y T5. Mientras que para la siembra a favor de la pendiente (T1) las pérdidas por

**Tabla 3: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz Gigena Norte.**

Mes/Año	Precipitación acumulada (mm)	Escurrimiento acumulado T2, T3, T4 y T5. (mm)	Escurrimiento acumulado para T1 (mm)
Agosto 2012	24	0	0
Septiembre 2012	94	15.9	25.1
Octubre 2012	173.2	9.4	20.7
Noviembre 2012	151	16.6	27.2
Diciembre 2012	66	0	0.1
Enero 2013	81	8.9	15.3
Febrero 2013	41	0	0.7
Marzo 2013	112	7.2	14.7
Abril 2013	64	1.7	4.9
Total	806.2	59.7	108.7

#### 3.1.4: Rendimiento de granos de Maíz Gigena Norte:

El análisis de varianza (ANOVA) resultó estadísticamente significativo a un nivel del 5% entre los diferentes tratamientos, para el rendimiento en granos con una confiabilidad del 78% ( $R^2$ ) y un coeficiente de variación (CV) de 12.8 % (Cuadro 1 del Anexo). Habiendo encontrado estas diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se procedió al test de comparación de medias usando el método DGC.

El análisis de comparación de medias del rendimiento en granos de los distintos tratamientos evaluados, (Cuadro 2 del anexo) arrojó diferencias estadísticamente significativas a favor de los tratamientos 2, 3, 5 (siembra en curvas a nivel en posición alta, baja y lomo de terrazas respectivamente) comparado al testigo (T1) sembrado a favor de la pendiente y canal de terrazas (T4).

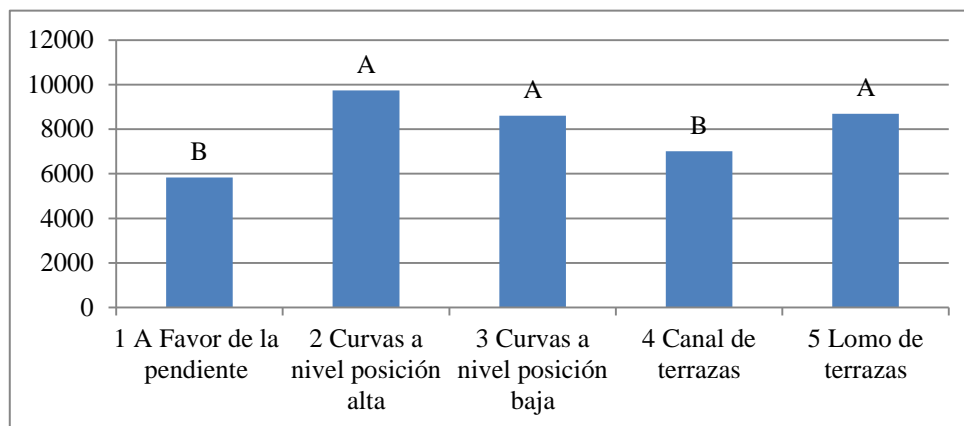
Todos los tratamientos evaluados tuvieron un rendimiento en granos mayor que el testigo (sembrado a favor de la pendiente), (Tabla 4) siendo los tratamientos de siembras en curvas a nivel (T2 y T3) y lomo de terrazas (T5) los que mayor rendimiento obtuvieron (figura12), éstos datos coinciden con Colombo, G (2011) quien halló un incremento del 30% en la producción de maíz por la siembra en curvas de nivel en tratamientos de curvas de nivel con 3% de pendiente, en comparación de

la siembra a favor de la pendiente. El menor incremento en la producción de granos en el canal de terrazas podría ser consecuencia de la decapitación de suelo para la construcción del lomo o albardón, considerando que esta sistematización es relativamente nueva y no ha ocurrido una importante acumulación de sedimentos y materia orgánica en el canal, y, considerando que ocurrieron precipitaciones con escurrimientos importantes (ver estimación de escurrimiento por método de la curva número más adelante) se atribuye este menor rendimiento al menor espesor del horizonte superficial del suelo más que a un estrés hídrico.

**Tabla 4: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz Gigena Norte en función de los distintos tratamientos.**

Tratamiento	Rendimiento medio (Kg/ha)	%
A favor de la pendiente	5829 B	100
Curvas de nivel posición alta	9740 A	167
Curvas de nivel posición baja	8606 A	147
Canal de terrazas	7010 B	120
Lomo de terrazas	8691 A	149

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



**Figura 12: Rendimiento medio en Kg/ha de cada tratamiento en Maíz Gigena Norte**

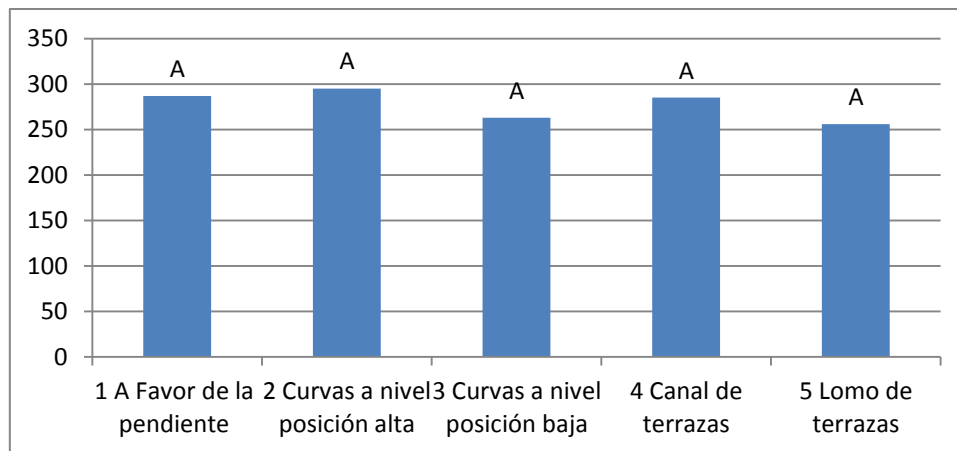
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### 3.1.5- Peso de mil granos

El análisis de varianza (Cuadro 2 del anexo) resultó estadísticamente no significativo a un nivel del 5% para el peso de mil granos entre los diferentes tratamientos, obteniéndose valores comprendidos entre 256 gr. hasta 295 gr. Estos datos son algo inferiores a los obtenidos por Ferraris y Couretot; (2014) quienes en un ensayo comparativo de cultivares de maíz en la localidad de Colón (Bs As.) encontraron que el peso de mil para los híbridos evaluados estaba comprendido entre 263 a 388 grs.

El peso de los granos no se ve afectado por los distintos tratamientos (Figura 13), por lo tanto las diferencias en el rendimiento se deben principalmente al número de granos por unidad de

superficie. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Otegui y Andrade quienes en su trabajo encontraron una alta correlación (0.75) entre el rendimiento y el número final de granos por unidad de superficie. (tomado de Satorre *et al.*, 2003).



**Figura 13: Peso medio de mil granos para los distintos tratamientos de Maíz**

#### **Gigena Norte**

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

En maíz el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados (NG) que al peso de los mismos demostrado por altos coeficientes de correlación entre el NG y el rendimiento. El NG queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración, motivo por el cual se definió a esta etapa como periodo crítico, la incidencia de un estrés hídrico provoca mayores mermas en el NG cuando tiene lugar en este período, que coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio del llenado de granos. (Satorre *et al.*, 2003).

Un estrés hídrico en período crítico como en este caso, reduce la eficiencia de conversión en biomasa de la radiación interceptada, y posiblemente la interceptación de radiación (por aceleración de la senescencia de hojas) y la partición de materia seca a espigas. Como consecuencia, aumenta el aborto de estructuras reproductivas y disminuye la producción final de granos (Andrade *et al.*, 1996).

Si la deficiencia hídrica ocurre durante la fase de llenado de granos, disminuye la cantidad de asimilatos disponibles por grano y, por lo tanto el peso de los mismos (Andrade *et al.*, 1996). Esto explicaría los valores inferiores de peso de mil granos obtenidos en el cultivo de maíz de Gigena Norte comparados a los obtenidos por Ferraris y Couretot, (2014).

#### 3.1.6: Comparación de rendimiento de testigo (T1) vs la media de curvas de nivel (T2 y T3)

Se evaluó el rendimiento en granos de la media entre los tratamientos de curvas de nivel en posición alta (T2) y curvas de nivel en posición baja (T3) en contraste al tratamiento testigo sembrado a favor de la pendiente (o T1).



En la tabla 5 se puede observar que en promedio hay 3260 kg/ha más de rendimiento en curvas de nivel respecto al tratamiento de siembras a favor de la pendiente, lo que equivale a un incremento de la producción del 55.9% en comparación a éste último tratamiento. Estos datos muestran una tendencia de resultados coincidentes con los obtenidos por otros autores. (Colombo *et al.*, 2011)

**Tabla 5: Comparación de rendimiento entre distintas técnicas de cultivo**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Rendimiento medio de los tratamientos
1- Siembra a favor de la pendiente	5828	5829
2- Curva de nivel en posición alta	9571	9088
3- Curva de nivel en posición baja	8605	

3.1.7: Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel (T2, T3, T4 y T5)

Con los datos obtenidos se evaluó el rendimiento del conjunto de los tratamientos de sistematización en contraste al testigo sembrado en dirección de la pendiente, para lo que se contó con los siguientes datos:

Distancia media entre lomos de terrazas consecutivos: 49 m.

Sección de curvas de nivel T2 y T3 o entre-terrazas de 41 m. (83.7% o 41.85% cada uno). Ancho de canal T4: 4 m. (8.2%) y de lomo T5 de 4 m. (8.2%).

**Tabla 6: Rendimiento ponderado de maíz en un lote sistematizado**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Coefficiente de Ocupación	Rendimiento ponderado
1-Testigo a favor de la pendiente	5829	1	5829
2-Curva de nivel en posición alta	9740	0,4185	4076
3-Curva de nivel en posición baja	8606	0,4185	3601
4-Canal de terraza	7010	0,0815	571
5-Lomo de terraza	8691	0,0815	708
Suma de efecto de terrazas y Curvas a nivel (2+3+4+5)	//	//	8956

En la tabla 6 se observa que el rendimiento medio del sector comprendido por las curvas a nivel y las terrazas de absorción fue de 8956 kg/ha contra los 5829 kg/ha de la siembra a favor de la pendiente, lo que representa una diferencia de 3127 kg/ha o un incremento del 53.6 % respecto al testigo T1.

3.1.8: Eficiencia de uso del agua

En el tabla 7 se puede observar que la eficiencia en el uso del agua está comprendida entre valores de 9.7 (T1) a 16.2 (T5) kg de granos de maíz por mm de lámina de agua de precipitación

efectiva. En el T2 (de curvas de nivel en posición alta) es en donde se registra el mayor rendimiento y por ende la mayor EUA con valores de 16.2 kg/ha/mm. Seguido del tratamiento 5 (cultivo en lomo de terrazas).

Estos datos de EUA son diferentes a los obtenidos por otros autores en rendimiento potencial de maíz para la zona de Río Cuarto. Espósito (2013) obtuvo desde 17.3 hasta 24.9 kg/ha/mm según ensayos de rendimiento potencial en Río Cuarto en las campañas 2007-2008 y 2009-2010 respectivamente; y Rivetti (2006) también para la localidad de Río Cuarto obtuvo 2.7 kg/m<sup>3</sup> (o su equivalente: 27 kg/ha/mm). Cirilo y col. (1996) publican valores de 18 kg/ha/mm para maíz en periodo crítico.

**Tabla 7: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Norte**

Tratamiento	Rendimiento medio del tratamiento (Kg/ha)	ET real (mm)	Eficiencia de Uso del Agua. (Kg/ha/mm)
1. A favor de la pendiente.	5829	551.4	10.6
2. Curvas de nivel alta	9740	600.4	16.2
3. Curvas de nivel baja	8606	600.4	14.3
4. Canal de terrazas	7010	600.4	11.7
5. Lomo de terrazas	8691	600.4	14.5

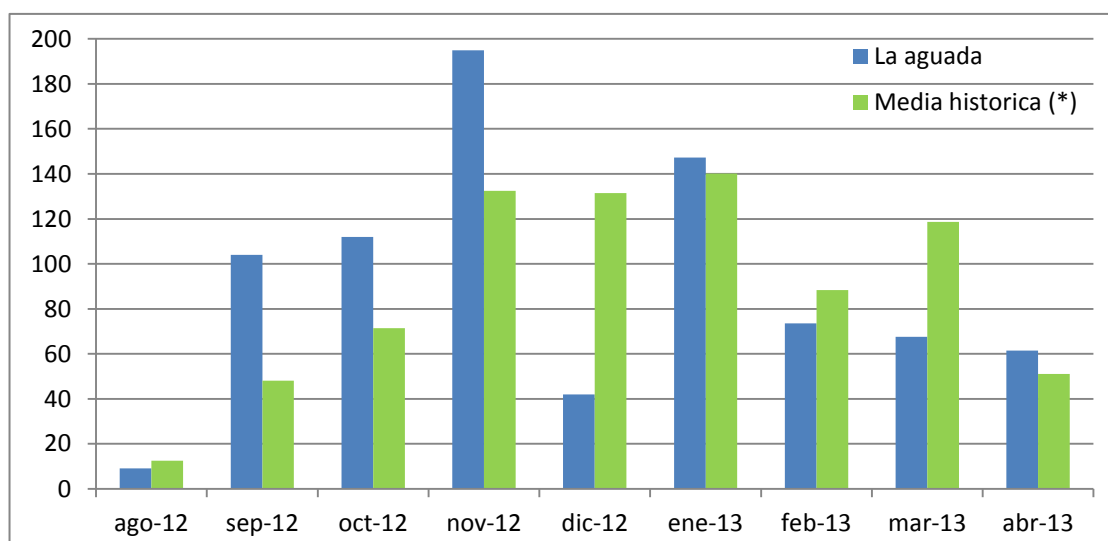
En relación a los resultados obtenidos, el maíz en especial presenta una gran sensibilidad a la falta de agua y, por ende, las prácticas de manejo de suelo pueden tener un efecto significativo en la EUA (Micucci y Álvarez, 2002).

### 3.2 Maíz La Aguada

#### 3.2.1 Precipitaciones

Se observó que las precipitaciones para esta campaña en este sitio experimental (tabla 2 del anexo) empieza en septiembre de 2012 con un registro acumulado mensual muy superior a la media histórica que continúa hasta noviembre inclusive, siguiendo con un mes de diciembre de bajas precipitaciones y en enero y febrero tiende a normalizarse, aunque en marzo vuelve a registrarse precipitaciones acumuladas menores a la media (Figura 14).

En el total del periodo analizado de agosto a abril se registró un acumulado de 811 mm en contraste de los 794 mm de media histórica para igual periodo de tiempo. Siendo ambos valores muy similares entre sí.

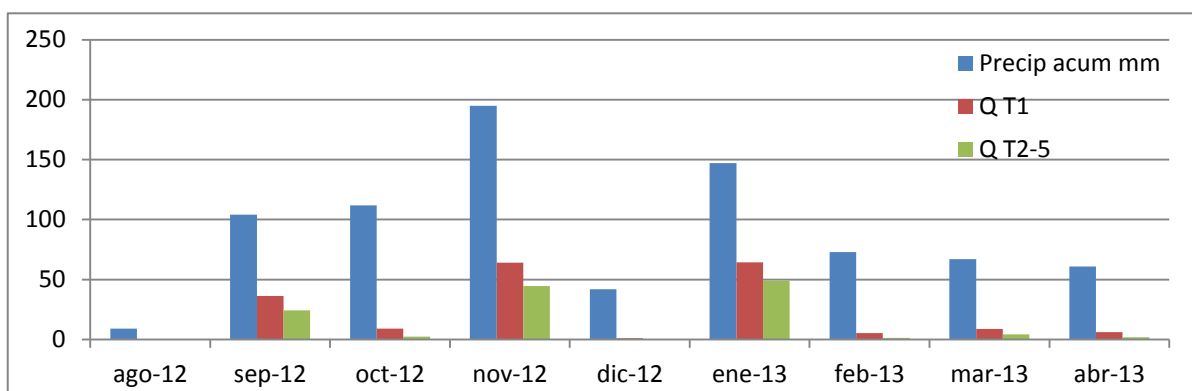


**Figura 14: Distribución mensual de las precipitaciones (mm) ocurridas en La Aguada en la campaña 2012/2013 y la media histórica.**

### 3.2.2 Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA

Se calculó el escurrimiento generado por las precipitaciones aplicando el método de la CN del USDA, usando un valor de CN de 71 para los tratamientos T2, T3, T4 y T5 que se corresponde a una situación de cultivos en surcos y en curvas de nivel, en bancales o terrazas, estado malo, para una clase hidrológica B. y se uso un valor de CN 81 para el tratamiento T1, correspondiendo a surcos rectos, estado malo, clase hidrológica B. Tabla 7 de Anexo.

Se pudo observar (tabla 3 de anexo) que para una precipitación acumulada de 812 mm para el período comprendido entre agosto 2012 a abril 2013, las pérdidas acumuladas por escurrimiento para el tratamiento T1 fue de 195 mm, es decir un 24% respecto de las precipitaciones acumuladas; mientras que para los tratamientos T2, T3, T4 y T5 el escurrimiento acumulado fue de 127.7 mm, lo que equivale a un 15.7 % de las precipitaciones totales. (Figura15).



**Figura 15: Precipitaciones mensuales acumulada (mm/mes) y escurrimiento acumulado del mes (Q; mm/mes) para T1 y para T2 al T5 de Maíz La Aguada.**

### 3.2.3 Rendimiento en granos de Maíz La Aguada

El análisis de varianza (ANOVA) resultó estadísticamente significativo a un nivel del 5% entre los diferentes tratamientos, para el rendimiento en granos con una confiabilidad del 92% ( $R^2$ ) y un coeficiente de variación (CV) de 9.4 % (Cuadro 3 del Anexo). Habiendo encontrado estas diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se procedió al test de comparación de medias usando el método DGC.

El análisis de comparación de medias del rendimiento en granos de los distintos tratamientos evaluados, arrojó diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento 5 (lomo de terrazas) comparado al testigo sembrado a favor de la pendiente (tabla 8 y figura 16).

Este rendimiento muy bajo en el canal de terrazas podría ser explicado por la decapitación del horizonte superficial para la construcción del lomo de terraza, teniendo en cuenta que en este caso la sistematización se realizó en octubre/noviembre sobre un rastrojo de maní con condiciones físicas del suelo muy deterioradas.

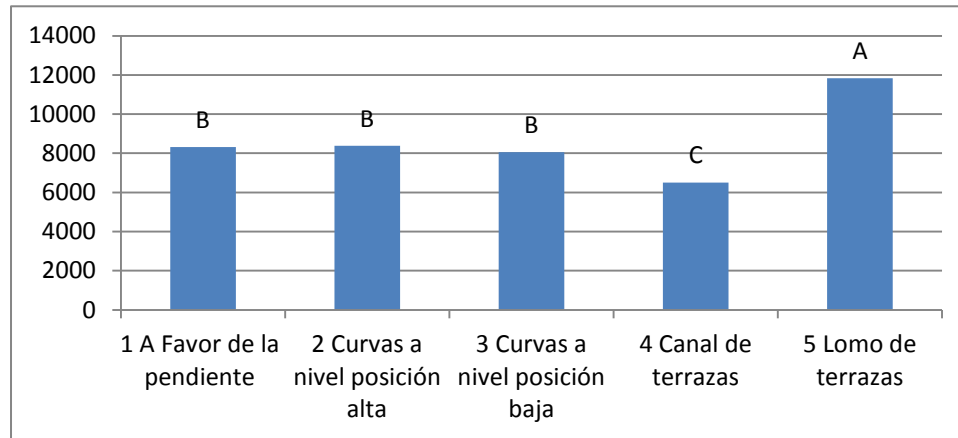
En esta situación no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de curvas a nivel y siembra a favor de la pendiente.

El tratamiento de mayor rendimiento fue el de lomo de terrazas con 11.841 kg/ha. Y el de menor, como ya se mencionó el canal de terraza con el 55% de rendimiento respecto al anterior, dando un promedio entre ambos de 9175 kg/ha, es decir algo superior a la media de los tratamientos de curvas a nivel.

**Tabla 8: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz La Aguada en función de los distintos tratamientos.**

Tratamiento	Rendimiento medio (Kg/ha)	%
A favor de la pendiente	8322 B	100
Curvas de nivel posición alta	8340 B	102
Curvas de nivel posición baja	8053 B	97
Canal de terrazas	6508 C	78
Lomo de terrazas	11841 A	142

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



**Figura 16: Rendimiento medio en Kg/ha de cada tratamiento en Maíz La Aguada.**

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

### 3.2.4 Peso de mil granos

En esta situación el análisis de la varianza (Cuadro 4 del anexo) arrojó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el peso de mil granos (PM) a un nivel del 5%, con una alta confiabilidad ( $R^2$  de 0.92) y un coeficiente de variación (CV) de 4.07. Dando como resultado que los tratamientos de lomo de terrazas (T5) con un PM 354 gr no es significativamente diferente del PM del tratamiento de Curvas a nivel en posición baja (T3) con 330 gr. Los tratamientos de siembra a favor de la pendiente (T1) y curvas a nivel en posición alta (T2) tampoco son significativamente diferentes, con PM de 303 y 309 respectivamente. Finalmente el tratamiento de Canal de terrazas (T4) fue significativamente diferente al resto con un PM de 270 gr. (Figura 17)

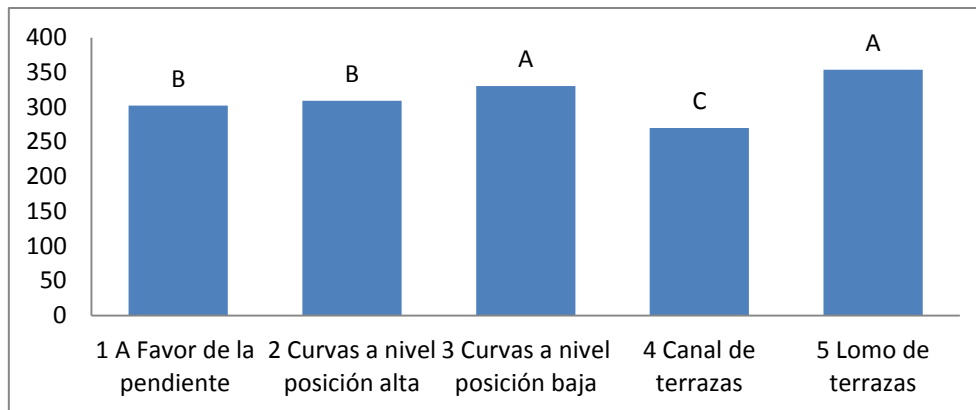
Éstas diferencias en el PM podrían deberse a diferencias en las condiciones hídricas de los distintos tratamientos, combinado con diferentes condiciones de aporte nutricional por parte del suelo debido al espesor del primer horizonte.

En esta situación se observa a simple vista que los tratamientos que obtuvieron el mayor rendimiento estuvieron acompañados con mayores valores de PM, probablemente asociado a un estrés (hídrico, térmico, nutricional) en algunos de los tratamientos ( $T4 > T1 = T2$ ) durante el llenado de granos (la segunda mitad del periodo crítico).

En las primeras dos semanas posteriores a la floración, el grano fecundado acumula poco peso. Es una etapa de gran actividad mitótica en la que se determina el número de células endospermáticas y la cantidad de gránulos de almidón en el grano (Reddy y Daynard, 1983). Condiciones desfavorables en esta etapa reducen el número de células y de gránulos de almidón, disminuyendo el tamaño potencial del grano (Frey, 1981; Jones y col, 1985). Luego en una segunda etapa, el grano crece en forma lineal y acumula más del 90% de su peso. (Tomado de Andrade *et al.*, 1996).

La duración del periodo de llenado es función de la fuente fotosintética disponible y de la temperatura que determina la tasa con que dicha fuente es demandada (Cirilo y Andrade, 1996). Si la

provisión de fotoasimilatos durante el periodo de llenado es baja (por baja radiación incidente, baja intercepción debida a disminución de área foliar activa, por sequía, etc.) se reduce la duración del periodo de llenado. (Tomado de Andrade *et al*, 1996). Dando como resultado un grano de menor peso.



**Figura17: Peso de mil granos (gramos) de los distintos tratamientos de Maíz La Aguada.**

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

### 3.2.5 Comparación de rendimiento del testigo (T1) vs el promedio de curvas de nivel (T2 y T3)

Esta comparación resulta útil para la cuantificar el efecto que tiene la siembra en curvas de nivel en relación a prácticas menos conservacionistas como la siembra en dirección a la pendiente.

**Tabla 9 Comparación de rendimientos entre Curvas a nivel y Siembras a favor de la pendiente**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Rendimiento medio de los tratamientos
1- Siembra a favor de la pendiente	8322	8322
2- Curva de nivel en posición alta	8390	8221
3-Curva de nivel en posición baja	8053	

Se puede observar que hay 101 kg/ha más de rendimiento en siembras a favor de la pendiente respecto a la media de tratamientos de curvas de nivel, lo que equivale a un incremento de la producción del 1.2% a favor de la siembra a favor de la pendiente.

### 3.2.6 Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel ( T2, T3, T4 y T5)

En el sitio de La Aguada, la distancia promedio de los 3 lomos de terrazas evaluados fue de 38m. el ancho de canal de terrazas, al igual que el de lomo de terrazas fue de 3.5m. (10%).

**Tabla 10: Rendimiento ponderado en lote sistematizado de Maíz La Aguada.**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Coficiente de Ocupación	Rendimiento ponderado
1-Testigo a favor de la pendiente	8322	1	8322

2-Curva de nivel en posición alta	8390	0.4	3356
3-Curva de nivel en posición baja	8053	0.4	3221
4-Canal de terraza	6508	0.1	651
5-Lomo de terraza	11841	0.1	1184
SUMA	//	1	8412

Se observa que el rendimiento medio del sector comprendido por las curvas a nivel y las terrazas de absorción fue de 8412 kg/ha contra los 8322 kg/ha de la siembra a favor de la pendiente, lo que representa una diferencia de 90 kg/ha o un -1% respecto al testigo T1.

### 3.2.7 Eficiencia en el uso del agua (EUA)

En el tabla 11 se puede observar que la eficiencia en el uso del agua está comprendida entre valores de 16.2 a 29.4 kg de granos de maíz por mm de lámina de agua evapotranspirada. En el tratamiento número 5 (lomo de terrazas) es en donde se registra el mayor rendimiento y por ende la mayor EUA.

Este mayor rendimiento en el lomo de terrazas (T5) se debería principalmente a la combinación de dos factores, uno es el incremento en almacenamiento de agua en el perfil por encontrarse próximo al canal de dicha terraza, y el otro efecto es el aumento del espesor del horizonte superficial, dando como resultado una mayor EUA.

**Tabla 11: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz La Aguada.**

Tratamiento	Rendimiento medio del tratamiento (Kg/ha)	ET real (mm)	Eficiencia de Uso del Agua. (Kg/ha/mm)
1. A favor de la pendiente.	8322	334	24.9
2. Curvas de nivel alta	8390	402	20.9
3. Curvas de nivel baja	8053	402	20
4. Canal de terrazas	6508	402	16.2
5. Lomo de terrazas	11841	402	29.4

## 3.3 Maíz Gigena Oeste

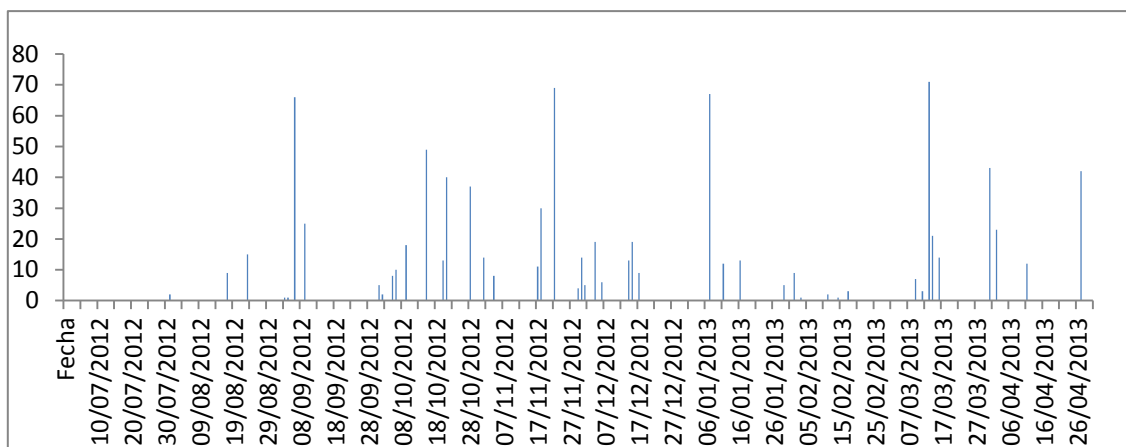
### 3.3.1 Precipitaciones

Ésta descripción de las precipitaciones corresponde a las situaciones de Maíz Gigena Oeste y Soja, ya que ambos se encuentran contiguos.

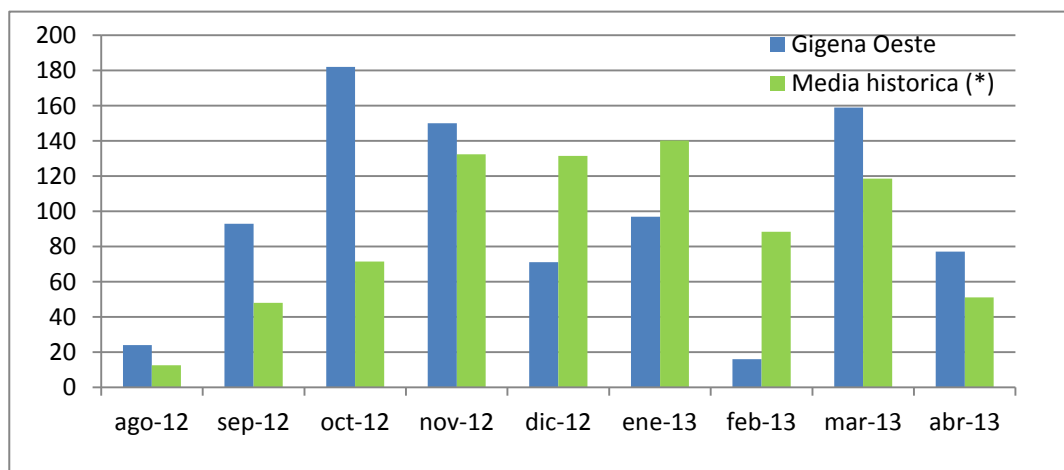
En este caso también se presentó una primavera con precipitaciones superiores a la media durante los meses comprendidos desde agosto hasta noviembre. Desde diciembre se registró un periodo con precipitaciones menores a la media histórica que dura hasta febrero inclusive, regularizándose nuevamente en marzo y abril. Las precipitaciones acumuladas para ésta campaña fue de 869 mm considerando el período desde agosto de 2012 hasta abril de 2013, mientras que la media histórica para igual período es de 794 mm. Las precipitaciones registradas superan en 9.4 % la media

histórica, una cuestión de importancia sigue siendo la forma en se distribuyeron esas precipitaciones, presentándose un déficit hídrico en enero y febrero que seguramente debe haber afectado el rendimiento por coincidir con la segunda mitad del periodo crítico del cultivo por tratarse de un maíz de siembra temprana con inicio de floración de 22 de diciembre. Los datos obtenidos en la campaña se muestran en la tabla 4 de anexo y figura 19.

En esta campaña se registraron 4 eventos de lluvia de alta intensidad, superando los 60 mm/día, y otras 3 precipitaciones que superaron los 40 mm/día (Figura18) con la consecuente generación de escurrimiento que hacen funcionar el sistema de terrazas cerca de su máxima capacidad.



**Figura 18:** Distribución de las precipitaciones ocurridas en Gigena Oeste en la campaña 2012/2013.



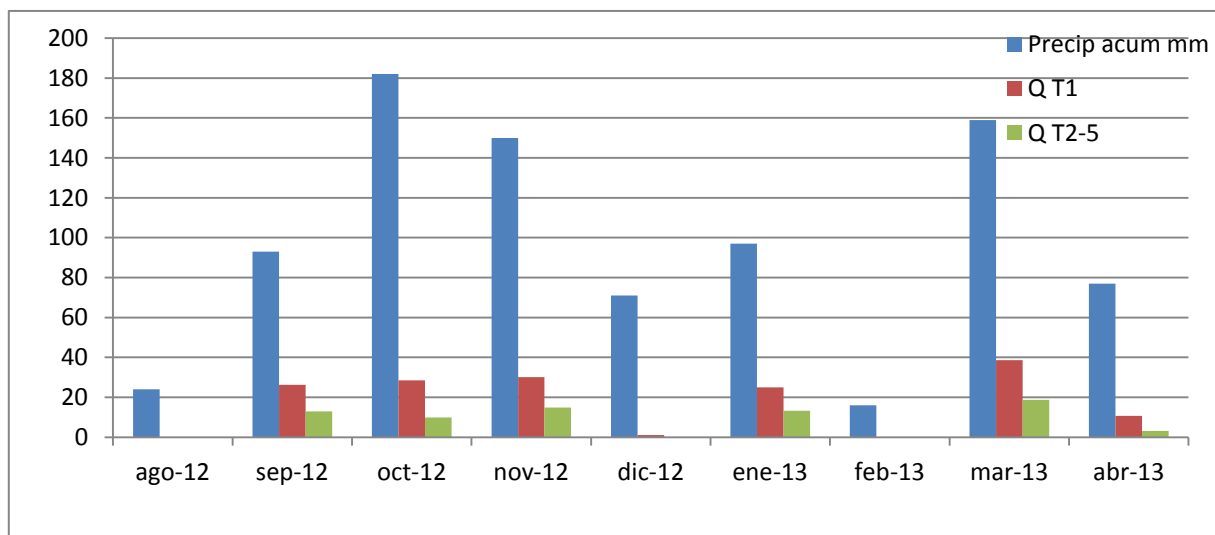
**Figura 19:** Distribución mensual de las precipitaciones (mm) ocurridas en Gigena Oeste en la campaña 2012/2013 y la media histórica.

3.3.2: Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA



Se calculó el escurrimiento generado por las precipitaciones con el objetivo de calcular la magnitud de esta pérdida de agua aplicando el método de la CN del USDA, usando un valor de CN de 70, que corresponde a una situación de cultivos en surcos y en curvas de nivel, en bancales o terrazas, estado bueno, para una clase hidrológica B; y se usó un valor de CN 80 para el tratamiento T1, éste valor se corresponde a surcos rectos, estado bueno, clase hidrológica B. (ver anexo tabla 7 de valores de CN).

Se pudo observar que para una precipitación acumulada de 869 mm para el período comprendido entre agosto 2012 a abril 2013, las pérdidas acumuladas por escurrimiento para el tratamiento T1 fue de 160.8 mm, es decir un 18.5% de las precipitaciones totales. Para el caso de los tratamientos T2, T3 T4 y T5 el escurrimiento total fue de 73 mm, lo que representa un 8.4% del total de precipitaciones. (ver tabla 5 de anexo) (figura 20).



**Figura 20: Precipitaciones mensuales acumuladas y escurrimiento (Q) acumulado del mes (mm) para Maíz Gigena Oeste.**

### 3.3.3: Rendimiento de granos Maíz Gigena Oeste:

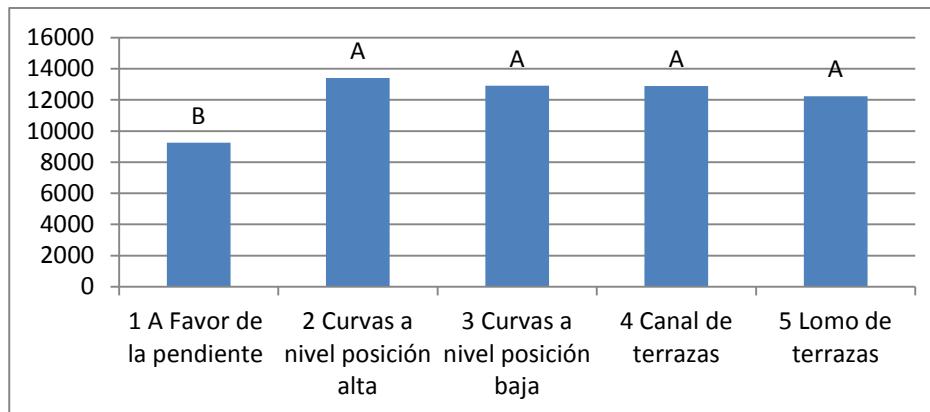
El análisis de varianza (ANOVA) resultó estadísticamente significativo a un nivel del 5% entre los diferentes tratamientos, para el rendimiento en granos con una confiabilidad del 90% ( $R^2$ ) y un coeficiente de variación (CV) de 5.8 % (Cuadro 5 del Anexo). Habiendo encontrado estas diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se procedió al test de comparación de medias usando el método DGC. Dando como resultado que el tratamiento 1, o de siembra a favor de la pendiente, es el único significativamente diferente al resto de los tratamientos.

Todos los tratamientos evaluados tuvieron un rendimiento en granos mayor que el testigo (sembrado a favor de la pendiente), (Tabla 12) siendo los tratamientos de siembras en curvas a nivel y lomo de terrazas los que obtuvieron mayor rendimiento, nuevamente, éstos datos coinciden con Colombo, G (2011). (Figura 21).

**Tabla 12: Rendimiento en granos del cultivo de Maíz Gigena Oeste en función de los distintos tratamientos.**

Tratamiento	Rendimiento medio (Kg/ha)	%
1-A favor de la pendiente	9250 B	100
2-Curvas de nivel posición alta	13395 A	145
3-Curvas de nivel posición baja	12908 A	140
4-Canal de terrazas	12884 A	139
5-Lomo de terrazas	12223 A	132

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

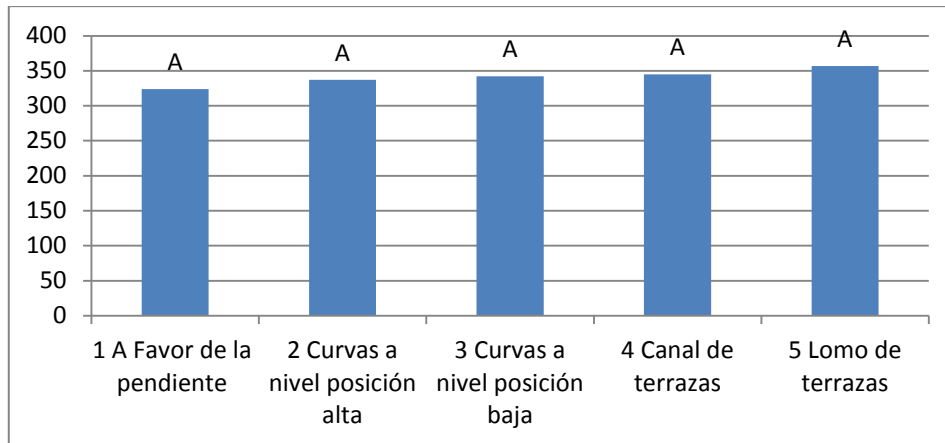


**Figura 21: Rendimiento medio (Kg/ha) de cada tratamiento en Maíz Gigena Oeste**

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

### 3.3.4- Peso de mil granos

El análisis de varianza (Cuadro 6 del anexo) resultó estadísticamente no significativo a un nivel del 5% para el peso de mil granos entre los diferentes tratamientos, por lo que el peso de los granos no se ve afectado por los distintos tratamientos, y las diferencias en el rendimiento se deben principalmente al número de granos por unidad de superficie. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Otegui y Andrade quienes en su trabajo encontraron una alta correlación entre el rendimiento y el número final de granos por unidad de superficie. (Satorre *et al.*, 2003). Ver Cuadro 6 en anexo: Análisis de la varianza y comparación de medias para Peso de mil Maíz Gigena Oeste. (Figura 22).



**Figura 22: Peso medio de mil granos (gramos) para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Oeste**

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

En maíz el rendimiento está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos demostrado por altos coeficientes de correlación entre el NG y el rendimiento. El NG queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración, motivo por el cual se definió a esta etapa como periodo crítico, la incidencia de un estrés hídrico provoca mayores mermas en el NG cuando tiene lugar en este período, que coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio del llenado de granos. (Satorre *et al.*, 2003).

### 3.3.5: Comparación de rendimiento de testigo (T1) vs la media de curvas de nivel (T2 y T3)

En la tabla 13 se puede observar que en promedio hay 3631 kg/ha más de rendimiento en curvas de nivel respecto al tratamiento de siembras a favor de la pendiente, lo que equivale a un incremento de la producción del 38.1% en comparación a éste último tratamiento. Estos datos muestran una tendencia de resultados coincidentes con los obtenidos por otros autores. (Colombo, G. 2011).

**Tabla 13: Comparación de rendimiento entre distintas técnicas de cultivo**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Rendimiento medio de los tratamientos
1- Siembra a favor de la pendiente	9520	9520
2- Curva de nivel en posición alta	13395	13151
3-Curva de nivel en posición baja	12908	

### 3.3.6: Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs el sistema de terrazas y curvas a nivel ( T2, T3, T4 y T5)

Con los datos obtenidos se evaluó el rendimiento del conjunto de los tratamientos de sistematización en contraste al testigo sembrado en dirección de la pendiente, para lo que se contó con los siguientes datos:

Distancia media entre lomos de terrazas consecutivas: 43mts

Sección de curvas de nivel T2 y T3 o entre-terrazas de 37 mt. (86% o 43% cada uno). Ancho de canal T4: 3 mts (7%) y de lomo T5 de 3 mts (7%).

**Tabla 14: Rendimiento ponderado de maíz en un lote sistematizado**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Coficiente de Ocupación	Rendimiento ponderado
1-Testigo a favor de la pendiente	9520	1	9520
2-Curva de nivel en posición alta	13395	0.43	5760
3-Curva de nivel en posición baja	12908	0.43	5550
4-Canal de terraza	12885	0.07	902
5-Lomo de terraza	12223	0.07	856
Suma de efecto de terrazas y Curvas N (2+3+4+5)	//	//	13068

En la tabla 14 se observa que el rendimiento medio del sector comprendido por las curvas a nivel y las terrazas de absorción fue de 13068 kg/ha contra los 9520 kg/ha de la siembra a favor de la pendiente, lo que representa una diferencia de 3548 kg/ha o un incremento del 37 % respecto al testigo T1.

### 3.3.6: Eficiencia de uso del agua (EUA)

En el tabla 15 se puede observar que la eficiencia en el uso del agua está comprendida entre valores de 20 a 28.1 kg de granos de maíz por mm de lámina evapotranspirada (ET real). En el tratamiento número 2 (de curvas de nivel en posición alta) es en donde se registra el mayor rendimiento y por ende la mayor EUA con valores similares a los obtenidos por otros autores en rendimiento potencial de maíz para la zona de Río Cuarto.; Espósito (2013) hasta 24.9 kg/ha/mm según ensayos de rendimiento potencial (riego complementario y fertilización en Río Cuarto; y 2.7 kg/m<sup>3</sup> (o su equivalente: 27 kg/ha/mm) según Rivetti (2005) también para la localidad de Río Cuarto. Andrade y col. (1996) publican valores de 18 kg/ha/mm para maíz en periodo crítico.

**Tabla 15: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Maíz Gigena Oeste**

Tratamiento	Rendimiento medio del tratamiento (Kg/ha)	ET real (mm)	Eficiencia de Uso del Agua. (Kg/ha/mm)
1. A favor de la pendiente.	9520	388.5	24.5
2. Curvas de nivel alta	13395	476.2	28.1
3. Curvas de nivel baja	12908	476.2	27.1
4. Canal de terrazas	12885	476.2	27
5. Lomo de terrazas	12223	476.2	25.7

### 3.4 Soja

#### 3.4.1 Precipitaciones

La caracterización de las precipitaciones para “Soja” se corresponde con la de “Maíz Gigena oeste” ya que se trata de un lote contiguo.

#### 3.4.2 Estimación del escurrimiento por método de curva número (CN) de USDA

Se calculó el escurrimiento generado por las precipitaciones con el objetivo de calcular la magnitud de esta pérdida de agua aplicando el método de la CN del USDA, usando un valor de CN de 69 para el caso de los tratamientos T2, T3, T4 y T5, que corresponde a una situación de cultivos en surcos y en curvas de nivel, en bancales o terrazas, estado bueno, para una clase hidrológica B; y se usó un valor de CN de 76 para el tratamiento T1, correspondiente a surcos rectos, estado bueno clase hidrológica B. (ver en anexo tabla 7: de valores de CN).

Se pudo observar que para una precipitación acumulada de 869 mm para el período comprendido entre agosto 2012 a abril 2013, las pérdidas acumuladas por escurrimiento para el T1 fue de 119.1 mm, es decir un 13.7%. Mientras que para los tratamientos T2, T3 T4 y T5 el escurrimiento total fue de 66.7 mm, equivalente a 7.6% del total de precipitaciones. (Tabla 6 del anexo) (Figura 23).

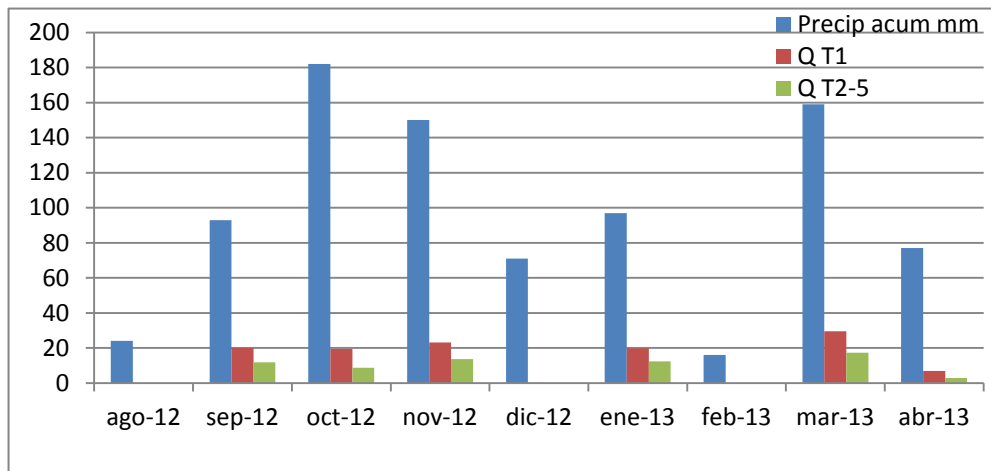


Figura 23: Precipitaciones acumuladas, Escurrimiento de T1 y Escurrimiento de T2, T3, T4 y T5 de Soja

#### 3.4.3 Producción de biomasa aérea a madurez fisiológica

Para la producción de biomasa aérea (MS) en madurez fisiológica, el análisis de la varianza no encontró diferencias estadísticas al 5 % de significancia. (Cuadro 7 del anexo).

En esta situación se observó en el tratamiento 5 (lomo de terrazas) un efecto de plantas de soja severamente afectas por algún tipo de estrés abiótico, (efecto similar a un quemado) que resulto en detrimento de la producción de granos en mayor medida y en segundo lugar de biomasa aérea. Este efecto era muy evidente donde las líneas de siembra con dirección E-O coincidían con la posición de

lomo de terraza, probablemente atribuible a una alta insolación con estrés hídrico y/o térmico por tratarse de plantas más expuestas (figura 24).

Se pudo observar que la producción de biomasa aérea en madurez fisiológica se mantiene en valores más estables para los distintos tratamientos que la producción de granos.



**Figura 24:** Plantas de soja en Lomo de terrazas severamente afectadas por estrés.

#### 3.4.4 Rendimiento de granos e índice de cosecha

El análisis de la varianza del rendimiento medio para los distintos tratamientos (Cuadro 7 del anexo) arrojó diferencias estadísticamente significativas a un nivel del 5%, para el tratamiento 5, correspondiente al lomo de terrazas con una producción de granos muy inferior a la del resto de los tratamientos (tabla 16).

**Tabla 16: Rendimiento, Biomasa aérea e índice de cosecha de Soja.**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha.	%	Biomasa Aérea seca Kg/ha.	Índice de cosecha
1-Testigo a favor de la pendiente	2347 A	100	5011 A	0.47
2-Curva de nivel en posición alta	2514 A	107	4747 A	0.53
3-Curva de nivel en posición baja	2583 A	110	4917 A	0.52
4-Canal de terraza	3023 A	128	5745 A	0.52
5-Lomo de terraza	1379 B	58	4209 A	0.33

*Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas para un nivel de significancia del 0.05.*

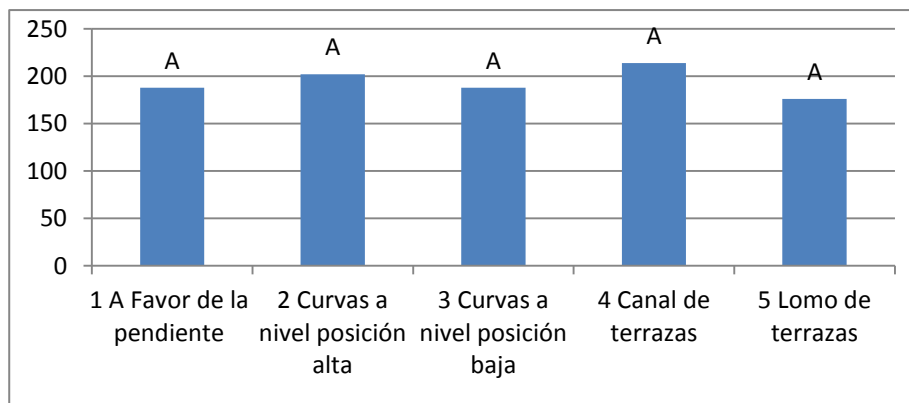
El número de granos (NG) del cultivo de soja está limitado por la actividad de la fuente de fotosimilados (tejido fotosintéticamente activo) durante la etapa crítica R1-R5/R6 y no por la cantidad de destinos (granos) que se generan. El NG, principal componente del rendimiento, está relacionado con la fotosíntesis del cultivo durante el período crítico, así condiciones que optimicen la

tasa de crecimiento del cultivo durante el periodo crítico tiende a maximizar el número de vainas, por ende el rendimiento (Satorre *et al.*, 2003).

### 3.4.5 Peso de mil granos

No se encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos de los distintos tratamientos de soja para un nivel de significancia del 5%. Por lo que, al igual que en otros cultivos, como maíz, el rendimiento de granos se debe principalmente al número de granos por unidad de superficie mas que al peso de los mismos. (Cuadro 8 del anexo).

Los PM encontrados (figura 25) están comprendidos entre 176 gr para el tratamiento de lomo de terrazas (T5) y 214 gr para el tratamiento de canal de terrazas (T4). Estos valores de PM coinciden con los encontrados por Arias *et al* (2015) en la red de ensayos de cultivares de soja (RECSO) quienes obtuvieron valores comprendidos en el rango de 155 a 213 gramos por cada mil granos.



**Figura 25: Peso medio de mil granos para los distintos tratamientos de Soja**

### 3.4.6 Comparación de rendimiento de T1 vs el promedio de T2 y T3 (curvas de nivel)

Se puede observar que hay 201 kg/ha más de rendimiento en curvas de nivel respecto al tratamiento de siembras a favor de la pendiente, lo que equivale a un incremento de la producción del 8.5% en comparación a las siembra a favor de la pendiente (Tabla 17). Estos datos muestran una tendencia de resultados coincidentes con los obtenidos por otros autores para soja en Entre Ríos, que obtuvieron incrementos en el rendimiento de la soja por siembras en curvas de nivel y terrazas (Gvozdenovich y Paparotti, 2010).

**Tabla 17: Comparación de rendimiento de granos en siembras a favor de la pendiente y en curvas a nivel.**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Rendimiento medio de los tratamientos
1- Siembra a favor de la pendiente	2347	2347
2- Curva de nivel en posición alta	2514	2548

3-Curva de nivel en posición baja	2583	
-----------------------------------	------	--

### 3.4.7 Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs curvas a nivel y el sistema de terrazas ( T2, T3, T4 y T5) en Soja.

En este caso se encontró que el conjunto de sistematización más siembra en curvas a nivel tuvo un incremento de 169 kg/ha de granos a favor del sistema de terrazas y siembra en curvas a nivel, lo que representa un 7.2 % de incremento respecto al testigo (T1) (tabla 18).

**Tabla 18: Comparación de rendimiento de granos en distintas formas de producción en Soja**

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento Kg/ha	Coefficiente de Ocupación	Rendimiento ponderado
1-Testigo a favor de la pendiente	2347	1	2347
2-Curva de nivel en posición alta	2514	0.453	1139
3-Curva de nivel en posición baja	2583	0.453	1170
4-Canal de terraza	3023	0.047	142
5-Lomo de terraza	1379	0.047	65
Suma de efecto terrazas y curvas a nivel	//	//	2516

Se observa que el rendimiento medio del sector comprendido por las curvas a nivel y las terrazas de absorción fue de 2516 kg/ha contra los 2347 kg/ha de la siembra a favor de la pendiente, lo que representa una diferencia de 169 kg/ha o un 7.2 % respecto al testigo T1.

### 3.4.7 Eficiencia en el uso del agua (EUA)

En la tabla 19 se puede observar que las EUA están comprendidas entre valores de 4 a 8.8 kg por hectárea por cada mm de agua evapotranspirada, siendo el tratamiento 4 (canal de terrazas) el de mayor EUA por presentar el mayor rendimiento en granos.

Rodríguez *et al.* (2010) encontró valores de EUA para soja de 6.4 kg/ha/mm para condiciones de riego suplementario. Salado Navarro, (2008) obtuvo valores de EUA en soja de 6.4 a 7.06 kg/ha/mm de agua evapotranspirada.

**Tabla 19: Eficiencia del uso del agua para los distintos tratamientos de Soja.**

Tratamiento	Rendimiento medio del tratamiento (Kg/ha)	ET real (mm)	Eficiencia de Uso del Agua. (Kg/ha/mm)
1. A favor de la pendiente.	2347	290.8	8.0
2. Curvas de nivel alta	2514	343.2	7.3
3. Curvas de nivel baja	2583	343.2	7.5
4. Canal de terrazas	3023	343.2	8.8
5. Lomo de terrazas	1379	343.2	4

### 3.5 Análisis integrado de los efectos de la sistematización sobre el rendimiento en granos.



Los resultados obtenidos se muestran muy dispares, atribuibles a distintas causas según cada caso y pueden considerarse como preliminares, pero que permiten verificar, en esencia, la hipótesis planteada, en sentido positivo para el uso de las técnicas (tabla 20).

En todos los casos de siembras en **curvas a nivel**, el rendimiento medio relativo al testigo nunca fue menor que el testigo sembrado a favor de la pendiente, con valores que van desde el 1 al 56 % por encima de este último tratamiento. Igual sucede con el rendimiento relativo medio cuando se considera la media de todo el **conjunto de sistematización combinado con curvas de nivel**, obteniéndose incrementos en el rendimiento relativo que van desde un 1% menor al testigo, (una diferencia prácticamente insignificante), hasta valores del 54% de incremento del rinde respecto al testigo.

Con los datos obtenidos en este trabajo se pudo observar que, considerando la media para cada tratamiento de los distintos sitios experimentales, las siembras a favor de la pendiente presentan el menor rendimiento, siendo las curvas a nivel los de mayor rendimiento medio, y el conjunto de canal y lomo de terrazas (T4 y T5 respectivamente) se presentan en una situación intermedia, dado que hay un efecto compensatorio cuando en uno de estos tratamientos hay un incremento considerable de rendimiento, en el tratamiento contiguo se presenta una situación inversa. Considerando la media de ambos tratamientos, resulta ser marcadamente mayor que la media de las siembras a favor de la pendiente.

**Tabla 20: Rendimientos relativos al T1 de cada sitio experimental (%):**

Caso	T1	T2	T3	T4	T5	Media Curvas a nivel	Media de Sistematización (*)
Maíz Gigena Norte	100	167	147	120	149	156	154
Maíz La Aguada	100	102	97	78	142	101	99
Maíz Gigena Oeste	100	145	140	139	132	138	137
Soja	100	107	110	128	58	108	107
Media del Tratamiento	100	130	123	116	120	127	124

(\*) Media de Sistematización: efecto combinado de curvas a nivel y lomo y canal de terrazas

## **CAPITULO IV. CONCLUSIONES**

- La campaña 2012/2013 se presentó precipitaciones muy similares a la media histórica, aunque durante los meses de verano éstas fueron marcadamente menores a la media.
- En la situación de Maíz Gigena Norte se observa que el rendimiento medio del sector comprendido por las curvas a nivel y las terrazas de absorción fue de 8956 kg/ha contra los 5829 kg/ha de la siembra a favor de la pendiente, lo que representa una diferencia de 3127 kg/ha o un incremento del 53.6 % respecto al testigo T1.
- En la situación de Maíz La Aguada no se observó diferencia en el nivel de producción del conjunto de curvas a nivel con lomo y canal de terrazas comparado al testigo de siembra a favor de la pendiente.
- En la situación de Maíz Gigena Oeste, el conjunto de curvas a nivel con lomo y canal de terrazas el incremento de éste fue de un 37% respecto a la siembra a favor de la pendiente.
- En la situación Soja se observó un incremento en la producción del 7.2% respecto a la siembra a favor de la pendiente, a favor del conjunto de curvas a nivel con lomo y canal de terrazas.
- Las curvas a nivel demuestran tener un nivel de impacto sobre la producción de granos muy similar a la producción media del conjunto de terrazas de absorción y curvas a nivel (sistematización), resultando en valores desde idénticos a superiores al testigo de siembras a favor de la pendiente (T1).
- Las eficiencias en el uso del agua en el caso de las tres situaciones de maíz (Maíz Gigena Norte, Maíz Gigena Oeste y Maíz La Aguada) se muestran con valores dispares debido a las diferencias de manejo, como son la fecha de siembra, fertilización, cultivo antecesor, híbrido empleado, manejo de malezas y plagas etc.

## **CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES**

*Considerar el efecto de fertilidad física y química del suelo como fuente de variación del rendimiento de cada tratamiento.*

*Analizar si en T4 canal de terrazas se presentan casos de hipoxia que puedan afectar el rendimiento del cultivo.*

*Evaluar los valores de escorrentía que ocurren en cada uno de los tratamientos, y evaluar si son consistentes con lo estimado por el método de CN y con los rendimientos obtenidos.*

## **CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA**

Andrade, F.; Cirilo, A.; Uhart, S. y M. Otegui 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Ed. La Barrosa. Balcarce. Buenos Aires. 292 pp.

Andrade, F.H. Y V.O. Sadras 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Producciones gráficas Sirio. EEA INTA Balcarce. Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. 443 pp. Capítulo 3. Pág. 61-91.

Apezteguia, H; Amaya, H; Cresta, L. 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.

Arias, N; De Battista J. Koch R. y Francou L. 2015. INTA EEA Concepción del Uruguay Ruta 39 Km 143,5 (3260) Evaluación de cultivares de soja (RECSO). Resultados 2014/15.

Barbora; Marcos. 2012. Plan predial campo señor Baggini. Ley provincial 8936 de conservación de suelos de Córdoba.

Cantero A; Cantú M.P., Cisneros J.M., Cantero J.J., Blasarín M. Degioanni A., González J., Becerra V., Gil H., De Prada J., Degiovanni S., Cholaky C., Villegas M., Cabrera A. y C. Eric 1998. Las tierras y aguas del Sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Cantú, M.; Becker, A.; Schiavo, H. 2000. "Metodología cualitativa para la evaluación del riesgo de erosión hídrica. Validación en una cuenca pedemontana del suroeste de la provincia de Córdoba". Presentado al XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata (Buenos Aires), Argentina. Actas.

Casas, R.; GIL R.; Iruetia, C.; Michelena R.; MON, R.; Noailles Bosch, E.; DA Veiga, A y R. Di Giacomo. 2008. El suelo y su conservación INTA Castelar. (Provincia de Buenos Aires, Argentina).

Chidiak M. y M.R. Murmis 2003 Gestión ambiental en la Agroindustria: Competitividad y Sustentabilidad. Estudio 1.EGG.33.4. Prestamo BID 92555/OC-AR. Pre II. Coordinación del Estudio: Oficina de la CEPAL-ONU, Buenos Aires, Argentina.

Cisneros J.M., Cholaly C., Bricchi E., Giayeto O. y J.J. Cantero. 1997. Efectos del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. Revista Universidad Nacional de Río Cuarto 17 (1): 13-22. Córdoba, Argentina.

Cisneros, J. C. Cholaky; A.Cantero Gutiérrez; J. Gonzáles; M. Reynero; A. Diez; L. Bergesio; J.J. Cantero; C. Nuñez; A. Amuschástegui; A. Degioanni. 2012. Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo.

Cisneros, J., Cantero, A., Degioanni, A., Becerra, V. y A. Zubrzycki. 2008. Producción, uso y manejo de las tierras. En: de Prada, J y J. Penna. (Eds.) Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina. Buenos aires: Ediciones INTA, 94 p.

Cisneros, J.; Cantero, A.; Reynero, M.; Cholaky, C y J. González. 2009 Manejo de áreas sujetas a erosión hídrica. Apoyo didáctico curso Ingeniería de la Conservación. FAV-UNRC. Provincia de Córdoba, Argentina.

Cisneros, J.M. 2015. Degradación de las tierras en la región: ambiente, tecnología, producción y sociedad. En: <http://www.unrc.edu.ar/publicar/19/dosier1.htm> Consultado:08/09/ 2015.

Colombo, G.; Gonzalez, J.; Cholaky Pérez, C.: 2011. 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. Actas

Crovetto Lamarca C. 1992 Rastrojos sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Editorial Universitaria. Concepción, Chile.

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.

Davies B., Eagle D. y B. Finney. 1982. Manejo del suelo. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.

Degioanni A, Gil H, Becerra, V, Bonadeo E, Cisneros J, de Prada J, Diez A, Bergesio, L. y Cantero, G. A. (2012) ENSEÑANZAS DE LA SEQUIA 2011-2012 Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras. FAyV, UNRC. 23 pp

Den Biggelaar; C. Rattan Lal. Wiebe, K y Breneman, V. 2004. The Global Impact Of Soil Erosion On Productivity, I: Absolute and Relative Erosion-induced Yield Losses. 48 pp.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. Software InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Espósito G, 2013. Material de dictado de clases de curso optativo de la FAyV de la UNRC, Diseño de estrategias para maíces de alta producción.

FAO, 2000. Manual de prácticas integrales de manejo y conservación de suelos. Roma: FAO, 2000. 220p. (Boletín Tierras y Aguas 8).

FAO, 2000. Manual de prácticas integrales de manejo y conservación de suelos. Roma: FAO, 2000. 220p. (Boletín Tierras y Aguas 8).

Ferraris, G. y L. Couretot. 2014. Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de Maíz en la localidad de Colón (Bs As). Disponible on line en [www.agroconsultasonline.com.ar](http://www.agroconsultasonline.com.ar)

Gonzales Sanches, E. 2004. Erosión: La importancia de conservación del suelo. Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos (AEAC/SV).

Gorgas J.A. y J.L. Tassile 2003. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba. Los Suelos Instituto Nacional de Tecnología Agrícola Centro Córdoba y Agencia Córdoba D.A.C.yT. y SEM., Córdoba, Argentina.

Gvozenovich Paparotti 2010 o INTA 2010 ACOMODAR BIENNNN!!!!!!!!!!!!!!

Lopez Fourcade, Rocío. 2007. *Evaluación de la degradación de los suelos de la pampa medanosa frente a los cambios de uso actuales*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. 55 p.

Michelena R.O., Irurtia C.B., Vavrusk E.A., Mon R. y A. Pittaluga 1989. Degradación de suelos del norte de la región pampeana. Publicación técnica 6 INTA Centros Regionales de Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. Proyecto de Agricultura Conservacionista.

Michelena, R y R, Mon. 2006. El cultivo en contorno, una práctica para la conservación del suelo y del agua. Instituto de suelo INTA Castelar. Buenos Aires.

Micucci F. y C Álvarez. 2002. El agua en los sistemas extensivos III. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua. (INPOFOS Archivo Agronómico N° 8 - p 3).

Micucci F.G.; Taboada M.A. y Gil R. 2002. El Agua en la Producción de Cultivos extensivos: I. El suelo como un gran reservorio. Archivo Agronómico N° 6, Informaciones Agronómicas del Cono Sur N° 15. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Miller; L. Shrader, W. 1970. Effect of Level Terraces on Soil Moisture Content and Utilization by Corn. En: <https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/65/4/AJ0650040600>.

Minintegui Aguirre, J y F. Lopez Unzu. 1990. La ordenación Agro hidrológica en la planificación. Vitoria-Gasteiz. Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco.

Reddy, V.M. y T.B. Daynard. 1983. Endosperm characteristics associated with rate of grain filling and kernel size in corn.

Rivetti, Ana Rosa; 2006. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes.

Rodríguez, H.J. De Battista, J.J. Dardanelli J.L. 2010: Eficiencia en el uso del agua en soja y maíz en un vertisol de Entre Ríos. consultado el 20 de octubre 2015 en [www.acsoja.org.ar](http://www.acsoja.org.ar)

Salinas, A., E. Lovera, E. Martelloto, J. Giubergia, S. Lingua, C. Alvarez y H. Salas 2006. Riego suplementario en la provincia de Córdoba. Situación actual. Área de Recursos Naturales y Agronomía E.E.A. Manfredi.

Salado-Navarro, L. R. 2008. Rotaciones de soja en siembra directa: agua útil y rendimientos. Revista técnica "Soja en SD" de Aapresid septiembre de 2008.

Satorre,E; R. Benech Arnold; Slafer, G; de la Fuente, E; Miralles, D; Otegui, M; Savin, R. 2003: Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. Ed FAUBA.

Seiler R.A., Fabricius R.A., Rotondo V.H. y M.G. Vinocur 1995. Agroclimatología de Río Cuarto – 1974/1993. Vol I. FAV. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. 68 pp.

Taboada M. y F. Micucci 2004 Fertilidad Física de los Suelos. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

Uhart, S. A. y Andrade, F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize (*Zea mays* L.). II. Carbon-nitrogen interaction on kernel number and grain yield. *Crop Science*. 35:1384-1389.



## ANEXOS

**Tabla 1 anexo: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz Gigena Norte**

Mes/Año	Precipitación acumulada mm	Precipitación media histórica
Agosto 2012	24	12,5
Septiembre 2012	94	48
Octubre 2012	173,2	71,4
Noviembre 2012	151	132,4
Diciembre 2012	66	131,5
Enero 2013	81	140,1
Febrero 2013	41	88,3
Marzo 2013	112	118,6
Abril 2013	64	51
Total	806,2	793,8

**Cuadro 1: Análisis de comparación de medias del rendimiento de Maiz Gigena Norte.**

Comparación de medias: del rendimiento

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rto Corr Kg/ha	15	0,78	0,62	12,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30122037,32	6	5020339,55	4,79	0,0230
Bloque	1433891,54	2	716945,77	0,68	0,5318
Tratamiento	28688145,78	4	7172036,45	6,84	0,0107
Error	8385828,60	8	1048228,57		
Total	38507865,92	14			

**Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2039,9162**

Error: 1048228,5745 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	9739,63	3	591,11 A
5	8690,97	3	591,11 A
3	8605,97	3	591,11 A
4	7009,73	3	591,11 B
1	5828,77	3	591,11 B

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

**Cuadro 2 Análisis de la varianza para Peso de mil Maíz Gigena Norte.**

**Análisis de la varianza**

**Peso de Mil Grs**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de Mil Grs	15	0,25	0,00	13,40

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3696,38	6	616,06	0,45	0,8295
Bloque	357,51	2	178,75	0,13	0,8804

Tratamiento	3338,88	4	834,72	0,60	0,6707
Error	11050,29	8	1381,29		
Total	14746,67	14			

**Tabla 2 anexo: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz La Aguada.**

Mes/Año	Precipitación acumulada mm	Precipitación media histórica
Agosto 2012	9	12,5
Septiembre 2012	104	48
Octubre 2012	112	71,4
Noviembre 2012	195	132,4
Diciembre 2012	42	131,5
Enero 2013	147	140,1
Febrero 2013	73	88,3
Marzo 2013	67	118,6
Abril 2013	61	51
Total	811	793,8

**Tabla 3 anexo: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz La Aguada.**

Mes/Año	Precipitación acumulada (mm)	Escurrimiento (Q) acumulado de T2, T3, T4 y T5 (mm)	Escurrimiento (Q) acumulado de T1
Agosto 2012	9	0	0
Septiembre 2012	104	24.3	36.4
Octubre 2012	112	2.3	9.1
Noviembre 2012	195	44.6	64
Diciembre 2012	42	0	1
Enero 2013	147.3	49	64.3
Febrero 2013	73.6	1.4	5.29
Marzo 2013	67.6	4.3	8.84
Abril 2013	61.4	1.8	6.06
Total	811.9	127.7	195

**Cuadro 3: comparación de medias de rendimiento en granos de Maiz La Aguada.**

**Rto Corr Kg/ha**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rto Corr Kg/ha	15	0,92	0,86	9,38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	57981801,70	6	9663633,62	14,79	0,0006
Bloque	12077390,47	2	6038695,23	9,24	0,0083
Tratamiento	45904411,23	4	11476102,81	17,56	0,0005
Error	5227985,24	8	653498,16		
Total	63209786,94	14			

**Test: DGC Alfa=0,05 PCALT=1610,6698**

Error: 653498,1552 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	11841,17	3	466,73	A
2	8389,67	3	466,73	B
1	8321,57	3	466,73	B
3	8052,60	3	466,73	B
4	6507,77	3	466,73	C

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

#### Cuadro 4: Comparación de medias de Peso de Mil granos de Maíz La Aguada.

##### Peso de Mil Grs

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de Mil Grs	15	0,92	0,86	4,07

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14742,66	6	2457,11	15,09	0,0006
Bloque	2961,22	2	1480,61	9,09	0,0087
Tratamiento	11781,45	4	2945,36	18,09	0,0005
Error	1302,43	8	162,80		
Total	16045,09	14			

##### Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=25,4224

Error: 162,8037 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	353,93	3	7,37	A
3	330,17	3	7,37	A
2	308,80	3	7,37	B
1	302,77	3	7,37	B
4	270,17	3	7,37	C

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

#### Tabla 4 anexo: Precipitación acumulada y media histórica para Maíz Gigena Oeste.

Mes/Año	Precipitación acumulada mm	Precipitación media histórica
Agosto 2012	24	12.5
Septiembre 2012	93	48
Octubre 2012	182	71.4
Noviembre 2012	150	132.4
Diciembre 2012	71	131.5
Enero 2013	97	140.1
Febrero 2013	16	88.3
Marzo 2013	159	118.6
Abril 2013	77	51
Total	869	793.8

#### Tabla 5 anexo: Precipitación y escurrimiento acumulado para Maíz Gigena Oeste.

Mes/Año	Precipitación acumulada (mm)	Escurrimiento Acumulado T1 (mm)	Escurrimiento acumulado para T2, T3, T4 y T5 (mm)
Agosto 2012	24	0.1	0
Septiembre 2012	93	26.3	12.9

Octubre 2012	182	28.6	9.9
Noviembre 2012	150	30.2	14.9
Diciembre 2012	71	1.1	0
Enero 2013	97	25	13.3
Febrero 2013	16	0	0
Marzo 2013	159	38.7	18.8
Abril 2013	77	10.7	3.2
Total	869	160.8	73

### Cuadro 5: Comparación de medias para rendimiento en granos de Maíz Gigena Oeste.

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rto Corr Kg/ha	15	0,90	0,82	5,81

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34765908,33	6	5794318,05	11,68	0,0014
Bloque	1536030,59	2	768015,29	1,55	0,2702
Tratamiento	33229877,74	4	8307469,44	16,74	0,0006
Error	3969459,94	8	496182,49		
Total	38735368,27	14			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1403,4762

Error: 496182,4927 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	13395,07	3	406,69 A
3	12908,03	3	406,69 A
4	12884,57	3	406,69 A
5	12223,20	3	406,69 A
1	9250,27	3	406,69 B

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

### Cuadro 6: Anova y comparación de medias para peso de mil granos de Maíz Gigena Oeste.

#### Análisis de la varianza

#### Peso de Mil Grs

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de Mil Grs	15	0,16	0,00	10,02

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1845,57	6	307,60	0,26	0,9393
Bloque	46,63	2	23,32	0,02	0,9803
Tratamiento	1798,94	4	449,74	0,39	0,8137
Error	9340,40	8	1167,55		
Total	11185,97	14			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=68,0804

Error: 1167,5500 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	357,43	3	19,73 A
4	345,07	3	19,73 A
3	341,87	3	19,73 A
2	337,23	3	19,73 A

1 323,73 3 19,73 A

**Tabla 6 anexo: Precipitación y escurrimiento acumulado para Soja.**

Mes/Año	Precipitación acumulada (mm)	Escurrimiento acumulado en T1 (mm)	Escurrimiento acumulado en T2, T3, T4 y T5 (mm)
Agosto 2012	24	0	0
Septiembre 2012	93	20	11.9
Octubre 2012	182	19.5	8.7
Noviembre 2012	150	23.1	13.7
Diciembre 2012	71	0.2	0
Enero 2013	97	19.8	12.3
Febrero 2013	16	0	0
Marzo 2013	159	29.6	017.3
Abril 2013	77	6.9	2.8
Total	869	119.1	66.7

**Cuadro 7: Anova de Materia Seca de soja en madurez fisiológica.**

**Análisis de la varianza**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
MS kg/ha 15 0,51 0,13 18,77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6851249,87	6	1141874,98	1,36	0,3342
Tratamiento	4804367,73	4	1201091,93	1,43	0,3079
Bloque	2046882,13	2	1023441,07	1,22	0,3448
Error	6711657,87	8	838957,23		
Total	13562907,73	14			

**Cuadro 8: Anova y comparación de medias de rendimiento en granos de Soja**

**Análisis de la varianza**

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
Rto Corr Kg/ha 15 0,86 0,75 13,62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5109936,63	6	851656,10	8,17	0,0046
Tratamiento	4407316,60	4	1101829,15	10,57	0,0028
Bloque	702620,03	2	351310,01	3,37	0,0867
Error	833758,55	8	104219,82		
Total	5943695,18	14			

**Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=643,2199**

Error: 104219,8185 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	3023,17	3	186,39 A
3	2583,73	3	186,39 A
2	2514,17	3	186,39 A
1	2347,03	3	186,39 A
5	1382,33	3	186,39 B

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

Tabla 7: Valores de Curva Número para los diferentes grupos hidrológicos, usos y manejos de la tierra (condicion de humedad antecedente AMC II).

Uso	Manejo	Estado	Clase hidrológica			
			A	B	C	D
Barbecho	surcos rectos	malo	77	86	91	94
Cultivos en surcos	surcos rectos	malo	72	81	88	91
	surcos rectos	bueno	67	78	85	89
	curvas de nivel	malo	70	79	84	88
	curvas de nivel y bancales	malo	66	74	80	82
	curvas de nivel y bancales	bueno	62	71	78	81
Cereales finos	surcos rectos	malo	65	76	84	88
	surcos rectos	bueno	63	75	83	87
	curvas de nivel	malo	63	74	82	85
	curvas de nivel	bueno	61	73	81	84
	curvas de nivel y bancales	malo	61	72	79	82
	curvas de nivel y bancales	bueno	59	70	78	81
Leguminosas de siembra densa o praderas en rotación	surcos rectos	malo	66	77	85	89
	surcos rectos	bueno	58	72	81	85
	curvas de nivel	malo	64	75	83	85
	curvas de nivel	bueno	55	69	78	83
	curvas de nivel y bancales	malo	63	73	80	83
	curvas de nivel y bancales	bueno	51	67	76	80
Pastos o pastizales		malo	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		bueno	39	61	74	80
	curvas de nivel	malo	47	67	81	88
	curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	curvas de nivel	bueno	6	35	70	79
Prado (permanente)		bueno	30	58	71	78
Bosques		malo	45	66	77	82
		regular	36	60	73	79
		bueno	25	55	70	77
Vegas de ríos		Bueno	30	58	71	78
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, etc		Condiciones óptimas (75% de cubierta)	39	61	74	80
		Condiciones aceptables (50% - 75%)	49	69	79	84
Áreas comerciales		85% impermeables	89	92	94	95
<b>Residencial</b>						
500 m2 lote		65% impermeables	77	85	90	92
1000 m2 lote		38% impermeables	61	75	83	87
1500 m2 lote		30% impermeables	57	72	81	86
2000 m2 lote		25% impermeables	54	70	80	85
4000 m2 lote		20% impermeables	51	68	79	84