



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

TRABAJO FINAL
PARA OPTAR AL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**“DESARROLLO DE UN PROYECTO DE TERRAZAS DE DESAGUE E
IMPACTO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOJA”**

Angeli Ezequiel Ariel
DNI: 37167063

Director
José Manuel Cisneros

Río Cuarto-Córdoba
Abril 2018

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

DESARROLLO DE UN PROYECTO DE TERRAZAS DE DESAGUE E IMPACTO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOJA

ALUMNO: Ezequiel Ariel Angeli

D.N.I. 37.167.063

DIRECTOR: DR. ING. AGR. JOSE MANUEL CISNEROS

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

ING. AGR. DR. JORGE GONZALEZ _____

ING. AGR. MSC. CARMEN CHOLAKY _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

Va dirigido especialmente a mi familia, que con su apoyo hizo posible mis estudios, siempre presente en los buenos y en los malos momentos que uno van pasando a lo largo de la carrera.

Un agradecimiento especial a mi novia, que siempre estuvo para ayudarme y dar ánimo cuando las cosas se complicaban.

A mi director de carrera, por la ayuda que recibí y la predisposición para atender todas mis dudas.

Y un agradecimiento final al Ing. agrónomo Jonathan Tunut que fue el que hizo posible la construcción de las terrazas.

Índice de contenido

Summary	2
Introducción	3
Antecedentes	5
Objetivo general:	10
Objetivos específicos:	10
Materiales y Métodos	11
Área de estudio:	11
Relevamiento planialtimétrico:	16
Desarrollo del proyecto de terrazas:	19
Diseño experimental:	19
Evaluaciones:	20
Datos pluviométricos:	21
Peso de mil granos:	21
Comparación de rendimiento entre distintas formas de producción:	21
Análisis estadístico:	21
Resultados y discusión	23
Diseño y trazado de terrazas	23
Cálculo del espaciamiento horizontal y vertical:	24
Replanteo a campo de las terrazas:	26
Siembra del cultivo:	30
Precipitaciones durante el ciclo del ensayo:	31
Rendimiento del cultivo:	32
Análisis de Inversión	34
Discusión de resultados	37
Conclusión:	40
Bibliografía	41
Anexo	43

Índice de figuras

Figura 1: Detalle del área de estudio, A: Gigena Norte, B: Gigena Oeste, C: La Aguada.....	7
Figura 2: Ubicación aproximada del establecimiento en la provincia de Córdoba.....	11
Figura 3: Ubicación del establecimiento “Santa Ines”.....	11
Figura 4: Temperaturas medias de Enero y Julio de la provincia de Córdoba.....	12
Figura 5: Climograma de sampacho.....	13
Figura 6: Precipitaciones medias anual de la provincia de Córdoba.....	13
Figura 7: Nivel laser utilizado para la toma de datos.....	16
Figura 8: Banderillero utilizado para la marcación de los puntos en el lote.....	16
Figura 9: a) Diseño de la sección transversal de una terraza de base ancha. b) Sección transversal de una terraza de base ancha después de 10 años de cultivo.....	17
Figura 10: Esquema de ubicación de tratamientos entre dos terrazas consecutivas.....	20
Figura 11: Esquema de ubicación de bloques y tratamientos a acampo. Bn: bloque; Tn: Tratamiento; Flecha: dirección de la pendiente.....	20
Figura 12: Mapa en 3D, con línea de vectores.....	23
Figura 13: Mapa en 2D y curvas de nivel cada 0.25cm.....	24
Figura 14: Mapa en 2D, curvas de nivel cada 0.25cm y terrazas diseñadas.....	26
Figura 15: Comienzo de construcción (1er pasada).....	27
Figura 16: Vista desde el tractor.....	27
Figura 17: Vista del implemento.....	28
Figura 18: Vista del implemento.....	28
Figura 19: Rolo utilizado en la construcción.....	29
Figura 20: Vista del rolado y suavizado del canal.....	29
Figura 21: Vista del rolado y suavizado del canal.....	29

Figura 22: Lote con terrazas construidas.....	30
Figura 23: Siembra siguiendo la línea de la terraza.....	31
Figura 24: Registro de lluvia de la campaña 16/17.....	32
Figura 25: Lluvia anual y la media para 10 años.....	32
Figura 26: Diferencias en crecimiento del cultivo según la ubicación en la terraza.....	37
Figura 27: Diferencias en crecimiento del cultivo según la ubicación en la terraza.....	38
Figura 28: Aumento de la humedad del suelo en la zona del canal.....	38

Índice de tablas

Tabla 1: Factor del método de control de la erosión (P).....	7
Tabla 2: Rendimiento en granos del cultivo de soja en función de los distintos tratamientos.....	33
Tabla 3: Comparación de rendimiento de granos en siembras a favor de la pendiente y en curvas a nivel.....	33
Tabla 4: Comparación de rendimiento de granos en distintas formas de producción.....	33
Tabla 5: Proyecto de inversión.....	35
Tabla 6: criterios y resultados de la evaluación.....	36

Resumen

Los suelos del Oeste de la provincia de Córdoba se caracterizan por su relieve de llanuras onduladas y una alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Entre las técnicas de conservación de suelos con pendiente se encuentran las siembras 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 desagüe y siembra en curvas genera diferencias en el rendimiento del cultivo desoja (*Glycinemax*) con respecto a la siembra a favor de la pendiente bajo similares condiciones ambientales y de manejo. El objetivo general de este trabajo es cuantificar la variación de rendimiento del cultivo de soja por la aplicación de siembra en curvas a nivel y terrazas de desagüe, en contraste a la siembra a favor de la pendiente, en un campo ubicado al noroeste de la localidad de Sampacho provincia de Córdoba. Los tratamientos para dicho análisis 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. Se obtuvo como resultado un aumento del rendimiento por efecto de las terrazas, aunque el análisis estadístico indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas. La diferencia de rendimientos fue de un 9% entre T1 y T2 a T5 y de 12,4% entre T1 y T2 y T3. Se concluye que la utilización de esta técnica es técnicamente factible, no genera depresión del rendimiento y en cambio, generaría un aumento del rendimiento del cultivo. Se hipotetiza que la escasa diferencia obtenida podría deberse a que las terrazas llevaban construidas solo 2 meses cuando se realizó la siembra.

Summary

The soils of the West of the province of Córdoba are characterized by their relief of undulating plains and a high susceptibility to water erosion. Among the soil conservation techniques with slopes are plantings in level curves and terraces of different types, such as absorption and drainage with broad or narrow base variants, parallel or not and rectified or not. The hypothesis of this work is that the construction of drainage and seeding terraces in curves generates differences in crop yield (*Glycine max*) with respect to sowing in favor of the slope under similar environmental and management conditions. The general objective of this work is to quantify the yield variation of the soybean crop by the application of sowing in level curves and drainage terraces, in contrast to the sowing in favor of the slope, in a field located northwest of the town of Sampacho province of Córdoba. The treatments for this analysis were: T1: planting in favor of the slope; T2: Sowing in curves at level in high position; T3: in curves at level in low position; T4: in terraces channel; T5: on the back of terraces. The yield in grains was determined. An increase in yield was obtained as a result of terraces, although the statistical analysis indicated that there were no significant statistical differences. The difference in yields was 9% between T1 and T2 at T5 and 12.4% between T1 and T2 and T3. It is concluded that the use of this technique is technically feasible, does not generate yield depression and instead, would generate an increase in crop yield. It is hypothesized that the little difference obtained could be due to the fact that the terraces had been built only 2 months when the planting was carried out.

Introducción

PLANTEO DEL PROBLEMA

Existen pérdidas de rendimiento en cultivos agrícolas, generadas por un pobre aprovechamiento del agua de lluvia. La causa de esta baja utilidad del agua, se debe al escurrimiento superficial que se genera al momento de producirse una precipitación.

El escurrimiento superficial, no solo disminuye la cantidad de agua que queda disponible para el cultivo, si no, que además genera erosión, produciendo pérdida de suelo y con este, pérdida de nutrientes.

Los procesos de degradación de tierras en varias regiones de América Latina y África, tienen su origen en factores sociales, económicos y culturales, que se traducen en la sobreexplotación de los recursos naturales y en la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas. La consecuencia de todo ello, es la inhabilitación productiva de muchas tierras agrícolas que va en detrimento de la producción de alimentos para una población creciente en estos dos continentes (FAO, 2000).

El desarrollo económico y social de una región y del país al que pertenece, está directamente relacionado con la disponibilidad de sus recursos naturales. Además, toda visión de desarrollo integrado y sostenible a través de los tiempos requiere que esos recursos naturales, y especialmente que las tierras, mantengan su integridad física y capacidad productiva, en un marco de estabilidad ambiental y social (Cisneros y Col, 2012).

La región sur de la provincia de Córdoba (7.000.000 has) se caracteriza por una marcada transición climática, desde regímenes subhúmedos a semiáridos, con precipitaciones variables desde 800 mm en el este a menos de 500 en el extremo oeste de la región. Las lluvias son de tipo monzónico, altamente concentradas en primavera-verano (80 % entre Octubre y Abril) (Cisneros, 2015).

En esos meses (entre octubre y abril), es muy común que ocurran lluvias de gran intensidad (mm/h), lo que provoca aumentos de los volúmenes de escurrimientos, estos generan un incremento de los procesos de erosión hídrica con la consiguiente disminución del horizonte más rico en materia orgánica, nutrientes, entre otros. La disminución de la capa superficial deja en superficie 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 la capacidad productiva de las tierras (Cisneros et al., 2009).

Para poder solucionar los problemas anteriormente mencionados, es importante tener conocimiento de las distintas técnicas de conservación de suelo existentes, para que, de esa forma poder elegir la más adecuada.

Para este trabajo se utilizó una técnica de conservación en la que involucra terrazas, estas pueden ser de desagüe y de absorción.

El objetivo común a ambos tipos de terrazas es cortar la longitud de la pendiente del lote con estructuras conformadas por un bordo de tierra de baja altura. El bordo interrumpe el flujo de la escorrentía, el que puede tomar dos caminos posibles, en función del tipo de terraza: En las terrazas de desagüe el escurrimiento circula lentamente por la porción cóncava de la terraza (canal de la terraza) y descarga en un canal de desagüe planificado a tal fin. En las terrazas de absorción el escurrimiento se acumula en la porción cóncava de la terraza, provocando allí su infiltración en el suelo (Cisneros y Col, 2012).

La finalidad del presente trabajo es medir rendimiento en función del uso de terrazas de desagüe.

Antecedentes

El cultivo en contorno con terrazas fue introducido en EE.UU por P.H. Magnum de Carolina del Norte en 1885 y ha demostrado ser un método efectivo para controlar la erosión hídrica en tierras onduladas. Además, el terraceo es una de las mejores prácticas mecánicas para la conservación de la humedad (USDA, 1969, citado por Michelena, 2010).

Es de gran importancia preservar la capacidad productiva de los suelos, para eso existen diferentes técnicas o medidas de conservación. En el pasado y aún hoy en día en muchas partes, el énfasis de las prácticas o medidas de conservación era controlar las tasas de pérdidas de suelo por erosión, expresada en Mg/ha o mm/año. Las medidas de conservación generalmente mecánicas, estaban dirigidas a reducir la erosión a una tasa aceptable llamada tolerancia de pérdida de suelo. Actualmente ha cambiado el énfasis ya que se considera que los efectos de la erosión no son sólo pérdida de profundidad del suelo, sino pérdida de nutrientes y de materia orgánica y de deterioro de las propiedades físicas. Por ello, las prácticas de conservación tratan de integrar, a través de medidas agronómicas o biológicas, el control de la erosión y el mantenimiento de la fertilidad química, física y biológica del suelo. Preservar el agua de lluvia donde cae, engloba los principios de reducir la erosión del suelo y al mismo tiempo mejorar la capacidad de retención de agua aprovechable por las plantas. También en ese sentido, las prácticas agronómicas de manejo de suelos y cultivos son generalmente más efectivas que las prácticas mecánicas u obras de ingeniería para el manejo del agua (Linares, C; García, M, 2004).

Para obtener una buena cosecha, es muy importante la cantidad de agua que queda almacenada en el suelo a disposición de las plantas, como la cantidad de lluvia caída en la estación de crecimiento. En un sistema de producción agrícola intervienen varios factores del suelo, de la atmósfera y de la planta, que interactúan entre sí en forma directa e indirecta sobre los cultivos (nutrientes, energía, agua, seres vivos). Se ha estimado que, para obtener una cosecha satisfactoria, por ejemplo, 4000 kg/ha de soja y 10.000 kg/ha de maíz, se necesitan más de 500 milímetros de agua disponible para el vegetal en su etapa de crecimiento (Casas y Col, 2008). 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 de manejo de la infiltración y el escurrimiento. Mediciones realizadas por el INTA indican que, muchas veces, se pierde por escurrimiento más del 40% del agua de lluvia (Casas y Col, 2008).

Las técnicas de manejo del relieve (también llamadas prácticas de conservación, prácticas estructurales o de sistematización), son un conjunto de técnicas que abarcan desde la simple ordenación de las líneas de cultivo, hasta prácticas muy complejas como la nivelación completa de terrenos muy inclinados, con fines de implementar el uso agrícola. Las técnicas de manejo del relieve se basan en

diferentes principios del ordenamiento hidrológico: acortar la longitud de la pendiente, de modo de reducir la velocidad del escurrimiento o directamente de detenerlo, generar microrelieves superficiales que permiten incrementar la retención y el detenimiento superficial del agua en superficie y de ese modo mejorar la captación del agua en el lugar donde cae, atrapar los sedimentos que se mueven con el escurrimiento, por el efecto de “filtro” que pueden tener los residuos en superficie siguiendo líneas en contorno, controlar el movimiento de partículas por el viento (saltación), cuando la dirección de los microrelieves o las fajas de cultivos, cortan la dirección del viento predominante, conducir controladamente los escurrimientos que no pudieron ser manejados por otras técnicas, a lugares predeterminados, sin que causen erosión (Cisneros y Col, 2012).

Estas técnicas pueden ser utilizadas para escenarios totalmente opuestos, desde zonas con escasa precipitación, en donde la captación y acumulación de agua es muy importante para lograr una buena producción, como así también para zonas donde las lluvias pueden llegar a ser intensas en determinados momentos del año, en las cuales causan una alta escorrentía, dando como resultado pérdida de cobertura, suelo, nutrientes, y generando posibles problemas de erosión como pueden ser cárcavas dentro de un lote.

Según estimaciones de la FECIC, actualmente un 36 por ciento del territorio argentino está afectado por procesos de erosión hídrica y eólica lo cual representa unas 100 millones de hectáreas en total. Un análisis de los factores causales de los procesos erosivos de origen antrópico permite comprobar que los más importantes a nivel nacional son la simplificación de la rotación de cultivos y monocultivo, desmonte y expansión de la frontera agrícola, sobre pastoreo y el cambio de uso del suelo. En un segundo grupo, pero también de importancia para varias regiones se mencionan a los incendios de bosques y pastizales, las labranzas inadecuadas, la escasa adopción de tecnología conservacionista, y la actividad petrolera (Gaitán y Col, 2017).

La construcción de terrazas es una buena manera de disminuir la erosión hídrica y este efecto lo podemos observar a partir de un factor (P) que se encuentra en la ecuación USLE: $A=R \times K \times L \times S \times C \times P$ (Wischmeier y Smith, 1978) utilizada para determinar la pérdida de suelo, este factor determina la proporción de pérdida de suelo a través de prácticas como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a la pérdida producida por labranza en el sentido de la pendiente. En la Tabla 1 (Wischmeier y Smith, 1978). Se puede observar los niveles de P para las diferentes técnicas de conservación, pudiéndose observar que el valor P es más bajo en los sistemas de terrazas.

Tabla 1: Factor del método de control de la erosión (P)

Pendiente del terreno (%)	Cultivo en contorno	Cultivos en franjas en contorno	Terrazas ^(a)
1-2	0,60	0,30	0,12
3-8	0,50	0,25	0,10
9-12	0,60	0,30	0,12
13-16	0,70	0,35	0,14
17-20	0,80	0,40	0,16
21-25	0,90	0,45	0,18

Algunos antecedentes sobre la construcción de terrazas en ambientes similares a los utilizados en este trabajo se mencionan a continuación:

Experiencias realizadas en la zona de Gigena (Córdoba) y La Aguada (Córdoba) muestran resultados positivos para la práctica de siembras de cultivos en terrazas.

Se recolectaron datos para los cultivos de maíz en 3 lugares diferentes (Gigena norte, Gigena oeste y La Aguada) y de soja (Gigena oeste).

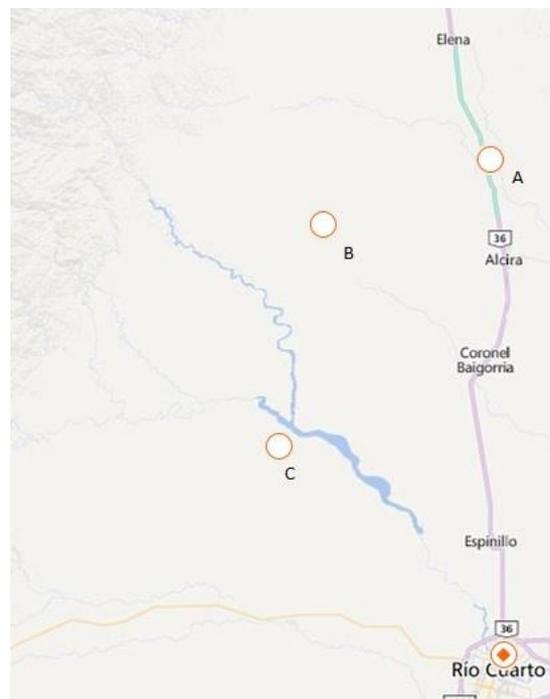


Figura 1: Detalle del área de estudio, A: Gigena Norte, B: Gigena Oeste, C: La Aguada.

Tratamientos:

T1. A favor de la pendiente.
T2. Curvas de nivel alta
T3. Curvas de nivel baja
T4. Canal de terrazas
T5. Lomo de terrazas

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 (Gigena oeste) 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 (Giacardi, 2015).

Establecimiento La Margarita (Córdoba): Los canales y terrazas (curvas de nivel) construidos, resistieron el embate de los casi 900 milímetros de agua caídos desde diciembre, hasta fines de marzo (2015), 360 mm en una sola semana. En el establecimiento se realizaron 20% de las terrazas (curvas de nivel) y de los canales; en un tiempo cercano se tiene pensado continuar con la construcción de más terrazas en otros lotes del establecimiento. Las terrazas ayudaron a un buen manejo del agua; luego de las primeras lluvias, se observaron una sucesión de 'piscinas' donde están las curvas que sostienen el agua cada 50 metros, la cual permite que esta sea aprovechada por los cultivos. El sistema de diseño de terrazas y la tecnología disponible posibilitan al productor que no se pierda superficie para la siembra.

Los canales de desagüe ocupan un espacio, que varían según la ubicación topográfica del campo, pero es mucho más lo que se recupera en producción. De nada valen las obras de ingeniería solas si no están acompañadas por una rotación de cultivos, en la que se suman las gramíneas (maíz, trigo, entre otros) con los que se busca equilibrar el manejo, base de sustentación para que el agua se absorba en el campo. Si se hace una terraza y 30 años seguidos soja, no va a dar resultado. Entonces, el trabajo es una integración de medidas agronómicas y de ingeniería para retener el agua en la máxima cantidad

posible en los campos. Ese es el objetivo, retener el agua donde cae. Si logramos retener el agua en el campo, estamos encontrando la base de la solución (Pereyra yCrusta, 2015).

Para otras zonas del país se han reportado las siguientes experiencias:

Establecimiento Picabea (Buenos Aires): En este establecimiento se sistematizó un lote de 40 ha construyendo terrazas paralelizadas. El lote del ensayo presenta un suelo de la serie Arrecifes (Argiudol típico) y una pendiente variable entre 1,5% en la parte baja hasta 4,9% en la media loma. El lote sistematizado se sembró con soja y se efectuaron determinaciones de humedad edáfica a 30 y 60 cm de profundidad en las parcelas testigo y en contorno. Los datos de humedad del suelo en el ensayo demuestran que el cultivo en contorno tuvo una mayor captación de agua pluvial en la media loma y superó al testigo en 3,6% (14 mm) y 5,2% (23 mm) a 30 y 60 cm de profundidad, respectivamente. Por otro lado, en el bajo, el testigo superó al cultivo en contorno en 2,5% (9,8 mm) y 4,9% (21,8 mm) para ambas profundidades. La parcela en contorno almacenó 37 mm de humedad más que el testigo en la media loma hasta 60 cm de profundidad. La diferencia en el contenido de humedad entre la media loma y el bajo, a 30 cm de profundidad, fue de 3,5% (13,7 mm) para la parcela testigo y un 0,7% (2,7 mm) para el cultivo en contorno, mientras que para 60 cm de profundidad los valores fueron 6,8% (30,2 mm) y 1,5% (6,7 mm), respectivamente. (Michelena, 2010).

En la zona donde se desarrolló el trabajo, aún no está muy difundida la técnica de terrazas, escasos productores la conocen y no hay técnicos que desarrollen esta práctica, por lo cual hay parámetros que deberían ser estudiados y analizados para poder hacer un mejor uso de la esta técnica.

Hipótesis:

La construcción de terrazas de desagüe y siembras en curvas, genera un aumento en el rendimiento del cultivo de soja (*Glycine max*) con respecto a la siembra a favor de la pendiente bajo similares condiciones ambientales y de manejo.

Objetivo general:

Desarrollar un proyecto de diseño y ejecución de terrazas de desagüe y evaluar los impactos de la técnica sobre el rendimiento de soja.

Objetivos específicos:

Realizar un relevamiento planialtimétrico del lote.

Replantear a campo el diseño de terrazas de desagüe y construir las mismas

Evaluar el rendimiento del cultivo de soja en un sistema con terrazas en comparación con un testigo con cultivo a favor de la pendiente.

Determinar la relación costo/beneficio de la construcción de las terrazas.

Materiales y Métodos

Área de estudio:

Este trabajo se realizó en el establecimiento “Santa Inés” ubicado en la provincia de Córdoba (figura 2) a 15 km al noroeste de la localidad de Sampacho (figura 3), coordenadas (33°14'45.94”S 64°43'52.14”) el mismo se llevó a cabo durante la campaña 16/17, en un lote de 22ha.



Figura 2: Ubicación aproximada del establecimiento en la provincia de Córdoba.

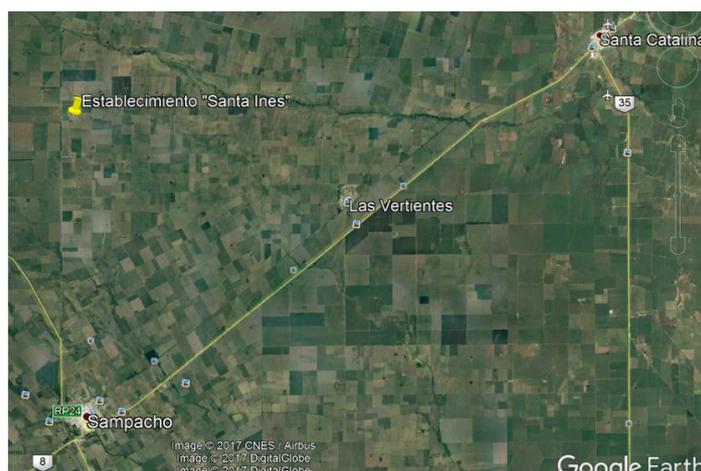


Figura 3: Ubicación del establecimiento “Santa Inés”.

Clima:

El clima es cálido y templado en Sampacho (Córdoba). Posee un régimen monzónico por lo que las precipitaciones se concentran en los meses más cálidos. La temperatura media anual en Sampacho se encuentra a 16.4 °C (<https://es.climate-data.org/location/144659/>).

En la Figura 4 podemos observar las temperaturas medias del mes más frío y del mes más cálido.

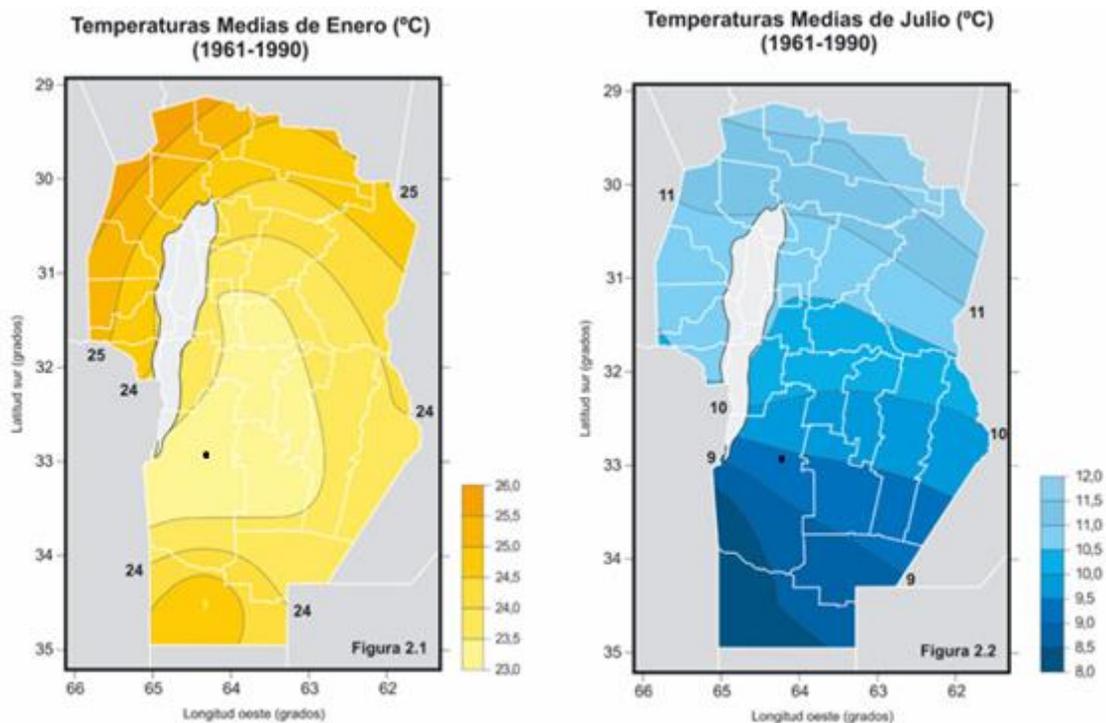


Figura 4: Temperaturas medias de Enero y Julio de la provincia de Córdoba. (Zupan, E).

Como se puede observar en la Figura 5 el mes más seco es julio, con 14 mm. Mientras que el mes con más precipitación es diciembre con 118 mm.

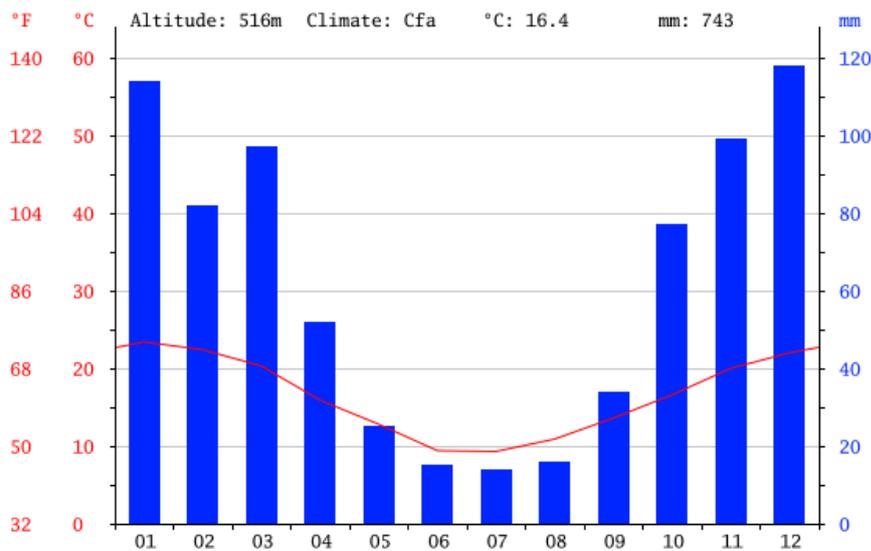


Figura 5: Climograma de Sampacho (<https://es.climate-data.org/location/144659/>).

Precipitaciones:

El régimen de precipitaciones es monzónico, concentrándose la mayoría de éstas en el periodo estival, con un promedio anual de 743 mm. (<https://es.climate-data.org/location/144659/>).

En la figura 6 se puede observar que las precipitaciones medias anual del establecimiento productivo analizado son entre 700 mm y 750 mm.

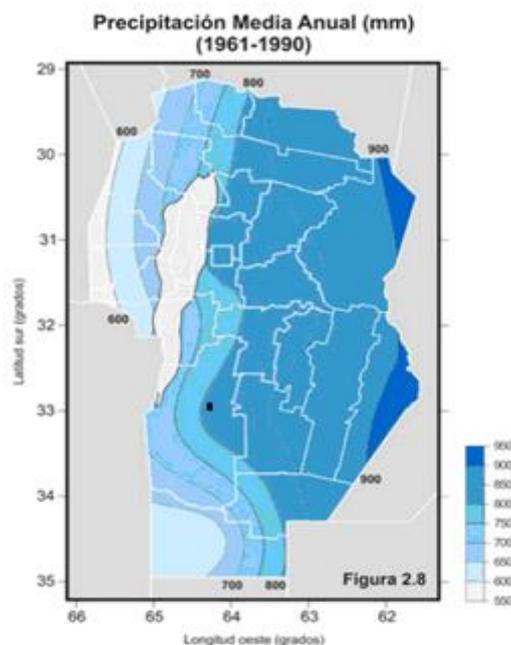


Figura 6: Precipitaciones medias anual de la provincia de Córdoba(Zupan, E).

Fisiografía y suelo:

El tipo de suelo que se encuentra en el lote son Haplustolesenticos. El lote en donde se realiza el proyecto presenta una pendiente que va desde 0 a 4%.

En este lote se encuentran dos unidades homogéneas de tierras diferentes (loma y bajo).

Loma:

Algunas características que este suelo posee, es que es poco desarrollado, predominan particular grandes (arena), lo que provoca una baja retención de agua, además por las pendientes que este tiene, se pierde agua por escorrentía superficial, provocando además erosión hídrica. Presenta un nivel de materia orgánica bajo, alrededor de 0,95%. En relación con el cultivo, este suelo no presenta dificultades en la exploración de raíces.

Representación del perfil de suelo:

Horizonte Ap
Horizonte A
Horizonte AC
Horizonte C
Horizonte Ck

Horizonte Ap: (0-5 cm) Estructura poliédrica granular.

Horizonte A:(5-15 cm) Bloques subangulares medios débiles.

Horizonte AC: (15-27 cm) Bloques angulares irregulares con cara aplanada.

Horizonte C: (27-72 cm) Estructura laminar en la cual se evidencia dimensión vertical limitada.

Horizonte Ck: (72 a + cm) Estructura masiva.

Bajo:

Algunas características que este suelo posee, es que es un suelo desarrollado, posee un nivel mayor de partículas finas (limo y arcilla) con respecto a la loma, esta característica le permite generar mayor retención de agua, aun esta unidad homogénea de tierra se encuentra un bajo, no hay aporte de napa freática. Los niveles de materia orgánica son altos (comparados con la loma), estando alrededor de 2,5%. Otra de las características, relacionada con el desarrollo del cultivo, es que aproximadamente a los 50 cm de profundidad se encuentra una estructura de bloques laminares que dificultan la exploración de las raíces.

Representación del perfil de suelo:

Horizonte Ap
Horizonte A
Horizonte Bd
Horizonte Bg
Horizonte BCg
Horizonte C
Horizonte Ck

Horizonte Ap: (0-9 cm) Estructura granular que tiende a bloques subangulares

Horizonte A:(9-18 cm) Bloques subangulares medios débiles.

Horizonte Bd: (18-40 cm) Bloques angulares grandes.

Horizonte Bg: (40-53 cm) Bloques angulares que tienden a estructura laminar.

Horizonte BCg: (53-70 cm). Laminar que tiende a masivo.

Horizonte C: (70 a + cm) Estructura masiva.

Horizonte Ck: No se encontró hasta los 2,40 metros (Fuente propia).

Relevamiento planialtimétrico:

El relevamiento fue realizado por el método de la cuadrícula, los puntos en el lote se marcaron con un banderillero satelital (figura 8), en cada uno de estos puntos se obtuvo el dato de altura con un nivel laser (figura 7), la distancia entre estos fue de 25 metros. Una vez tomados todos los puntos, estos fueron unidos para formar las curvas de nivel mediante interpolación lineal con el programa Quantum Gis (Sutton, T).



Figura 7: Nivel laser utilizado para la toma de datos.



Figura 8: Banderillero utilizado para la marcación de los puntos en el lote.

Una vez obtenidos los datos del lote, con la ayuda del software Surfer (Smith, D & Madison, P) se llevó a cabo la realización de 2 mapas, un mapa en 3D, que genera una vista del relieve del lote y un mapa en 2D con las curvas de nivel, lo siguiente en realizarse, fue el cálculo de todas las pendientes, tanto máximas, como mínimas, para el cálculo de los espaciamientos entre terrazas. En esta etapa se definió la paralelización y/o rectificación del sistema de terrazas.

Diseño de terrazas:

En este trabajo se llevó a cabo un sistema de terrazas de base ancha, también llamadas terrazas cultivables, ya que el diseño de la terraza es lo suficientemente ancho como para ser cultivadas en su totalidad. Para que esto sea posible las terrazas deben tener un ancho de entre 10 y 15 m, distribuido en partes aproximadamente iguales entre canal y bordo, con una relación de taludes de aproximadamente 5 a 8:1 (quiere decir que si la terraza tiene 30 cm de altura, el talud del bordo tendrá entre 1,5 y 2,4 m, con lo cual sólo el bordo ocupa entre 3 y 5 m)(Figura 9). De esta forma se aprovecha

la circunstancia de que un canal con tales especificaciones, es conductor de escorrentías a bajas velocidades.

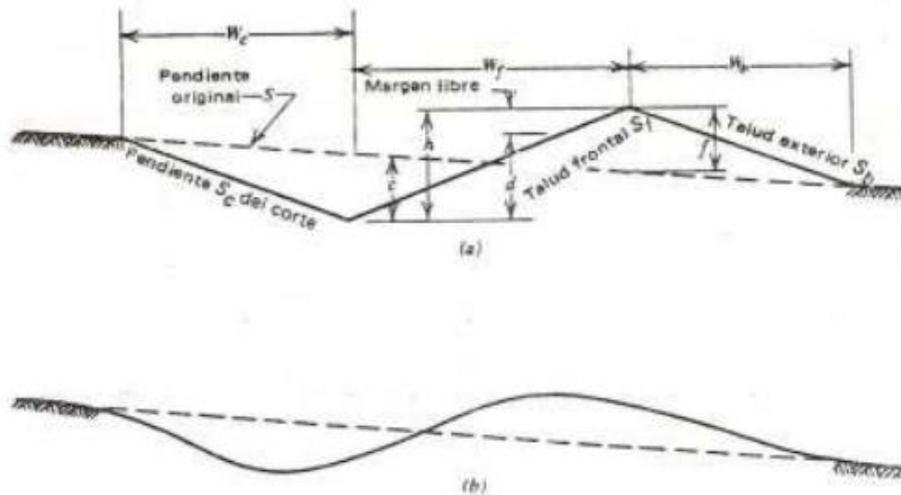


Figura 9: a) Diseño de la sección transversal de una terraza de base ancha. b) Sección transversal de una terraza de base ancha después de 10 años de cultivo. (Cisneros y col, 2012)

Dónde:

w_c es el talud de corte de pendiente

w_f es el talud frontal

w_{des} es el talud exterior.

La sección transversal de una terraza de base ancha, para los propósitos de diseño, puede considerarse como un canal triangular.

La profundidad de la corriente es la altura a la parte superior del camellón menos un margen o bordo libre aproximadamente de 8 cm. Después de suavizarlos, los anchos del fondo del canal y del camellón deberán tener casi 1 m, lo cual dará un corte transversal que se aproxima a la forma de una terraza después de 10 años de cultivo. Al diseñar las secciones transversales, el ancho de la pendiente del frente (w_f) debe ser igual al ancho de la maquinaria que se utiliza para las operaciones de labranza y cultivo.

Cuando los anchos de los taludes laterales son iguales ($w_c=w_f=w_b=W$), los cortes y los rellenos según la geometría son:

$$c + f = h + s W$$

Dónde:

c =corte

f =relleno

h =profundidad del canal incluyendo el margen libre

s =pendiente original del terreno

W =ancho del talud lateral.

El espaciamiento entre terrazas está dado por la distancia horizontal o intervalo horizontal (IH) entre terrazas, que es el otro parámetro de diseño esencial del sistema. El IH se estima bajo el principio que la escorrentía que fluye sobre el terreno entre dos terrazas no alcance velocidad erosiva. Depende por lo tanto de la pendiente del terreno, de las condiciones del suelo y del cultivo que en él se establezca y de las características climáticas del lugar (tipo e intensidad de precipitación). Se denomina intervalo vertical (IV) a la diferencia de altura entre dos terrazas consecutivas. La pendiente del terreno S se relaciona con IH e IV según:

$$IH = \frac{IV * 100}{S}$$

Donde:

IH= intervalo horizontal: Distancia horizontal de separación entre dos terrazas consecutivas, en m.

IV= intervalo vertical: Diferencia en altitud entre dos terrazas adyacentes, en m.

S= pendiente del terreno, en %.

Existen diferentes fórmulas empíricas utilizadas para el cálculo del intervalo vertical (IV), en el trabajo se utilizara la siguiente:

- Servicio de Conservación de suelos del USDA:

$$IV = (a * S + b) * 0,3$$

Donde:

IV = intervalo vertical, en m.

a = 0,4 –0,8 para áreas de altas y bajas precipitaciones respectivamente. Para la región central de Argentina, pueden tomarse valores intermedios.

b= 1 - 4 según características del suelo, cultivo y prácticas de manejo. 1 para condiciones de alto potencial de escorrentía, 4 para condiciones contrarias.

S = gradiente de la pendiente, en porcentaje.

Desarrollo del proyecto de terrazas:

Deben ser trazadas sobre una línea con mínima pendiente para que se produzca la descarga hacia un canal colector. La pendiente debe permitir una velocidad lo suficientemente baja como para que no se produzca erosión del canal y lo suficientemente alta como para que no produzca sedimentación de partículas sobre el mismo. Esto se logra con pendientes que no superen el 0,5 % de gradiente (Cisneros y col, 2012).

Cultivo realizado:

El cultivo fue una soja temprana, grupo de madurez 4, sembrada en la segunda semana de noviembre, a 52 cm entre líneas, en directa sobre rastrojo de Maíz (*Zea maíz*). El cultivo se logró con 290.000 plantas a la cosecha.

Diseño experimental:

Se trabajó con un diseño de 2 bloques, con 5 tratamientos en cada uno. Se busco un lugar en el lote en donde se determino la ubicación de los bloques (como lo determina la figura 10) y de sus respectivos tratamientos (figura 11).

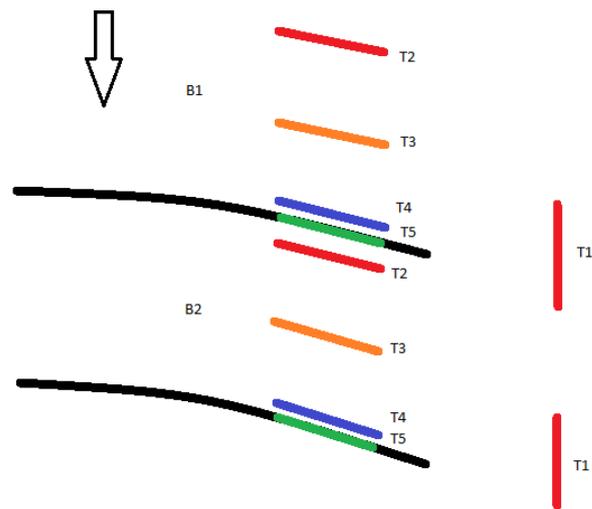
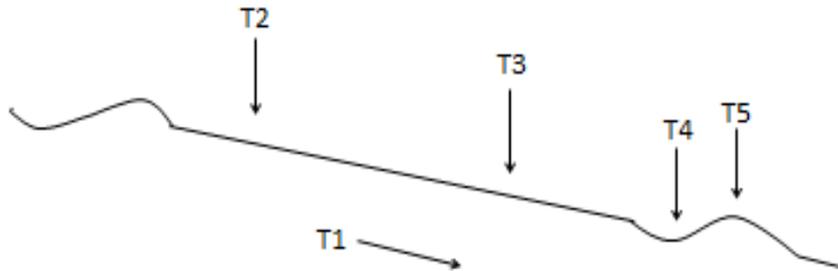


Figura 10: Esquema de ubicación de bloques y tratamientos a campo. Bn: bloque; Tn: Tratamiento; Flecha: dirección de la pendiente (Fuente propia).



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 11: Esquema de ubicación de tratamientos entre dos terrazas consecutivas (Fuente propia).

Evaluaciones:

Se tomaron muestras para determinar el rendimiento en grano del cultivo en cada tratamiento, con 5 repeticiones por cada uno, estas fueron de 1 m² (0.52 * 1.92 m). Se contaron los granos contenidos en cada muestra y por el peso de mil granos se lo llevo a gramos, para luego pasarlo a kg/ha.

Análisis de inversión:

Para tal análisis se tuvo en cuenta los costos de un profesional (Ing. Agrónomo), que se encargó de la realización del relevamiento planialtimétrico y la posterior marcación de las terrazas en el lote. Luego se tuvo en cuenta los costos para la construcción (combustible, empleado, maquinaria) y un costo adicional para realizar un mantenimiento al tercer año de construidas las terrazas.

Datos pluviométricos:

Se cuenta con los registros pluviométricos de la campaña agrícola 2016/2017 del campo y datos de la media histórica (10 años) para la región, con el fin de tener un punto de comparación que permita entender la distribución de las precipitaciones ocurridas en la campaña agrícola.

Peso de mil granos:

Debido a que la toma de muestra se realizó en un estadio anterior a madurez de cosecha, la muestra para determinar el peso de los mil granos se recolectó después de la cosecha, se hizo pasar la cosechadora por el lugar de los tratamientos y luego se extrajo una muestra de esos granos. Se pesó los mil granos con una balanza electrónica para obtener una mejor precisión y el peso que se obtuvo fue de 138 gramos.

Comparación de rendimiento entre tratamientos y entre distintas formas de producción:

Se realizó una comparación entre distintos tratamientos (a favor de la pendiente, curva de nivel posición alta, curva de nivel posición baja, canal de terraza y lomo de terraza), además 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 (curvas de nivel o terrazas) o combinado (curvas de nivel y terrazas) de distintas prácticas.

Análisis estadístico:

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

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 (μ), un efecto de tratamiento (α_i), un efecto de bloque (β_j) y por el efecto de una variable aleatoria (ε_{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)

μ = Media poblacional de la variable dependiente

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

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

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

μ, α_i, β_j = Parámetros del modelo

Resultados y discusión

Diseño y trazado de terrazas

El relevamiento planialtimétrico, que es la primera actividad que se realizó, dio como resultado dos mapas, uno con vista en 3D(Figura 12) y el otro con una vista en 2D (Figura 13), este último es el que se utilizó para el diseño de las terrazas. El mapa en 3D solo sirve para tener una orientación más certera de cómo es el relieve del lote.

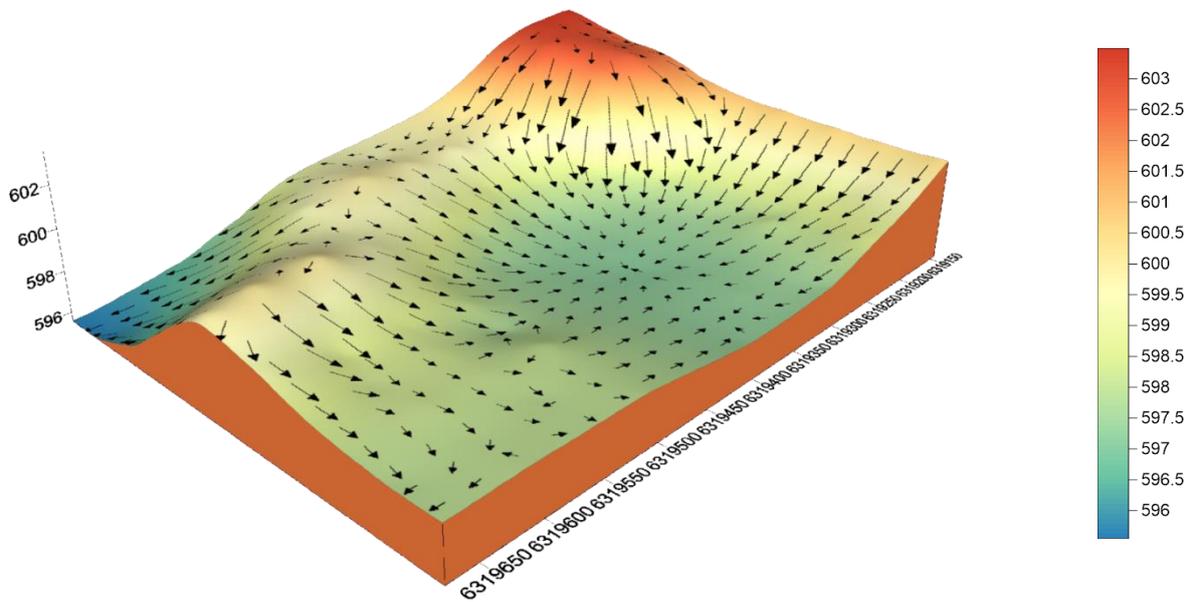


Figura 12: Mapa en 3D, con línea de vectores.

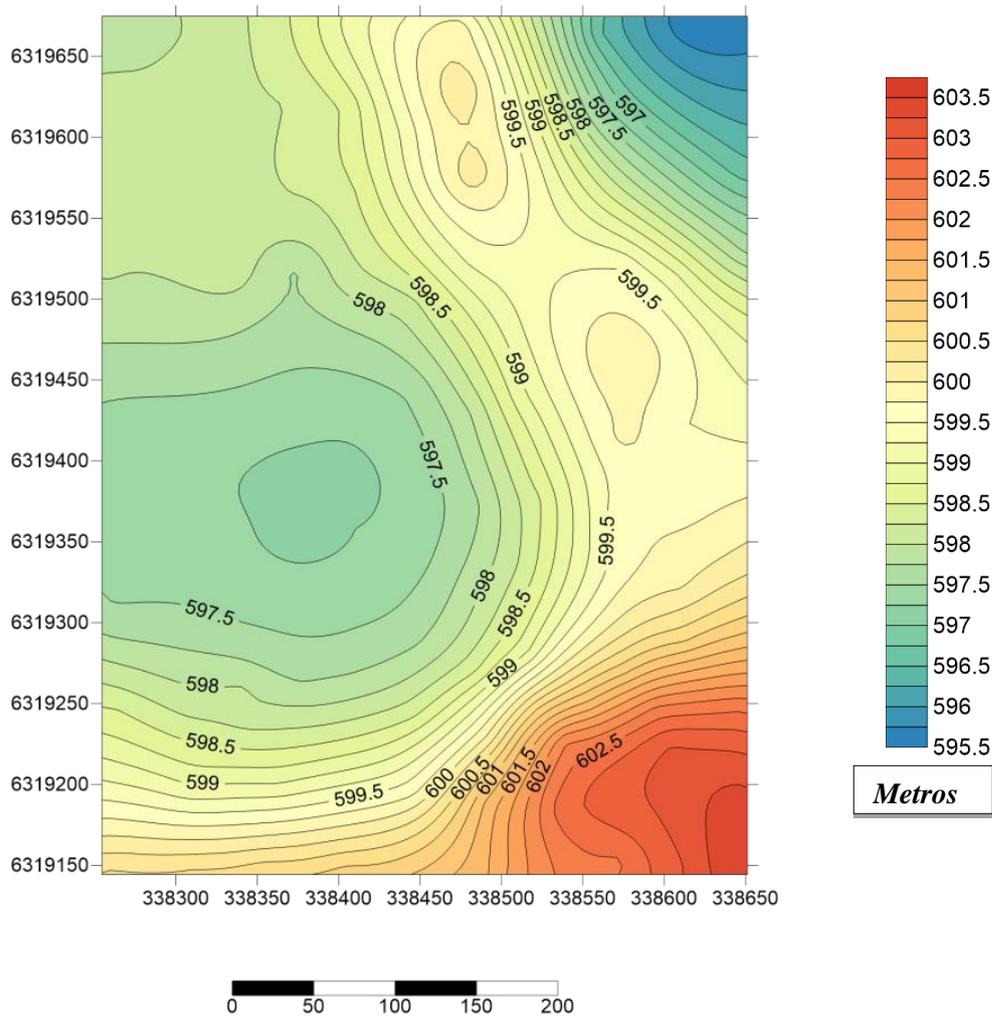


Figura 13: Mapa en 2D y curvas de nivel cada 0.25 m.

Cálculo del espaciamiento horizontal y vertical:

Fueron definidas 3 terrazas madres y a 2 de estas se les fueron construidas terrazas a sus lados, por lo tanto, se necesitaron 2 cálculos de intervalos.

Debido a que las terrazas se realizan paralelizadas, la separación entre estas está relacionada con el ancho de la sembradora (14 surcos a 52,5cm) que se utilizara. Por lo tanto, se realizó el cálculo del IH y luego se definen el número de pasadas del implemento que más se asemeje al IH.

Intervalo de terrazas superior (pendiente 4%):

$$IV = (0,6 * 4 + 3) * 0,3$$

$$IV = 1,62$$

$$IH = \frac{1,62 * 100}{4}$$

IH: 40,5= 6 pasadas de sembradora: **43,68 m.**

Intervalo de terraza inferior (pendiente 3%):

$$IV = (0,6 * 3 + 3) * 0,3$$

$$IV = 1,44$$

$$IH = \frac{1,44 * 100}{3}$$

IH: 48 = 7 pasadas de sembradora: **50,96 m.**

Diseño de las terrazas en papel:

Una vez hecho los cálculos de IH, se procedió al diseño de las terrazas sobre un papel de calcar, utilizando una copia del mapa 2D por debajo, a partir de esto, se fueron dibujando las terrazas, según las especificaciones correspondiente de pendiente e intervalo. Se hicieron 2 diseños posibles y luego se eligió el diseño que mejor facilite los trabajo (siembra y cosecha principalmente) dentro del lote, teniendo en cuenta (mayor cantidad de terrazas paralelizadas, curvas no muy cerradas, evitar giros de maquinarias sobre las terrazas).

Luego en la computadora se paso a marcar las líneas de las terrazas sobre el mapa 2D (Figura 14).

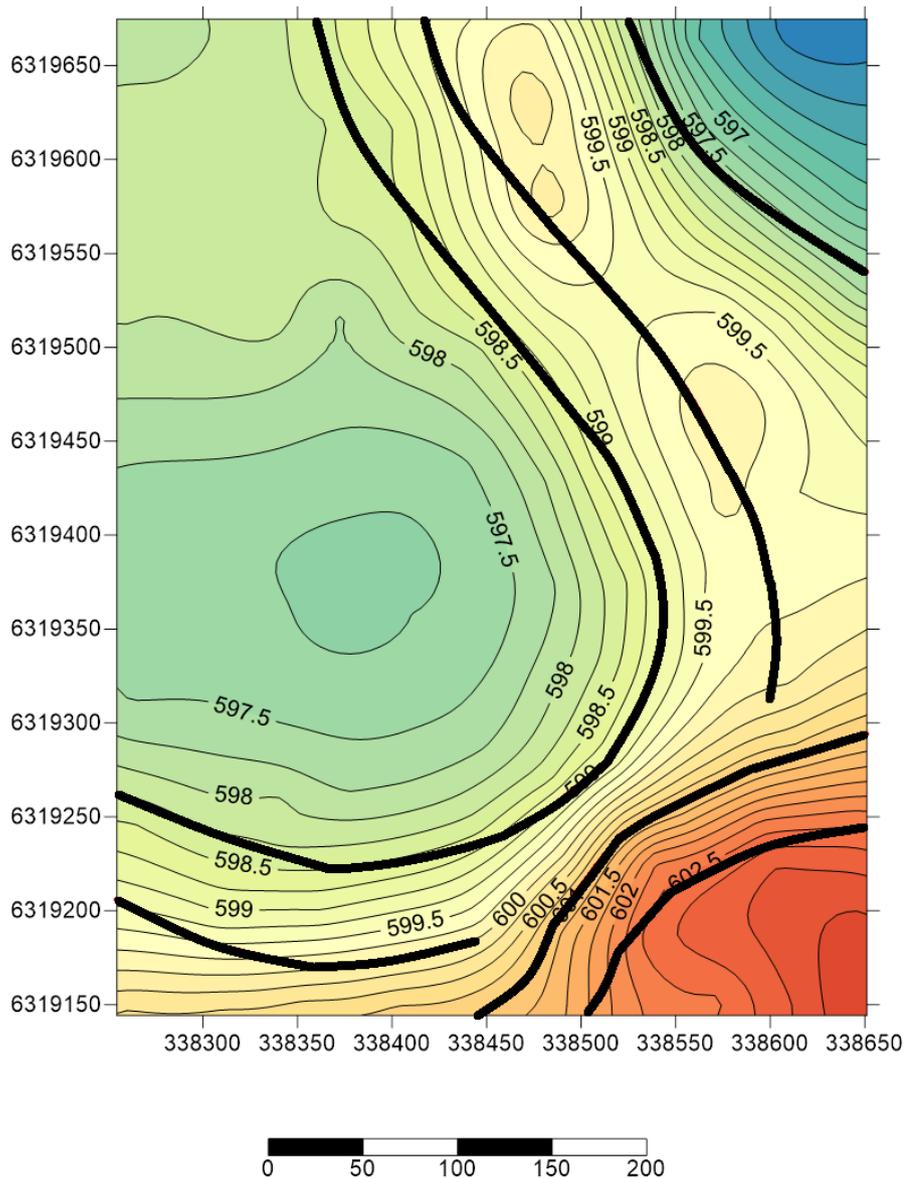


Figura 14: Mapa en 2D, curvas de nivel cada 0.25m y terrazas diseñadas.

Este mapa en 2D con las terrazas marcadas, fue introducido en el programa Quantum Gis para poder tener una guía y poder ir marcando las terrazas en el lote.

Replanteo a campo de las terrazas:

Una vez completado el proyecto en gabinete, la forma en la que se marcaron, fue, ir pasando con una camioneta en la cual estaba la computadora (con el mapa 2D y terrazas dibujadas) y siguiendo cada línea del mapa con dicho vehículo, se iban dejando marcas cada determinada distancia (20m aprox.), para luego pasar a la etapa de construcción. Una vez echa dichas marcar, antes de pasar a la

construcción, se verifico que la pendiente que quedara fuera de 0,3%, esta verificación se realizo con un nivel de anteojo.

Construcción de las terrazas:

Las terrazas fueron construidas con un arado de disco múltiple (figura 17 y 18), con el tractor y el implemento lo que se hizo fue seguir las marcas que habían quedado en el lote, la construcción de las terrazas se baso en ir llevando (subiendo) tierra hacia el centro de la terraza, como se puede apreciar en la figura 15 y 16, esto se hizo por pasadas, ya que una vez que se elevaba la tierra de la primera pasada, se removía otra nueva (Figura 18) más alejada del centro de dichas terrazas.

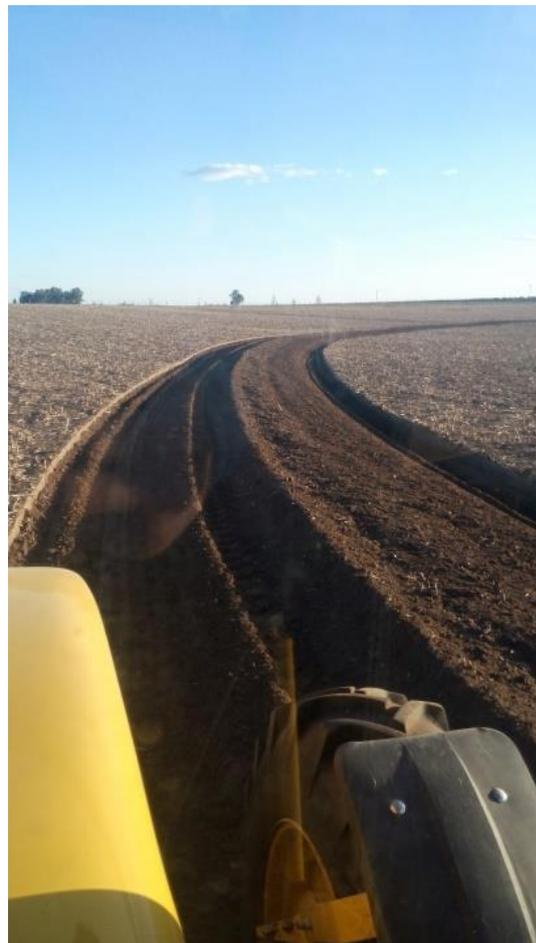


Figura 15: Comienzo de construcción (1er pasada). *Figura 16: Vista desde el tractor.*

La cantidad de pasadas que se removió dependió del ancho de las terrazas que se decidió construir y este estaba relacionado con el tamaño del implemento. Luego de finalizada la construcción fueron compactadas con el mismo tránsito del tractor y la ayuda de un rolo (figura 19), además se utilizó una

doble acción para suavizar y emparejar las finalizaciones de dichas terrazas, como así también los canales de estas (Figura 20 y 21).



Figura 17: Vista del implemento.



Figura 18: Vista del implemento.



Figura 19: Rolo utilizado en la construcción.



Figura 20: Vista del rolado y suavizado del canal.



Figura 21: Vista del rolado y suavizado del canal.

Una vez finalizado los trabajo de rolado y suavizado, se da por finalizada la construcción de las terrazas, como se puede observar en la figura 22.



Figura 22: Lote con terrazas construidas.

Siembra del cultivo:

La siembra (Figura 23) del cultivo de soja se realizó siguiendo las líneas de las terrazas y se dejó un sitio para el testigo, donde el cultivo fue sembrado a favor de la pendiente.



Figura 23: Siembra siguiendo la línea de la terraza.

Precipitaciones durante el ciclo del ensayo:

La campaña 2016/2017, como se puede observar en la figura 24 se caracterizó por un comienzo con mucha precipitación, ya que en octubre se registraron 145 mm, los meses que vinieron después no siguieron con esa tendencia, las lluvias fueron menores y más erráticas, llegando a diciembre con problemas de stress hídrico. La precipitación acumulada del año (abril 16/ abril 17) fue de 788 mm; Esta precipitación estuvo por debajo de la media registrada de los últimos 10 años que fue de 852.2 mm.

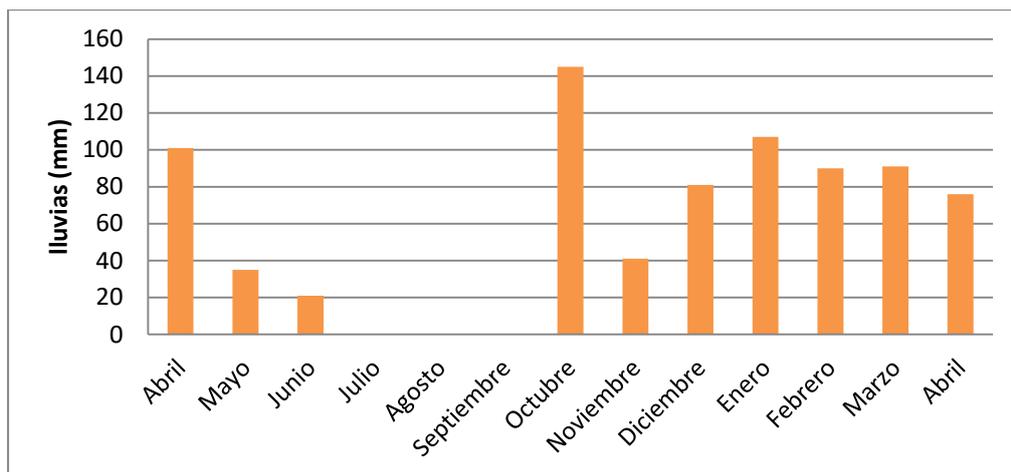


Figura 24: Registro de lluvia de la campaña 16/17.

Como se aclaró anteriormente, el cultivo en la campaña 16/17 estuvo expuesto a precipitaciones por debajo de la media, en la figura 25 se puede observar la media de los últimos 10 años y las lluvias del año 2016, que ya eran menores.

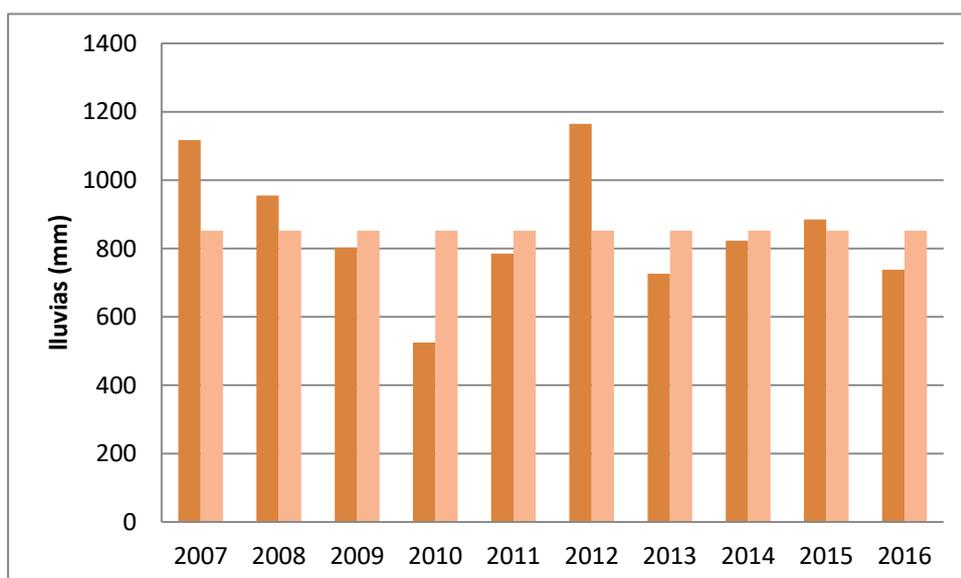


Figura 25: Lluvia anual y la media para 10 años.

Rendimiento del cultivo:

En la tabla 2 podemos observar la diferencia de rendimientos entre los distintos tratamientos, aun así, el análisis de la varianza del rendimiento medio para los distintos tratamientos(Cuadro 1 del anexo) arroja que no hay diferencias significativas entre estos.

Tabla 2: Rendimiento en granos del cultivo de soja en función de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento medio (Kg/Ha)	Porcentaje (%)
A favor de la pendiente (T1)	1621,5	100
Curvas de nivel posición alta (T2)	1558,05	96,08
Curvas de nivel posición baja (T3)	2087,9	128,7
Canal de terrazas (T4)	1551,5	95,68
Lomo de terrazas (T5)	1876,05	115,7

Comparación del rendimiento del testigo (T1) vs (T2 y T3)

Se puede observar en la tabla 3 que hay 201,4 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 12,4% en comparación a la siembra a favor de la pendiente.

Tabla 3: 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	Porcentaje (%)
A favor de la pendiente (T1)	1621,5	1621,5	100
Curvas de nivel posición alta (T2)	1558,05	1822,9	112,4
Curvas de nivel posición baja (T3)	2087,9		

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

Como se puede observar en la tabla 4, se encontró que el conjunto de sistematización, más siembra en curvas a nivel tuvo un incremento de 146.9 kg/hamas de rinde, con respecto a la siembra a favor de la pendiente, lo que representa un 9% de incremento respecto al testigo (T1).

Tabla 4: Comparación de rendimiento de granos en distintas formas de producción.

Tratamiento	Rendimiento Medio del tratamiento (Kg/Ha)	Rendimiento medio de los tratamientos	Porcentaje (%)
A favor de la pendiente (T1)	1621,5 A	1621,5	100
Curvas de nivel posición alta (T2)	1558,05 A	1768,4	109,05
Curvas de nivel posición baja (T3)	2087,9 A		
Canal de terrazas (T4)	1551,5 A		
Lomo de terrazas (T5)	1876,05 A		

Análisis de Inversión

Para la realización de este proyecto se contó con el asesoramiento de un ingeniero agrónomo.

El proyecto de las terrazas se puede dividir en 2 partes, una en la cual se hace un relevamiento planialtimétrico y el posterior diseño de las terrazas, y otra parte en donde se lleva a cabo la construcción de las mismas.

En la primera etapa el Ing. Agrónomo hizo el relevamiento del lote, una vez obtenidos los datos realizó un mapa en 2D con curvas de nivel sobre el cual se definió el diseño de las terrazas. Esta etapa tiene un costo de 2QQ por hectáreas. La segunda etapa que es la construcción de las terrazas, fueron hechas por el mismo productor, utilizando un tractor y un arado múltiple. Para poder dar una estimación de los contos se hicieron los siguientes cálculos:

Costo de la construcción (precios tomados en el mes de octubre de 2017):

-Total de combustible utilizado: 400l.

-Duración del trabajo: 6 días (Jornada de 8 horas).

-Pago de empleado por día: \$1000.

-Ganancia para el dueño de la maquinaria: 30%

Resultado: $-400\text{ltrs} \times \$19/\text{l} = \7600

$-6 \text{ días} \times \$1000 = \6000

$\$13600 \times 30\% = \$4080 + \$13600 = \17680

Costo del profesional:

$1q = \$440$

$2 \times \$440 = \$880/\text{ha.} \times 22\text{ha} = \19360

Total de gasto:

$\$17680 + \$19360 = \$37040$

Además del gasto de construcción, hay que tener en cuenta un costo adicional que se generará al tercer año, que será por mantenimiento, el cual se calculó un gasto de:

1 día de trabajo (empleado): \$1000 30% (ganancia dueño de la maquina)

50lt de combustible x \$19/l: \$950

$\$1000 + \$950 = \$1950 \times 30\% = \2535

Del total del lote sistematizado, que comprende 22 ha, la superficie ocupada por terrazas es de 5,5 ha. A continuación (tabla 5) se calculará el recupero de la inversión de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se tiene en cuenta el costo de la construcción que fue de \$37040 y se le agrega \$2535 del mantenimiento al tercer año, todo esto detallado anteriormente.

Además, se contempla un rinde promedio de la zona a lo largo de los años de 2500 kg/ha y un aumento del rinde que comienza en 9% (resultado del trabajo) y va hasta el 20% de aumento en el año 7 (Blaquier, A. 2007).

Se toma un precio de la soja de \$3200 (descontando gastos de flete y comercialización).

Tabla 5: Proyecto de inversión.

proyecto de terrazas de desagüe										
FLUJO DE FONDOS										
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	Acumulado 7 años	
Ingresos		3.960	4.840	5.720	6.600	7.480	8.360	8.800	45.760	
									0	
									0	
Total de ingresos		3.960	4.840	5.720	6.600	7.480	8.360	8.800	45.760	
Egresos				2.535					2.535	100%
									0	0%
									0	0%
									0	0%
									0	0%
									0	0%
Total erogaciones		0	0	2.535	0	0	0	0	2.535	100%
Total de inversiones	37.040								37.040	
Saldo financiero	-37.040	3.960	4.840	3.185	6.600	7.480	8.360	8.800	6.185	

Se realizó un análisis sin tener en cuenta el costo de oportunidad, debido a que las terrazas ya fueron construidas, por lo tanto, no hace falta tener en cuenta el VAN porque no se va a hacer una comparación de inversiones posibles.

Como se puede observar en la tabla 6, se pudo determinar que el proyecto es rentable a una tasa de 3,5 % y que el recupero de la inversión se genera en el año 6, dando un saldo financiero positivo en el año 7 de \$6185.

Tabla 6: criterios y resultados de la evaluación.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	
Tasa rentabilidad % costo de oportunidad	0%
	Sin financiamiento
Inversión en capitales propios	-37.040
Beneficio sin costo oportunidad \$ en 7 años	6.185
Beneficio con costo oportunidad \$ en 7 años VAN	6.185
Rentabilidad promedio anual capitales propios TIR	3,5%
Período de recupero en años PR sin costo de oportunidad	6,00
Período de recupero en años PR con costo de oportunidad	6,00

Discusión y Resultados

El año fue muy propicio para una evaluación con terrazas, ya que en los meses de verano las lluvias no fueron abundantes y se pudo observar el trabajo que realizan las terrazas en la captación del agua de lluvia

Cuando se analizaron estadísticamente los resultados, estos no dieron diferencias significativas, sin embargo, si hubo un aumento del rendimiento, lo que implica de que hubo una influencia de las terrazas.

El aumento del rinde fue de un 12,4% para la siembra en curvas de nivel y de un 9% para el conjunto de las terrazas, similares resultados fueron obtenidos en otro trabajo en la localidad de Gigena, provincia de Córdoba (Giacardi, 2015), este aumento del rendimiento, se le atribuye a la captación del agua de lluvia generada por las terrazas.

Cabe destacar que la construcción de las terrazas fue hecha ese mismo año, por lo cual estas no estaban estabilizadas, una de las cosas que se observaron a campo fue el lento crecimiento del cultivo en el canal de las terrazas (figura 26 y 27), debido a la gran remoción de suelo. Por lo tanto es de esperar que a futuro, se produzca una estabilización de las terrazas, lo cual mejore los resultados observado en este trabajo.



Figura 26: Diferencias en crecimiento del cultivo según la ubicación en la terraza.



Figura 27: Diferencias en crecimiento del cultivo según la ubicación en la terraza.

Otro efecto observado a campo, pero no incluido en el estudio de este trabajo, fue ver como las terrazas dirigían el agua, posiblemente evitando la remoción de rastrojo durante una lluvia intensa, otro de los efectos es el mantenimiento de la humedad que había en la zona del canal (figura 28), debido a la concentración de agua que este mismo producía.



Figura 28: Aumento de la humedad del suelo en la zona del canal.

En cuanto a los resultados económicos, los datos arrojados por el proyecto de inversión son positivos, teniendo un saldo positivo en el 7° año. Esto es importante entender para saber que los resultados de la inversión no son a corto plazo y hay que tener una visión más al largo plazo.

Conclusión

Se concluye que la utilización de esta técnica es técnicamente factible, no genera depresión del rendimiento y en cambio, generaría un aumento del rinde.

Debido al escaso tiempo transcurrido desde su construcción se observó depresión del rinde en el canal, debido a la falta de estabilidad de este.

El aumento del rinde que se observó, fue de un 12,4% para la siembra en curvas de nivel y de un 9% para el conjunto de la terraza, todo esto en comparación con la siembra a favor de la pendiente. Son resultados positivos, por lo tanto, se aceptan la hipótesis del trabajo.

Desde el punto de vista económico, se determinó que son rentables, y el tiempo que debe transcurrir para recuperar el dinero invertido es de 6 años.

Para finalizar, aunque no es parte de este trabajo, cabe destacar que es una inversión que no solo se la puede ver desde un punto de vista económico. Hay que contemplarla desde una visión más conservacionista, ya que, si los primeros años no genera un beneficio económico, aun así, se estaría protegiendo el suelo de la degradación y con eso se cuidaría el sistema de producción.

Bibliografía

- Blaquier, A. 2007. Agricultura que suma. Argentina: La Nación. Recuperado de <http://www.lanacion.com.ar/948202-agricultura-que-suma>.
- Casas, R; Gil, R; Irurtia, C; Michelena, R; Mom, R; Noailles, E; Veiga, A; Di Giacomo, R. 2008. El suelo y su conservación. INTA. Castelar, Argentina. Pp15.
- 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; Cholaky, C; Cantero, A; Gonzales, J; Reynero, M; Diez, A; Bergesio, L. Cantero, J; Nuñez, C; Amuchastegui, A. Degioanni, A. 2012. Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo. UniRio. Rio Cuarto, Argentina. Pp 149
- Cisneros, J. Degioanni, A. Diez, A. Bergesio, A. Cantero, A. González, J. Canale, A. y Montesano, A. 2012. Inundación, anegamiento y erosión de tierras en el sur este de Córdoba. Pp 2, 14.
- Cisneros, J.M. 2015. Degradación de las tierras en la región: ambiente, tecnología, producción y sociedad.
- 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.
- FAO 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín Tierras y Aguas 8 Roma.
- Gaitán, J; Navarro, M; Vuegen, L; Pizarro, M; Carfagno, P; Rigo, S. 2017. Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. INTA. Buenos Aires, Argentina Pp 4
- Giacardi, M. 2015. Efecto combinado de curvas de nivel y terrazas sobre la producción de soja y maíz. Rio Cuarto, Argentina.
- <https://es.climate-data.org/location/144659/>
- Linares, C; Garcia, M. 2004. Uso, manejo y conservación de suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba.

- Michelena, R; Mon, R.2010. El cultivo en contorno, una práctica para la conservación del suelo y del agua. Argentina:Agrolluvia. Recuperado de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/Informes-El-cultivo-en-contorno-una-pr%C3%A1ctica-para-la-conservaci%C3%B3n-del-suelo-y-del-agua.pdf>.

-Pereyra, F; Crusta, L, 2015, Prevenir antes que curar: el plan de La Margarita para el manejo del agua. Argentina:Agrovoz. Recuperado de <http://agrovoz.lavoz.com.ar/la-voz-del-campo/prevenir-antes-que-curar-el-plan-de-la-margarita-para-el-manejo-del-agua>.

- Smith, D; Madison, P, 1985. Golden software.

-Wischmeier, W.H. y D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Research Service. Handbook.

-Zupan, E. Cordoba Forestal. <http://cordobaforestal.blogspot.com.ar/p/informacion-tecnica.html>

Anexo

Cuadro 1: Anova y comparación de medias de rendimiento en granos de Soja de todos los tratamientos.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	10	0,32	0,00	25,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	444213,77	4	111053,44	0,59	0,6876
Tratamiento	444213,77	4	111053,44	0,59	0,6876
Error	947475,55	5	189495,11		
Total	1391689,32	9			

Tratamiento	Medias n	E.E.
t4	1551,80	2 307,81 A
t2	1558,05	2 307,81 A
t1	1621,50	2 307,81 A
t5	1876,05	2 307,81 A
t3	2087,90	2 307,81 A

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

Cuadro 2: Anova y comparación de medias de rendimiento en granos de Soja entre T1 vs (T2 y T3) y T1 vs (T2 a T5)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	6	0,09	0,00	22,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43431,10	2	21715,55	0,15	0,8681
Tratamiento	43431,10	2	21715,55	0,15	0,8681
Error	439239,17	3	146413,06		
Total	482670,27	5			

Tratamiento	Medias n	E.E.
t1	1621,50	2 270,57 A
t2a5	1768,45	2 270,57 A
t2y3	1822,95	2 270,57 A

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