



Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

MADEZAS



Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de Ciencias Agrarias

Evaluación Económica del Cultivo de Anís
(*Pimpinella anisum* L.) bajo diferentes estrategias
de riego en el departamento
Valle Viejo, Catamarca. Argentina.

Tesis presentada para optar al título de Magíster
en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas
de la Universidad Nacional de Catamarca

Maestrando

Ing. Agr. Francisco Andrés Villalobo

Director

Ing. Agr. (Mgter.) Marcelo Assan

Catamarca, Argentina, 2022



Maestría en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas

MADEZAS



Universidad Nacional de Catamarca

Facultad de Ciencias Agrarias

**“Evaluación Económica del Cultivo de Anís
(*Pimpinella anisum* L.) bajo diferentes
estrategias de riego en el departamento
Valle Viejo, Catamarca. Argentina”**

Maestrando:

Ing. Agr. Francisco Andrés Villalobo

Director:

Ing. Agr. (Mgter.) Marcelo Assan

Codirector:

Ing. Agr. (Mgter.) Francisco Murúa Carrizo

2022

Evaluación económica del cultivo de anís - Pimpinella
anisum L. bajo diferentes estrategias de riego en el
Departamento Valle Viejo, Catamarca - Argentina

Francisco Andrés Villalobo

Villalobo, Francisco Andrés

Evaluación económica del cultivo de anís -Pimpinella anisum L. bajo
diferentes estrategias de riego en el Departamento Valle Viejo,
Catamarca, Argentina / Francisco Andrés Villalobo. - 1a ed. - Catamarca :
Editorial Científica Universitaria de la Universidad Nacional de Catamarca,
2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-661-456-6

1. Agronomía. I. Título.
CDD 635.90982

ISBN: 978-987-661-456-6

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

E.C.U. 2023

Avda. Belgrano 300 - Pab. Variante I - Planta Alta - Predio
Universitario - San Fernando del Valle de Catamarca - 4700 -
Catamarca - República Argentina

Prohibida la reproducción, por cualquier medio mecánico y/o electrónico, total o parcial
de este material, sin autorización del autor.

Todos los derechos de autoría quedan reservados por el autor.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi tío Aníbal, sus consejos de campo y vida me condujeron a poder idear, llevar a cabo y concluir este trabajo. A mis padres quienes me apoyaron y alentaron para continuar, cuando parecía que me iba a rendir. A mi director y amigo Marcelo quien nunca desistió enseñarme, aun sin importar las constantes consultas fue continuando y depositando su esperanza en mí.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las dedico por su apoyo incondicional.

Agradecimientos

A Dios Nuestro Señor y a la Virgen del Valle por su fuerza divina que me llevó a estar donde estoy hoy en día.

A mi tío Aníbal por su incansable acompañamiento día y noche para llevar a cabo este trabajo.

A mi Jefe de Cátedra Ing. Agr. Eduardo Ulla, por sus aportes para mi Trabajo Final y por darme la oportunidad de formar parte de su equipo docente.

A mi Director Mgter. Esp. Ing. Agr. Marcelo Assan y Codirector Mgter. Francisco Murúa por su acompañamiento y dedicación.

A mi Familia por brindarme siempre su apoyo permitiéndome, en forma libre y sin presiones, desarrollarme profesionalmente.

A la Asociación Cooperadora San Isidro Labrador en especial a Mario Torres y Ricardo Zamora por su ayuda en el laboreo del suelo y la realización del cultivo.

A Ana Alurralde, Carlos Curchod y Olga Pernasetti y todo el personal responsable del laboratorio de suelo de la Facultad por los análisis de suelo y agua utilizados en el ensayo, y por las recomendaciones correspondientes. A la cátedra de Bioestadística y en especial a la Profesora Norma Rodríguez y Sebastián Bustos.

A Florencia Gonzáles por su incansable labor para cumplir con los requisitos de la maestría.

A mis amigos quienes estuvieron presentes: Hugo Villalobo, Leonel Pizano, Pablo Gervasoni, Carlos Palmieri, Ángel Miranda, Juan Ramón Sequi, José Plaza, Horacio Andrada, Maximiliano Isi, Lucas Barros, Juan Laborde, Mile Gramaglia, Nacho Valles, Cobi Vries, Euge Novillo, Adolfo Navarro, Gabi Denett y Bernardo Chayle.

Manifiesto mi reconocimiento a las Autoridades, Personal Administrativo y Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Catamarca.

Declaración

Declaro que el material incluido en esta tesis es presentado como parte de los requisitos para optar el grado académico de Magíster en Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas de la Universidad Nacional de Catamarca, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DECLARACIÓN	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS.	XI
SIGLAS UTILIZADAS.....	XII
1 RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
2 INTRODUCCIÓN	1
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE CATAMARCA.	2
2.2.1 <i>Regiones Naturales.</i>	2
2.2.2 <i>Producción Agropecuaria en la provincia de Catamarca.</i>	3
2.2.3 <i>El Riego en la Provincia de Catamarca.</i>	4
2.2.3.1 <i>Importancia del Riego.</i>	4
2.2.4 <i>Administración de agua.</i>	4
2.2.5 <i>El cultivo de Anís en Catamarca.</i>	4
2.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.	5
2.4 HIPÓTESIS.	7
2.5 OBJETIVOS.	7
2.5.1 <i>Objetivo general.</i>	7
2.5.2 <i>Objetivos específicos.</i>	7
3 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	8
3.1 RIEGO.	8
3.1.1 <i>Los requerimientos hídricos de los cultivos.</i>	8
3.1.2 <i>Influencia del clima en las necesidades de agua de los cultivos.</i>	8
3.1.3 <i>Influencia del tipo de cultivo sobre sus necesidades de agua.</i>	8
3.1.4 <i>Influencia de la fenología de un cultivo en sus necesidades de agua.</i>	9
3.1.5 <i>El riego en los cultivos.</i>	9

3.1.6 La evapotranspiración de los cultivos.	9
3.1.7 Evapotranspiración de referencia (ET _o).	11
3.1.8 Coeficiente del Cultivo (K _c).	11
3.1.8.1 Factores que determinan el coeficiente del cultivo (K _c).	12
3.1.9 Respuesta de los cultivos a diferentes volúmenes de agua.	13
3.1.10 Requerimiento hídrico del cultivo (IRReq).	14
3.1.10.1 Software “CROPWAT 8.0”	14
3.1.11 Tecnología de riego por goteo.....	15
3.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA.	15
3.2.1 Escasez.	16
3.3 EL CULTIVO DE ANÍS.	18
3.3.1 Centro de origen.....	18
3.3.2 Sistemática.	18
3.3.3 Morfología.....	18
3.3.3.1 Fenología del cultivo de anís.....	19
3.3.4 Importancia Socioeconómica.	19
3.3.4.1 Antecedentes históricos productivos.	19
3.3.4.2 Importancia social.	20
3.3.4.3 Zonas productivas en el país.....	21
3.3.4 Agroecología del cultivo.	21
3.3.4.1 Clima.	21
3.3.4.2 Suelo.	21
3.3.5 Manejo del Cultivo.....	21
3.3.5.1 Preparación del suelo.....	21
3.3.5.2 Semillas.	22
3.3.5.3 Siembra.	22
3.3.5.4 Fertilización.	23
3.3.5.5 Riego.	23
3.3.5.6 Sanidad Vegetal.....	23
3.3.5.6.1 Malezas.....	23
3.3.5.6.2 Plagas.	24
3.3.5.6.3 Enfermedades.	24
3.3.5.7 Cosecha.....	24
3.3.5.7.1 Parte Útil.....	25
3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	25
3.4.1 Factores de la producción de la explotación agropecuaria.	25
3.4.2 Indicadores de resultados económicos de la actividad.	27

3.4.3 <i>Análisis de factibilidad de un proyecto de inversión.</i>	27
4 MATERIALES Y MÉTODOS	29
4. 1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO.	29
4.1.1 <i>Área de estudio.</i>	29
4.1.2 <i>Características climáticas de la zona.</i>	31
4.1.3 <i>Características del suelo y el agua en el área de estudio.</i>	31
4.1.3.1 Características del suelo.	31
4.1.3.2 Características de agua para riego.	31
4.1.4 <i>Parcelas demostrativas.</i>	32
4.1.4.1 Parcela demostrativa de Riego por goteo.	32
4.1.4.1.1 Tratamientos.	32
4.1.4.2 Parcelas demostrativas de Riego por surco.	32
4.1.5 <i>Manejo agronómico del cultivo.</i>	32
4.1.5.1 Preparación del terreno.	32
4.1.5.2 Semillas.	33
4.1.5.2.1 Tratamiento de semillas.	33
4.1.5.3 Siembra.	33
4.1.5.4 Acondicionamiento de los métodos de Riego.	33
4.1.5.4.1 Riego por goteo.	33
4.1.5.4.2 Riego por surco.	33
4.1.5.5 Desmalezado.	34
4.1.5.6 Tratamientos sanitarios.	34
4.1.5.7 Manejo del Riego.	34
4.1.5.8 Fertilización.	34
4.1.5.9 Cosecha.	34
4.1.5.10 Parte útil del cultivo.	35
4.1.5.11 Procedimiento de evaluación de rendimientos agronómicos.	35
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO N°1.	36
4.2.1 <i>Análisis Estadístico de los rendimientos del sistema de riego por goteo.</i>	36
4.2.1.1 Supuestos del Análisis.	36
4.2.1.2 Suposiciones necesarias para un análisis de variancia de los datos.	36
4.2.1.3 Restricciones necesarias para un análisis de variancia de los datos.	36
4.2.1.4 Prueba de los supuestos en forma gráfica y analítica e hipótesis puestas en juego.	37
4.2.1.4.1 Independencia de errores.	37
4.2.1.4.2 Supuesto de Normalidad.	37
4.2.1.4.3 Supuesto de Homogeneidad.	37
4.2.1.5 Análisis de la varianza.	37

4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO N°2.	38
4.3.1 Metodología de cálculo de indicadores económicos ex post de las distintas estrategias de riego.	38
4.3.2 Análisis de factibilidad económica de un proyecto de inversión.	39
4.3.2.1 Parámetros.	39
4.3.2.1.1 Valor Actual Neto.	39
4.3.2.1.2 Flujo de Caja.	40
4.3.2.1.3 Tasa de descuento o de actualización.	40
4.3.2.1.4 Inversión.	40
4.3.2.1.5 Horizonte de evaluación del proyecto.	40
4.3.2.1.6 Tasa Interna de retorno.	40
4.4 OBJETIVO ESPECÍFICO N°3.	41
4.4.1 Ensayo experimental: Producción de Anís con distintos tipos de riego en distintos niveles.	41
4.4.1.1 Tratamientos	41
4.4.1.2 Método de Riego por goteo.	41
4.4.1.3 Manejo del riego.	42
4.4.1.3.1 Determinación de la evapotranspiración del cultivo Etc.	42
4.4.1.3 Monitoreo de la humedad del suelo.	44
4.4.2 Función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.	44
4.4.3. Determinación de los umbrales de rentabilidad del agua y cultivo en situación de escasez hídrica.	45
4.4.3.1 Ingreso Marginal.	45
4.4.3.2 Costo Marginal del Riego.	45
4.5 OBJETIVO ESPECÍFICO N°4.	46
4.5.1 Determinación de la Eficiencia de Aplicación.	46
5 RESULTADOS DEL ENSAYO.	47
5.1 COMPARAR LOS RENDIMIENTOS COMERCIALES DE ANÍS ENTRE EL MÉTODO DE RIEGO TRADICIONAL POR SURCO Y EL MÉTODO POR GOTEO CON SUS DISTINTOS TRATAMIENTOS.	47
5.1.1 Evaluación de los rendimientos del método de riego por goteo.	47
5.1.2 Análisis estadísticos de los datos.	47
5.1.2.1 Análisis Exploratorio.	47
5.1.2.2 Prueba de los supuestos en forma gráfica y analítica.	48
5.1.2.2.1 Independencia de errores.	48
5.1.2.2.2 Supuesto de Normalidad.	48
5.1.2.2.3 Supuesto de Homogeneidad.	49
5.1.2.3 Análisis de la varianza.	50

5.1.2.4 Test para probar diferencia de rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de anís para las diferentes dotaciones de riego.	51
5.1.3 Evaluación de los rendimientos del método de riego por surco.	52
5.1.4 Comparación de los rendimientos de las distintas estrategias de riego utilizados. ...	52
5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ECONÓMICOS DE LAS ALTERNATIVAS DEL RIEGO.	52
5.2.1. El costo del riego.	52
5.2.2 Costo de la inversión.	53
5.2.3 Gastos directos.	54
5.2.4 Ingresos brutos.	55
5.2.5 Indicadores de resultados económicos.	55
5.2.6 Resultados de las evaluaciones del proyecto de inversión según las diferentes estrategias de riego.	56
5.2.7 Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua.....	56
5.3 RESULTADO DE LA FUNCIÓN DE RENDIMIENTO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ANÍS, PARA INFERIR LA OPTIMIZACIÓN DE USO EFICIENTE DEL AGUA.....	58
5.3.1 Determinación de la evapotranspiración del cultivo ETc.	58
5.3.2 Monitoreo del contenido de hídrico del suelo.	59.....
5.3.3 Lámina de riego aplicada en cada tratamiento.	62
5.3.4 Función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.	64
5.3.5 Productividad marginal del agua.....	65
5.3.6 Ingreso Marginal del agua de riego.	65
5.4 COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA ENTRE LOS MÉTODOS DE RIEGO TRADICIONAL POR SURCO CON EL MÉTODO POR GOTEO Y SUS DISTINTOS TRATAMIENTOS.	67
5.4.1 Cálculo de la eficiencia del uso del agua (EUA).	67
6 DISCUSIÓN.....	68
6.1 COMPARAR LOS RENDIMIENTOS COMERCIALES ENTRE EL MÉTODO DE RIEGO TRADICIONAL POR SURCO Y EL MÉTODO POR GOTEO CON SUS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS.	68
6.2 ANALIZAR LOS RESULTADOS ECONÓMICOS DE LAS ALTERNATIVAS DEL RIEGO.	68
6.3 OBTENER LA FUNCIÓN DE RENDIMIENTO DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ANÍS, PARA INFERIR LA OPTIMIZACIÓN DE USO EFICIENTE DEL AGUA.	70
6.4 COMPARAR LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA ENTRE LOS MÉTODOS DE RIEGO TRADICIONAL POR SURCO CON EL MÉTODO POR GOTEO Y SUS DISTINTOS TRATAMIENTOS. Y CUANTIFICAR CON ELLO, LA LIBERACIÓN DE AGUA PARA OTRA FINALIDAD.	71
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

9. ANEXOS	80
9.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL.....	80
9.2 UBICACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL.....	81
9.3 ESQUEMA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL	82
9.4 ANEXO ESQUEMA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL	83
9.5. ANEXO EQUIPO DE RIEGO, EVALUACIONES	84
9.5.1 Anexo Evaluación del equipo de riego (caudal)	84
9.5.2 Anexo Evaluación de Uniformidad de Riego por Goteo Lectura de Punto de muestreo	85
9.6 ANEXO: CUADRO TARIFARIO	92
9.7 ANEXO: EVAPOTRANSPIRACIÓN	93
9.7.1 Anexo: Evapotranspiración diaria	93
9.7.2 Anexo: Evapotranspiración diaria	94
9.8 ANEXO: DISEÑO DE EQUIPO DE RIEGO POR GOTEO PARA UNA HECTÁREA	95
9.9 ANEXO: FLUJO DE FONDOS	96
9.9.1 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T1	96
9.9.2 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T2	97
9.9.3 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T0	98
9.9.4 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T3	99
9.9.5 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el método de riego por surco.....	100
9.10 ANEXO: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL VAN.....	101
9.10.1 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua Tratamiento n°2	101
9.10.2 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el Tratamiento n°0	102
9.10.3 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el Tratamiento n°3	103
9.10.4 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el método por surco	104
9.10.5 Anexo: Costo de riego, a partir del costo de energía eléctrica, y del agua.....	105
9.11 ANEXO: ANÁLISIS DE SUELO Y AGUA.	

9.11.1 Anexo: Análisis de agua.....	106
9.11.2 Anexo: Análisis de suelo	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rendimientos comerciales en kg.ha ⁻¹ de anís con distintas dotaciones de agua de riego.	47
Tabla 2 Valores de Shapiro-Wilks para el rendimiento de 4 tratamientos de riego	48
Tabla 3 Tabla de Prueba de Homogeneidad Analítica: Levene (RABS/tratamientos).....	49
Tabla 4 Tabla de análisis de la varianza para el rendimiento comercial de grano maduro y seco en kg.ha ⁻¹ de anís con distintas dotaciones de agua de riego.....	50
Tabla 5 Tabla de Test: LSD Fisher	51
Tabla 6 Costo de riego, a partir del costo de energía eléctrica y del agua.	53
Tabla 7 Costo de la inversión en el equipo de riego y estanque (Cfe).....	53
Tabla 8 Costo fijo de funcionamiento, incluye el interés del capital gastado (CFf) Riego por goteo	54
Tabla 9 Costo fijo de funcionamiento, incluye el interés del capital gastado (CFf) Riego por surco	54
Tabla 10 Costo de producción de una hectárea	55
Tabla 11. Ingresos por venta del producto obtenido en cada Tratamiento	55
Tabla 12 Indicadores de resultado económico de cada tratamiento	56
Tabla 13. Indicadores de rentabilidad de VAN y TIR de cada método y tratamiento.....	56
Tabla 14 Precios umbrales del agua a partir del cual el VAN se hace positivo en las distintas estrategias.....	57
Tabla 15 Valores mensuales estimados de evapotranspiración de referencia ETo, y del cultivo de referencia ETc (mm).....	58
Tabla 16 Contenido gravimétrico de humedad de cada uno de los tratamientos	60
Tabla 17 Contenido gravimétrico de humedad de cada tratamiento	61
Tabla 18 Tiempo de riego y lámina acumulada en cada tratamiento.	62
Tabla 19 Rendimiento comercial en kg.ha ⁻¹ y lámina de riego (mm)	64
Tabla 20 Resumen del modelo de regresión de rendimiento en kg.ha ⁻¹ y lámina de riego (mm)	65
Tabla 21 Productividad del agua, ingreso marginal y costo marginal del agua	66
Tabla 22 Tiempo, lámina y volúmenes de riego acumulados y medidas de eficiencias de uso del agua.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Rendimiento de grano en kg.ha ⁻¹ de anís con distintas dotaciones de agua de riego....	47
Gráfico 2 Prueba de Normalidad con “qq-plot” (RDUO).....	49
Gráfico 3 Diagrama de dispersión (RDUO vs PRED). Prueba de Homogeneidad	50

Gráfico 4 Gráfico de Barras del Test LSD Fisher diferencias entre medias	52
Gráfico 5 Evolución del coeficiente del cultivo durante el ciclo del cultivo	59
Gráfico 6 Variación de contenido de hídrico a lo largo del estudio para los distintos tratamientos	62
Gráfico 7 Láminas aplicadas en todos los tratamientos en relación con la ETc Acumulada.....	63
Gráfico 8 Función de rendimiento comercial en kg.ha ⁻¹ y lámina de riego (mm).....	64
Gráfico 9 Eficiencia de uso de agua de riego en peso obtenido por unidad de volumen.	67

ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS.

Diagrama 1 Modelos Productivos de anís en el Noroeste Argentino.	20
Figura 1 Ubicación geográfica del sitio de estudio.....	29
Figura 2 Ubicación satelital zonas adyacentes al sitio de estudio. Elaborado con Google Earth.	29
Figura 3 Ubicación satelital del sitio de estudio. Material elaborado con Google Earth.....	30
Figura 4 Fotografía tomada mediante un vuelo de drone DJI Phantom 4 Pro Plus realizado por el personal técnico de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCa.....	30

Siglas Utilizadas

°C: grado celsius

B: Beneficios $B = I - CT$

cc.l⁻¹: centímetro cúbico por litro

CAPE: Centro Administrativo del Poder Ejecutivo

CE: conductividad eléctrica

Cee: Costo de la energía eléctrica

CFe: Costos Fijos Estructurales

CFf: Costos Fijos de Funcionamiento

cm: centímetros

cm³: centímetros cúbicos

CNA: Censo Nacional Agropecuario

COMO: Costo de oportunidad de la Mano de Obra

COw: Costo de oportunidad de agua

CT: Costos Totales

CV: Costos Variables

CW: Costo marginal del Agua

d: día

dapl: lámina de riego aplicada

DMA: Dirección de Mercado Agroalimentario

dS/m: Decisiemens por metro

EE: Energía eléctrica

ET: Evapotranspiración

Etc max: Evapotranspiración Máxima

ETc: Evapotranspiración del Cultivo

Eto: Evapotranspiración de referencia

EUAr: Eficiencia de Uso de Agua de riego

EUArp: Eficiencia de Uso de Agua de riego en peso por unidad de volumen

FAO: Food and Agriculture Organization

Ga: gastos

g: gramo

h: horas

HP: horse power

ha: hectárea

I: Ingresos

i: Tasa de descuento

ICWE: The International Conference on Water and the Environment

IM: Ingreso Marginal

IRReq: Requerimiento hídrico del cultivo

K: Inversión

Kc: Coeficiente de cultivo

kg.ha⁻¹: kilogramos por hectárea, producción comercial en peso.

l: litro

m: metro

m²: metros cuadrados

MB: Margen Bruto

Mh: peso de suelo húmedo

mm: milímetros

MO: Mano de Obra

Ms: peso de suelo seco

NRb Acum: Necesidad de riego bruta acumulada

NRb: Necesidad de riego Bruta

p: precio de Venta del producto

Ph: potencial hidrogeno

Pmf: Productividad del agua o Producto Físico Marginal

Peff: Precipitación efectiva

PVC: cloruro de polivinilo

PE: polietileno

Q: rendimiento del cultivo

r: Tasa de Interés al Capital

RAS: Relación de absorción de sodio

RDC: Riego Deficitario Controlado

RBC: Replogle, Bos y Clemmens

T: peso de recipiente de recolección de muestra de suelo

TIR: Tasa interna de retorno

Tr: Tiempo de Riego en horas

VAN: Valor actual neto

w: lámina de riego

W: Porcentaje de agua suelo

Wmax: Lámina de Riego de máximo beneficio

Wopt: Lámina de riego óptima

1 RESUMEN

En Argentina el cultivo de anís (*Pimpinella anisum* L.) ha sido poco estudiado en relación a sus requerimientos hídricos, lo que limita el uso eficiente del agua en su producción, sumado a que la mayoría de los productores riega por el método gravitacional por surco de fuentes de agua superficiales. Con el presente trabajo se hizo una comparación del rendimiento del cultivo, irrigado entre el método de riego tradicional por surco y el método por goteo, así mismo con diferentes tratamientos de riego por goteo, se determinó la lámina de riego óptima y la lámina de máximo beneficio económico a partir de la función de rendimiento del cultivo. Se determinó además la factibilidad técnica y económica de la adopción de riego por goteo, en un escenario de escasez hídrica en el sistema productivo de aromáticas del Valle Central de Catamarca. A los efectos de calcular la programación de riego para los distintos tratamientos, se utilizó la metodología propuesta por la FAO: $ET_c = ET_o \times k_c$, con el software Cropwat 8.0, por no disponer de información acerca del k_c del cultivo, se usó el de zanahoria (*Daucus carota* L.) de características morfológicas y taxonómicas similares al anís. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, los datos se analizaron con el programa Infostat Profesional versión 2020. No obstante, se ajustó la programación por monitoreo de la humedad del suelo ya que el k_c elegido se sobreestima el requerimiento hídrico teórico. Los tratamientos consistieron en aplicar: 100% del consumo de agua conforme a la variación del contenido hídrico del suelo (T0) (testigo), 69% (T1), 81% (T2) y 119% (T3) del agua suministrada al testigo versus el manejo convencional con riego por surco que se aplicó según lo recomendado en estudios llevado a cabo en la zona. Los resultados mostraron por un lado, que los rendimientos obtenidos con el método de riego por surco fueron 1009, 62 kg.ha⁻¹ en comparación con el tratamiento de mejor desempeño de riego por goteo (T3) 1.109,34 kg.ha⁻¹. El tratamiento T3, presentó los mejores indicadores de rentabilidad en la evaluación del proyecto a largo plazo con un VAN de \$228.830,29 y TIR de 69%, los resultados permitieron concluir que si bien la inversión es rentable desde el punto de vista privado, no obstante la baja incidencia del precio del agua, no constituye un incentivo para invertir en estas tecnologías, teniendo en cuenta el rendimiento que produce el método de riego tradicional por surco.

Palabras claves: Riego por goteo, Indicadores Económicos, riego por surco, anís.

ABSTRACT

In Argentina, the crop of anise (*Pimpinella anisum* L.) has been little studied in relation to its water requirements, which hamper the efficient use of water, added to the fact that most farmers irrigate by the gravitational method by furrow from surface water sources. With the present work, a comparison of the yield of the crop was made, irrigated between the traditional furrow irrigation method and the drip method, as well as with different drip irrigation treatments, the optimum irrigation sheet and the maximum irrigation sheet were determined. economic benefit from the crop yield function. It was also determined the technical and economic feasibility of adopting drip irrigation, in a scenario of water scarcity in the aromatic production system of the Central Valley of Catamarca. To establish the irrigation scheduling, the methodology proposed by the FAO was used: $ET_c = ET_o \times k_c$, with the Cropwat 8.0 program. Since there is no information on the k_c for anise, the k_c of carrot (*Daucus carota* L.) was used, due to the similar morphological and taxonomic characteristics of both anise and carrot crops. The experimental design was in completely randomized blocks, with four treatments and four repetitions, the data was analyzed with the Infostat Professional version 2020 program. However, the programming was adjusted for soil moisture monitoring since the chosen k_c overestimates the consumption theoretical. The treatments consisted of applying: 100% of the water consumption according to the variation of the water content of the soil (T0) (control), 69% (T1), 81% (T2) and 119% (T3) of the water supplied to the control versus conventional management with furrow irrigation was irrigated as recommended by the farmers. The results showed that the highest yield in $kg\cdot ha^{-1}$ 1009.62 $kg\cdot ha^{-1}$ compared to the treatment with the best performance of drip irrigation (T3) 1,109.34 $kg\cdot ha^{-1}$. The T3 treatment presented the best profitability indicators in the evaluation of the long-term project with a VAN of \$228,830.29 and TIR of 69%, the results allowed to conclude that the investment would be profitable, but due to. The low incidence of the price of water does not constitute an incentive to invest in these technologies, taking into account the performance produced by the traditional furrow irrigation method.

Keywords: Drip irrigation, Economic Indicators, furrow irrigation, anise.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Definición del Problema.

La producción de alimentos y el uso del agua están relacionados de forma inseparable. En Argentina, la superficie regada ha aumentado 60% en los últimos 40 años (FAO, 2013), y en la actualidad se riegan áreas donde el uso de agua por la agricultura fue tradicionalmente mínimo, o muy bajo. Es de prever que la competencia por el agua con otras actividades podría aumentar regionalmente en el futuro (Gleick, 2003; Fereres, 2008). Uno de los problemas más urgentes a atender es la competencia por agua entre usuarios urbanos, industriales, agropecuarios y ecológicos, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, donde la disponibilidad de este recurso es limitada y las necesidades se incrementan de manera continua (Bittelli, 2010; Soulis *et al.*, 2015). Es importante tener en cuenta que el agua disponible total en la biosfera siempre ha sido la misma y cada vez está más contaminada, por lo que está cada vez menos disponible para los distintos usuarios (Falkenmark y Lannerstad, 2005). En la Argentina, el grueso de la disponibilidad de agua dulce se concentra en las áreas húmedas y subhúmedas del país, vinculadas principalmente con la Cuenca Hídrica del Plata. En tanto que, la disponibilidad de agua es menor en la región árida del país, que comprende la franja oeste y sur del mismo (Fiorentino, 2005), región en la que se ubica el territorio de Catamarca. Asimismo, en Argentina, el agua de riego constituye el 70% de todas las extracciones para uso consuntivo y la eficiencia de aplicación promedio es del 40%, ello se debe principalmente al predominio en el uso de métodos de riegos gravitacionales de escurrimiento superficial (Morábito, 2004).

En la temporada otoño-invierno-primaveral, los cultivos en hilera como el anís y otras aromáticas u hortícolas se encuentran entre las principales actividades productivas en las explotaciones agropecuarias de la provincia de Catamarca en el Oeste y Valle Central (Sánchez *et al.*, 2014).

Los cultivos de invierno, al recibir riegos más espaciados, demandan a nivel predial un manejo correcto del agua, más aún cuando ésta se entrega por turnos fijos. En zonas de escasez de agua, las limitaciones en su disponibilidad y la baja eficiencia de aplicación del riego configuran un escenario propicio para la incorporación de tecnologías que permitan mejorar la eficiencia.

Respecto del manejo del agua en el cultivo de anís, se presentan dos problemas: por un lado, no existen antecedentes de valores de Kc ajustados para el cultivo y,

consecuentemente, tampoco hay información sobre sus requerimientos de agua (Sánchez, 2013); por otra parte, tampoco se cuenta con estudios acerca de la factibilidad técnica y económica para evaluar la conveniencia de introducir tecnología de riego por goteo en el segmento de pequeño productores de anís, cuyas estructuras productivas requieren de inversiones relevantes, tales como reservorios de agua, además de los elementos propios de los equipos de riego (Assan, 2013).

En algunos sistemas de riego que operan a la demanda, el agricultor paga un precio en función del volumen utilizado, obligándolo a regar eficientemente. Igualmente, el control de los volúmenes de agua es esencial en los sistemas de riego presurizado, en los cuales el componente de consumo de energía juega un rol cada vez más preponderante en la ecuación económica de la producción. Cobra así especial importancia la tecnificación del riego a nivel de finca y la necesidad de conocer la demanda de agua de los cultivos y ajustar dicha información el manejo del riego y la inversión requerida.

2.2 Caracterización de la Provincia de Catamarca.

2.2.1 Regiones Naturales.

La provincia de Catamarca se ubica en la región noroeste de la República Argentina, entre los 25° 12' y 30° 04' de Latitud Sur y entre los 69° 03' y 64° 58' de Longitud Oeste con una extensión de 102.602 km² y representa el 3,7% de la superficie continental de la Argentina (2.791.810 km²). Sólo 22.415 km² (22%) está constituido por valles y llanuras, siendo el resto montañoso sin aptitud para la actividad agrícola.

Tres regiones naturales conforman el territorio provincial: Este, Centro y Oeste con características particulares, delimitadas por la formación de cordones montañosos que se ubican en sentido Norte-Sur y constituyen asimismo barreras para el paso de los vientos húmedos provenientes del Este, provocando la disminución de las precipitaciones en sentido Este-Oeste. Por su parte, los vientos provenientes del Pacífico son interceptados por altos cordones montañosos en su ladera occidental evitando la formación de cursos de agua importantes hacia el interior del territorio provincial. Se reconocen así tres regiones diferentes:

Región Este: Llanura del chaco semiárido con precipitaciones anuales que varían de 400 mm en la zona sur a 500 mm hacia el norte. Caracteriza a la zona la producción extensiva de granos y cereales y la ganadería.

Región Centro: el denominado Valle Central corresponde al chaco árido con precipitaciones anuales de 300 mm hacia el sur y más de 400 mm hacia el norte. La

disposición de los valles y serranías dan lugar a condiciones ambientales muy favorables para la agricultura intensiva.

Región Oeste: constituida principalmente por zonas montañosas y pedemonte oriental de la Cordillera de los Andes. Las precipitaciones oscilan entre 100 y 250 mm anuales (Núñez Aguilar y Álvarez de Toledo, 2004).

2.2.2 Producción Agropecuaria en la provincia de Catamarca.

Los sistemas productivos agropecuarios de la Provincia de Catamarca, pueden dividirse en dos grandes grupos: los pequeños productores, que constituyen la forma tradicional y las grandes explotaciones agropecuarias, instaladas merced a la aplicación de la Ley N° 22.702 /82 de Desarrollo Económico; con esta norma se promovió la conformación de empresas agropecuarias con un fuerte de apoyo estatal a través del diferimiento de obligaciones fiscales de las empresas promotoras, además de exenciones impositivas. Los Censos Nacionales Agropecuarios de 1988, 2002, y 2008, mostraron que la realidad agropecuaria del Valle Central resultó modificada, las empresas agropecuarias instaladas recrearon y resignificaron la estructura agraria en términos socioeconómicos, productivos, socioterritoriales, laborales, demográficos y socioculturales (Cruz *et al.*, 2014).

El Censo Nacional Agropecuario del año 2018 revela que en la Provincia se cultivan aproximadamente 159 mil ha, de las cuales se riegan 67 mil ha lo que constituye menos del 43%. De éstas, el 21% utiliza sistema de riego gravitacional con agua superficial y comprende más del 78% del total de explotaciones con agricultura bajo riego. Este segmento abarca a más de 4 mil explotaciones. El 22% de las restantes riegan el 50% de la superficie mediante aguas subterráneas y sistemas de riego presurizados. Este segmento está conformado en su mayoría por empresas promovidas por los incentivos fiscales. De los cultivos implantados, los cereales son los de mayor importancia, representan cerca del 36% del área cultivada con un total de 57mil ha. Éstas predominan en la región Este que es la más favorecida por las precipitaciones. También son dominantes en esta región los cultivos oleaginosos, forrajes anuales, perennes y legumbres, etc. que representan casi el 40% del total. Los cultivos perennes o permanentes comprenden mayoritariamente a los frutales, suman 25 mil ha (16%) y se hallan ubicados en más del 95%, casi por partes iguales en la región Oeste y Valle Central, lo restante hortalizas y aromáticas (CNA, 2018).

2.2.3 El Riego en la Provincia de Catamarca.

2.2.3.1 Importancia del Riego.

Los principales núcleos poblados del territorio provincial se desarrollaron a lo largo de la historia en aquellos lugares donde existe disponibilidad de agua para el consumo humano y para la producción de alimento, dado que en la mayor parte imperan condiciones de aridez, la práctica agrícola está condicionada a la disponibilidad hídrica ya que no se logran producciones sin riego. Las cerca de 4 mil ha regadas por métodos tradicionales gravitacionales usan agua proveniente de las lluvias de verano, mientras que la disponibilidad de agua de riego de agosto a diciembre, meses en que no se producen lluvias, está condicionada por las precipitaciones del verano anterior. Las áreas de riego que se sirven con fuentes superficiales varían de acuerdo a la obra de cabecera, así en las regiones Centro y Este, los principales distritos de riego cuentan con obras de embalse, en tanto que en el Oeste se cuenta con obras de derivación como azudes y otras obras permanentes, que proveen a pequeños productores con tomas libres más o menos precarias (Núñez Aguilar y Álvarez de Toledo, 2004).

2.2.4 Administración de agua.

La Dirección de Riego perteneciente al Poder Ejecutivo Provincial y su Director está designado directamente por el Gobernador. Esta dirección tiene bajo su responsabilidad la aplicación de la Ley de Aguas de la provincia N° 2577 del año 1973. Se encarga de la gestión de las áreas de riego provinciales en todo lo referente a la actividad que utiliza aguas superficiales. Las áreas desarrolladas con explotación de agua subterránea de los diferimientos impositivos, no están bajo su jurisdicción. La Dirección de Riego está dotada de un departamento Técnico y Divisiones; en el interior provincial la estructura cuenta con intendencias y delegaciones de riego departamentales que se encargan, entre otras tareas, de promover la conformación de consorcios de regantes, tal como lo expresa la Ley.

2.2.5 El cultivo de Anís en Catamarca.

En Catamarca, el cultivo de anís (*Pimpinella anisum* L.) es tradicional y muy importante desde el punto de vista social por la cantidad de productores dedicados a esta actividad, aunque no alcanza a tomar relevancia económica por el reducido tamaño de las explotaciones. No obstante, en los últimos años ha crecido en volumen y superficie. La producción se lleva a cabo mediante operaciones culturales tradicionales poco tecnificadas, en general no se realizan estudios de suelos en consecuencia la fertilización,

cuando se practica, rara vez responde a las necesidades reales; el control de malezas se realiza generalmente en forma manual y/o mecánica y muy pocos utilizan herbicidas; el riego es gravitacional mediante surcos y en función de la disponibilidad de agua.

Se siembra entre los meses de marzo, abril y mayo normalmente en líneas distanciadas entre 0,5 a 0,7 m y entre plantas 0,05 m, con una densidad de plantación de hasta 500 mil plantas por ha (Sánchez, 2013).

El Censo Nacional Agropecuario (2002), es la última información oficial y completa que se dispone de datos productivos del país, sin embargo el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Catamarca INTA realizó un trabajo que fue llevado a cabo por técnicos referentes en la materia, conocedores del territorio, que recorren las distintas zonas productivas del país desde hace muchos años y reciben periódicamente demandas e información de los productores, funcionarios municipales, dirigentes de asociaciones, entre otros. Lo que posibilitó la elaboración de una base de datos desde el 2010 al 2016. El año en Catamarca se recupera hacia el 2011 con 70,5 ha y se mantiene estable en 2012 con 87,5 ha, desciende en 2013 y 2014, con 58,5 ha y 34,5 ha, respectivamente, y se recompone en 2015 con 46 ha y desciende nuevamente en 2016 con 32 ha (Sánchez *et al.*, 2014 y Sánchez *et al.*, 2020). La producción se concentra en el Oeste de Catamarca entre un 70 a 80% y el resto en el Valle Central, de las cuales el departamento Capayán contiene cerca del 80% de la superficie destinada a este cultivo y el resto el departamento Valle Viejo (Sánchez *et al.*, 2020).

2.3 Justificación del Estudio.

Una de las características principales que tienen las zonas áridas y semiáridas como Catamarca, es la notable escasez del recurso hídrico, por ello deben ser utilizados eficientemente, más aún cuando presentan distintas dimensiones de valor, por un lado como bien social vital insustituible para la vida, imponiéndose la necesidad de proveer una cantidad necesaria para el consumo humano y como bien ambiental necesario para el funcionamiento y conservación de los ecosistemas, además de su intrínseco valor por su existencia.

La normativa provincial catamarqueña impide a las grandes empresas con beneficios fiscales hacer uso de los sistemas de distribución gravitacional de agua extendidos en las zonas productivas, y obligan por lo tanto a recurrir al agua subterránea a costos significativos de inversión y de funcionamiento de la mano de un elevado nivel de tecnificación de riego y de alta eficiencia. Por su parte, los pequeños productores

utilizan el agua superficial a costos irrelevantes y con baja eficiencia, no cuentan en general con los recursos tecnológicos mencionados (Assan, 2013).

La producción en el Valle central presenta situaciones que profundizan el problema de la escasez: primero, un aumento de las cantidades demandadas por parte de los productores y segundo, una baja eficiencia de uso parcelario por la falta de incentivo al ahorro. Sumado a la ineficiencia en los sistemas de distribución por obsolescencia e insuficiencia en el mantenimiento, y la presión de otros usuarios, pueden visualizarse dos escenarios futuros para los agricultores: el primero, disponer del recurso, pero con una provisión cada vez más restringida por la competencia de otros usuarios como el uso doméstico, industrial, etc, y el segundo, el surgimiento de precios relevantes del agua. En ambas situaciones resulta evidente la necesidad de hacer un uso más eficiente del agua. Los productores tendrán que obtener una mayor producción por unidad de bien usado (Assan, 2013).

En la zona no existen trabajos sistemáticos que evalúen la eficiencia de uso del agua de riego; tampoco se cuenta con estudios acerca de la respuesta de rendimiento de los distintos cultivos a diferentes estrategias de riego en las condiciones locales, tampoco estudios técnicos y económicos de riego por goteo que consideren el tamaño y estructura de los productores locales, lo que resulta básico para determinar los beneficios atribuibles a un proyecto de inversión de tecnificación de riego, más aún cuando existe interés de algunos productores en adoptar esta tecnología. Asimismo, desde el punto de vista institucional, esta información resulta útil como herramienta para la mejora de la administración y gestión del agua, ya que en cualquier escenario futuro se visualiza una mayor escasez de agua. Cobra así especial importancia la tecnificación del riego a nivel de finca por lo que es necesario evaluar esta inversión (Assan, 2013).

Si bien el cultivo de anís no representa un impacto significativo en el producto bruto geográfico de Catamarca, queda claramente definida la importancia económica y social, e incluso cultural, para numerosas familias que encuentran en la producción de esta especie un recurso valioso para contribuir a mejorar los ingresos familiares y en consecuencia, su calidad de vida. El mejor aprovechamiento del agua, no solo significaría hacer un mejor uso de la misma, sino que podría mejorar la capacidad competitiva en el mercado, tanto en la parte de tecnología como en la económica, permitiéndoles una mayor apertura comercial.

Con los resultados del presente proyecto se espera contribuir a estudios posteriores para la caracterización de los requerimientos hídricos del anís, por otro, valorar la factibilidad económica y financiera para incorporar riego tecnificado versus la forma tradicional considerando un escenario de escasez hídrica y que desde el punto de vista práctico, adquirir información para la planificación y manejo del riego a nivel parcelario de manera más eficiente, siempre ajustado a las condiciones agroecológicas en la zona de estudio. Esto permitirá a los agricultores contar con información válida como herramienta para la toma de decisiones. Asimismo, desde el punto de vista estatal, este estudio resultará útil como instrumento para la mejora de la administración y gestión del agua por parte de los organismos provinciales responsables. Y para el sector privado una fuente de indicadores que garanticen el éxito de su inversión.

2.4 Hipótesis.

Con el uso del riego por goteo se lograrán mayores rendimientos del cultivo además de mejorar la productividad del agua, respecto a los que se obtienen con el riego tradicional por surco. Con la optimización del uso de agua en la producción de anís en el Valle Central de Catamarca resultará económicamente viable la incorporación de esta tecnología para los pequeños productores.

2.5 Objetivos.

2.5.1 Objetivo general.

- Evaluar el desempeño agronómico y económico del cultivo de anís en las condiciones agroecológicas del Valle Central de Catamarca, mediante el análisis comparativo del riego tradicional por surco y el riego por goteo en diferentes dosis.

2.5.2 Objetivos específicos.

- Comparar los rendimientos comerciales entre el método de riego tradicional por surco y el método por goteo con sus respectivos tratamientos.
- Analizar los resultados económicos de las alternativas del riego.
- Obtener la función de rendimiento del agua en el cultivo de anís, para inferir la optimización de uso eficiente del agua.
- Comparar la eficiencia del uso del agua entre los métodos de riego tradicional por surco con el método por goteo y sus distintos tratamientos. Y cuantificar con ello, la liberación de agua para otra finalidad.

3 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

3.1 Riego.

3.1.1 Los requerimientos hídricos de los cultivos.

La cantidad de agua que necesitan las plantas es equivalente a la evaporación y la transpiración. En una parte dependerá del clima de la localidad, de la especie, de su densidad y de las particularidades microclimáticas. (Hernández Palomo, 2014).

Se ha reportado un incremento de las demandas hídricas de los cultivos por efecto del cambio climático (Rodríguez *et al.*, 2007) sin considerar el efecto de la temperatura en la duración del ciclo fenológico.

Los requerimientos hídricos de los cultivos dependen principalmente de la especie, variedad, etapa fenológica, fecha de siembra y condiciones ambientales del ciclo fenológico (Allen, 2006).

3.1.2 Influencia del clima en las necesidades de agua de los cultivos.

Un cultivo que crece en un clima cálido en donde predominan los cielos despejados, necesitará más agua por día que el mismo cultivo en una localidad cuyo clima es más frío y con cielos cubiertos por nubes. Por lo mencionado los factores climáticos que influyen en las necesidades de agua de un cultivo (o de la evapotranspiración) son; la radiación, la temperatura, la humedad del aire y la velocidad del viento. Se deduce entonces que las necesidades de agua de un determinado cultivo dependen del clima, del lugar donde se haya sembrado. (Hernández Palomo, 2014).

3.1.3 Influencia del tipo de cultivo sobre sus necesidades de agua.

El tipo de cultivo influye sobre las necesidades de agua fundamentalmente de dos formas:

Las necesidades diarias de agua varían de un cultivo a otro en un estado de pleno desarrollo; por ejemplo, un cultivo de maíz totalmente desarrollado consumirá más agua que un cultivo de cebolla también plenamente desarrollado.

La duración total del ciclo vegetativo varía de unos cultivos a otros, existen algunos con ciclo vital corto (90 a 100 días), los hay con ciclos entre 120 a 160 días y otros como los frutales que permanecen en el terreno durante años. Los datos sobre la duración del ciclo de los diversos cultivos en una zona determinada deben ser obtenidos localmente (FAO, 1987).

3.1.4 Influencia de la fenología de un cultivo en sus necesidades de agua.

Cuando las plantas son todavía pequeñas la evaporación será comparativamente mayor que la transpiración; en tanto que cuando hayan alcanzado su máximo desarrollo ocurrirá lo contrario, es decir la transpiración será mayor que la evaporación.

En la siembra y en el estado inicial las necesidades de agua de un cultivo son aproximadamente del 50% de la demanda que se produce durante el estado medio, cuando el cultivo está totalmente desarrollado, el estado final coincide con el periodo durante el cual el cultivo madura y es cosechado. Cultivos cosechados en seco (maíz en grano, girasol, etc.), sus necesidades de agua durante la fase final son mínimas, alrededor del 25% del estado medio (FAO, 1987).

3.1.5 El riego en los cultivos.

La aplicación adecuada del riego resulta en beneficios para el agricultor por cuanto ello representa mejorar la producción cualitativa y cuantitativamente, incrementando la competitividad. Asimismo, desde el punto de vista social, aporta beneficios directos como la disponibilidad de mayor y mejor calidad de alimentos y materia prima, e indirectos como la preservación de los recursos naturales como consecuencia del buen uso, en este caso del agua, en consonancia con una agricultura sustentable (Pereira *et al.*, 2010).

Se consideran las siguientes condiciones de humedad en el suelo en relación con el uso de los cultivos (Fuentes Yagüe, 1992):

Saturación, cuando todos los poros están ocupados por agua; normalmente se presentan después de un riego abundante, luego de una lluvia copiosa o ante la presencia de estratos impermeables.

Capacidad de campo corresponde al contenido de agua cuando la matriz del suelo deja de perder agua por efecto de la gravedad.

Punto de marchitez permanente, desde el contenido de agua a capacidad de campo el suelo va perdiendo progresivamente agua por evapotranspiración hasta que la planta no puede compensar las pérdidas, se dice entonces que el suelo se encuentra en punto de marchitamiento.

3.1.6 La evapotranspiración de los cultivos.

La evapotranspiración de un cultivo es el agua que necesita para su crecimiento óptimo. Esta palabra, “evapotranspiración”, representa la suma del agua necesaria para cubrir la evaporación que se produce desde la superficie del suelo y la transpiración que

realizan las plantas desde sus partes verdes (sobre todo desde las hojas). Es así que las necesidades hídricas o uso consuntivo del agua de los cultivos son consecuencias del fenómeno físico biológico denominado Evapotranspiración (ET). Tanto la evaporación directa del suelo como la transpiración de las plantas tienen lugar de forma simultánea, y no resulta fácil distinguir cuánto vapor de agua es emitido por cada uno de los dos procesos. Por ello, se recurre al término Evapotranspiración (ET) que engloba el proceso de transferencia de agua a la atmósfera tanto por acción de las plantas como por evaporación directa a partir del suelo.

Los métodos de cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos deben ser contrastados en las condiciones climáticas de cada zona regable. Normalmente se utiliza la metodología de la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas) por su sencillez y sentido práctico. Además, estos métodos de cálculo han sido probados con éxito en distintas zonas y climas del mundo.

Numerosos son los modelos empíricos propuestos para la determinación de la evapotranspiración por diferentes investigadores con la finalidad de determinar las necesidades hídricas de los cultivos. El procedimiento que se utilizó en el presente trabajo corresponde al Método FAO Penman Monteith (Allen *et al.*, 1998). Independientemente del método utilizado para el cálculo de la evapotranspiración, es fundamental calibrar el método comparando estos valores con valores medidos de la evapotranspiración en condiciones locales.

La evapotranspiración de cada cultivo se puede calcular multiplicando la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo. Estos coeficientes de cultivo también han sido desarrollados por la FAO, y dependen de las características del cultivo, del período vegetativo, del clima, de la fecha de siembra, de la duración del riego y de la frecuencia de lluvias.

El estudio de la evapotranspiración sirve para:

- Determinar las necesidades de riego de los cultivos,
- Programar los riegos para alcanzar una eficiencia óptima,
- Diseñar sistemas de riego y embalses,
- Evaluar los costos de energía y mano de obra necesarios,

Las necesidades netas de riego se calculan restando de la evapotranspiración del cultivo la precipitación efectiva (la lluvia). La precipitación efectiva depende de la capacidad de retención del suelo y de la profundidad de las raíces; es el agua que queda

disponible para el cultivo tras una lluvia, ya que parte del agua se pierde en percolación profunda, escorrentía y evaporación. La precipitación efectiva depende de la frecuencia e intensidad de lluvia, de las características orográficas del terreno, del contenido de humedad previa del suelo y de las prácticas culturales.

Las necesidades brutas de riego se computan dividiendo las necesidades netas por la eficiencia de aplicación. La eficiencia tiene en cuenta la uniformidad de distribución y el exceso de agua de riego a aportar para lavar las sales (las necesidades de lavado dependen del tipo y calidad del suelo, calidad del agua de riego y del cultivo), las pérdidas por escorrentía, percolación y evaporación. La eficiencia de aplicación depende más del manejo que del sistema de riego. Estas necesidades totales de riego son superiores a las netas ya que deben compensarse las pérdidas antes reseñadas.

3.1.7 Evapotranspiración de referencia (ET_o).

Thornthwaite (1948), citado por Grassi (1998), define el concepto de evapotranspiración potencial como la máxima cantidad de agua que es transferida a la atmósfera sin restricciones de humedad y depende exclusivamente del clima. Penman (1956) citado por Grassi (1998), define al fenómeno como la cantidad de agua perdida desde una superficie extensa cultivada con césped en activo crecimiento y con un adecuado suministro de agua.

Allen *et al.*, (1998) incluyen tres definiciones y recomiendan el concepto de evapotranspiración de referencia ET_o en lugar de ET Potencial, referido a un cultivo hipotético de gramínea sin restricciones hídricas para evaluar la demanda evapotranspiratoria atmosférica y ser utilizada como referencia para estimar la ET de otros cultivos denominado Evapotranspiración de Cultivo (ET_c).

En un mismo cultivo, diferencias del manejo de fertilidad, sanidad, riego, entre otros, inciden en la ET_c, proponen en consecuencia el concepto de evapotranspiración de cultivo estándar (ET_c) en condiciones óptimas de manejo y (ET_c ajustado), cuando las condiciones no son las recomendables.

3.1.8 Coeficiente del Cultivo (K_c).

Según Allen, (2006), es un coeficiente que tiene en cuenta las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación en el suelo (FAO, 2006) y se describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha.

El Kc está relacionado con las fases de crecimiento del cultivo y se define a través de la curva de Kc. La curva describe cuatro fases: inicial, desarrollo del cultivo, mediados de temporada o intermedia y final de temporada. La fase inicial va desde la siembra hasta que el cultivo alcanza un 10% de la cobertura del suelo. La fase de desarrollo, empieza cuando termina la etapa anterior y va hasta el crecimiento activo de la planta. La fase intermedia, va desde la floración hasta que el cultivo alcanza el 70-80% de cobertura máxima de cada cultivo. La fase final, va desde la madurez hasta la cosecha

El coeficiente de cultivo (Kc.) describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. En cultivos anuales como el que se usó en el presente trabajo normalmente se diferencian 4 etapas o fases de cultivo:

Inicial: germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo.

Desarrollo: final fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa.

Media: desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración.

Maduración: desde el final anterior hasta que se llega a la plena maduración o a la recolección.

El Kc comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de Kc se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrecen durante la fase de maduración. Lo mejor es disponer de valores de Kc para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se pueden usar valores orientativos.

3.1.8.1 Factores que determinan el coeficiente del cultivo (Kc).

Según Allen (2006), los factores que afectan los valores de Kc son principalmente: las características del cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del período vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento. El coeficiente Kc de cada cultivo, tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo y que son las siguientes:

Fase inicial (fase 1): comprende el período de germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas por el cultivo, es decir cuando la planta comienza la emergencia. Desde la siembra hasta el 10% de cobertura vegetal.

Fase de crecimiento o desarrollo del cultivo (fase 2): comprende desde el final de la fase 1 hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa del orden del 70 al 80%.

Fase de mediados del período o maduración (fase 3): comprendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente por la decoloración o caída de hojas.

Fase final del período vegetativo o cosecha (fase 4): comprende desde el final de la fase anterior hasta que se llega a la plena maduración o cosecha. El coeficiente de cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo, teniendo como referencia el pasto, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo.

3.1.9 Respuesta de los cultivos a diferentes volúmenes de agua.

Existen estudios sobre muchos cultivos para determinar el máximo rendimiento bruto de producción como respuesta al riego, (entendiéndose como rendimiento bruto a la cantidad de producto obtenido por unidad de superficie).

El límite superior de producción de un cultivo es función del ambiente en el cual se incluye el manejo agrotécnico del mismo y del potencial genético. El nivel real debido al riego dependerá de los aspectos técnicos de suministro de agua en consonancia con las necesidades biológicas, por lo que el uso eficiente del agua solo puede lograrse cuando la organización y la operación del sistema de distribución estén orientados a atender en cantidad y en oportunidad las necesidades hídricas de los cultivos. Doorenbos y Kassam (1979) proponen una función lineal de respuesta de rendimiento de los cultivos a distintos regímenes de riego, donde la variable explicativa es la evapotranspiración real, cuyo valor varía con el riego en idénticas condiciones. La pendiente de la función depende del potencial genético y de la sensibilidad del cultivo a las variaciones de la evapotranspiración debidas al riego. Por su parte, cuando la cantidad de agua aplicada es la variable explicativa, se obtiene una función de producción polinómica creciente a tasa decreciente (Santa Olalla Mañas *et al.*, 2005).

3.1.10 Requerimiento hídrico del cultivo (IRReq).

El cálculo del requerimiento de riego de los cultivos resulta de aplicar la expresión:

$$IRReq=(Etc-Peff)$$

Dónde: IRReq= Requerimientos de riego (mm/mes)

Etc= Evapotranspiración del cultivo (mm)

Peff= Precipitación efectiva (mm).

En la zona de estudio los requerimientos hídricos de los cultivos no han sido determinados experimentalmente, por lo que se requiere estimarlos mediante el concepto de evapotranspiración potencial o de referencia. Al respecto existen varios métodos empíricos. Uno de los más completos, que considera el balance de energía, es el propuesto por Penman modificado por Doorenbos y Pruitt (1977); pero al observar que en ciertas condiciones sobrestimaba la evapotranspiración, la FAO (2006) propuso el método de FAO Penman-Monteith como herramienta para estimar la evapotranspiración de los cultivos en zonas en las que se dispone de datos sobre temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y las horas de fuerte insolación o nubosidad (Aguilar *et al.*, 1995). Además, existen varios software de sistemas que sirven para determinar las demandas hídricas de los cultivos a través del método de Penman-Monteith. Uno de los más utilizados y recomendados por la FAO es el CROPWAT, útil para la planificación y el manejo de sistemas de riego (FAO, 2006).

3.1.10.1 Software “CROPWAT 8.0”.

El CROPWAT 8.0 es el programa informático, utilizado para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, es el paso previo al cálculo hidráulico del riego. Consiste en calcular los turnos, caudales y tiempos de riego basándose en las necesidades de agua del cultivo que viene determinado por el tipo de suelo, clima y cultivo. Los datos climatológicos que requiere el programa son los siguientes: a) información básica de la estación meteorológica: nombre del país, nombre de la estación, altitud, latitud y longitud; y b) datos climáticos mensuales de: precipitación (p), temperatura máxima, mínima y media, humedad relativa, insolación (horas brillo sol) y velocidad del viento (González, 1997).

3.1.11 Tecnología de riego por goteo.

Los sistemas de riego por goteo son parte de los denominados sistemas de riego localizado, en los cuales el agua se entrega en aquellas partes de la parcela donde se desarrollan las raíces de los cultivos (Santa Olalla Mañas *et al.*, 2005). A su vez pertenecen a la familia de los sistemas de riego presurizado caracterizado por la conducción de agua por conductos cerrados y a presión.

En el caso del riego por goteo, el agua se aplica lentamente sobre la superficie del suelo a través de pequeños orificios llamados goteros. La constitución elemental de un sistema de riego por goteo consta de cabezal; sistema de conducción y emisores. En el cabezal se encuentran los sistemas de impulsión, filtrado, fertirrigación y control del equipo. Los sistemas de conducción están constituidos principalmente por la tubería y los accesorios, cuyas dimensiones dependen del caudal (los materiales más usados en la actualidad para su fabricación son el PVC y Polietileno). Finalmente, los emisores son los puntos de descarga en el terreno, existen diversos modelos que se diferencian según el régimen hidráulico, características constructivas, puntos de emisión, sistemas de limpieza, sistema de conexiones o disipación de presiones, en general las principales características que los definen son el caudal nominal, que es el que suministra el gotero a la presión nominal de diseño, normalmente 1 bar, en goteros autocompensantes se sustituye por el rango de presiones de funcionamiento (Pizarro, 1996).

3.2 Valoración económica del agua.

Como factor de producción agrícola, el agua de riego tiene valor económico. En la literatura se encuentran distintos métodos para valorar al agua de riego; la elección del método que se va a utilizar depende de varios factores, entre ellos las características del uso del agua a valorar, pero también por la disponibilidad de información. En principio, la mayoría de los métodos pueden utilizarse para valorar los distintos usos del agua, sin embargo, algunos de ellos requieren de datos técnicos y económicos de difícil disponibilidad o que demandan complejos procesos de modelación económica. Otra restricción importante para la aplicación de algunos de ellos es la presupuestaria. Dicho esto, es evidente que lo ideal es realizar la valoración siempre aplicando el mayor número de métodos posibles, ya que de esta forma los resultados se pueden contrastar (Garrido *et al.*, 2004).

Obviando en cierta medida la complejidad de cualquier tarea valorativa, puede aproximarse al valor del agua mediante su costo de oportunidad (Garrido *et al.*, 2004)

entendiéndose como tal al valor de los bienes y servicios a los que se renuncia por usar un recurso escaso para determinado propósito en vez de su siguiente mejor uso alternativo. La mejor manera de determinar el costo de oportunidad del agua es mediante su valor marginal, (Palacios, 1976; Gibbons, 1986; Young, 1996) citados por Cruz *et al.*, (2002).

El valor marginal (ingreso marginal) representa el incremento en el ingreso total debido a la utilización de una unidad adicional de agua, siendo su valor decreciente a medida que se proporcionan unidades adicionales, dicho valor se estima a partir de la productividad marginal del agua, es decir el incremento en la producción que genera el uso de una unidad adicional del recurso.

Caballer y Guadalajara (1998) proponen distintas alternativas para valorar el agua de riego como valor subjetivo, determinando la productividad a partir de las funciones de producción. Éstas se obtienen de datos de campo o de experimentos, en las que la cantidad total de agua aplicada al cultivo es la variable explicativa; multiplicando dicha función por el precio del producto se obtiene una función de ingreso, y derivando con respecto a la cantidad de agua utilizada se obtiene el ingreso marginal, que se toma como valor marginal del agua.

3.2.1 Escasez.

La escasez de agua tiene lugar cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un área determinada. Esta situación aparece como consecuencia de una elevada demanda agregada por parte de todos los sectores que consumen agua respecto al suministro disponible (FAO, 2013).

Las actividades humanas generan escasez de agua de tres maneras: por el crecimiento de la población, por la utilización errónea del agua y por la inequidad en el acceso a ella (FAO, 1993).

El crecimiento de la población contribuye a la escasez simplemente porque el mismo recurso disponible debe repartirse entre un número cada vez mayor de personas. Los sistemas de riego ineficientes, la contaminación de cauces por residuos industriales y urbanos, la sobreexplotación de acuíferos, entre otros, son ejemplos de mala utilización del agua y que contribuyen directamente a la escasez.

Inequidad en el acceso: “Cambios en las pautas de distribución y acceso al agua pueden generar la concentración del recurso en unos pocos usuarios sometiendo al resto a una escasez extrema” (FAO, 1993).

La competencia entre la agricultura, la industria y las ciudades por los limitados suministros de agua está restringiendo las actividades de desarrollo en muchos países. A medida que las poblaciones se expanden y las economías crezcan, la competencia por este escaso recurso se intensificará, y con ella, también los conflictos entre los usuarios del agua (FAO, 1993).

La Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible de 1992, reconoce expresamente en su Principio n° 4 que *“Por su utilidad y escasez el agua tiene un valor económico en todos y cada uno de los diferentes usos, por lo que puede reconocerle como bien económico”* (ICWE, 1992). Es necesario asimismo señalar que por sus características de recurso natural supera los atributos de una mera mercancía, Llop (2010) atribuye al agua cuatro funciones que afectan directamente el bienestar de la sociedad: participa en la producción, actúa como receptor de residuos, constituye el hábitat e insumo para sostener toda clase de vida y configura bienes económicos como parques, lagos, etc.

El valor total del agua se compone de valores de uso directo e indirecto, valor de opción y valor intrínseco (Pérez Roa, 2002).

El valor de uso directo consuntivo: se refiere a cualquier actividad que consuma agua: riego, uso doméstico, industrial y otras. Los valores de uso directo no consuntivo corresponden para los usos de generación hidroeléctrica, navegación, recreación, piscicultura y cualquier uso no extractivo.

El valor de uso indirecto, deriva de los servicios que provee. Los humedales (extensiones de aguas, pantanos o turberas cubiertas de agua), además de ser utilizados en forma directa (pesca, actividades recreativas, navegación), generan beneficios a partir de sus funciones o servicios ambientales, como control de crecidas e inundaciones de los ríos, captación y filtración de nutrientes, recarga de acuíferos, protección de la biodiversidad, entre los más importantes (World Resources Institute, 2005).

El valor de opción del agua, corresponde a la elección de poder hacer uso o no de ella en el futuro. En esta categoría entran entre otros los sitios de agua con potencial hidroeléctrico, turístico, con posibilidad de almacenamiento con fines de riego, etc.

El valor intrínseco del agua corresponde al que se le da por el solo hecho de existir en determinados sitios.

3.3 El Cultivo de Anís.

3.3.1 Centro de origen.

El anís (*Pimpinella anisum* L.) es originario de Egipto; los egipcios lo cultivan desde el año 1500 a.C. Es propio de las regiones templadas y cálidas, se cultiva en países como España, Italia, Grecia, Siria, Egipto, Turquía, India, México, Argentina. Es una planta aromática y medicinal que se produce en el país; su uso es para condimento, por sus propiedades aromáticas, como también para la obtención de aceites esenciales y oleorresinas (Curioni y Arizio, 1997).

3.3.2 Sistemática.

Reino: Plantae.

Orden: Apiales.

Familia: Apiaceae.

Género: *Pimpinella*.

Especie: *anisum*.

Nombre científico: *Pimpinella anisum* L.

3.3.3 Morfología.

La planta es herbácea, anual, de ciclo otoño-inverno-primaveral. Presenta raíz fusiforme de una longitud de 25 a 30 cm de profundidad, con un número variable de raicillas de 5 a 25 cm; el tallo es erecto, monopódico, cilíndrico, ramificado, teniendo nudos de 3 a 5 cm, de color verde claro, pubescente, que puede alcanzar altura media de 60 centímetros. Presenta polimorfismo foliar, posee inicialmente hojas cotiledonales lineales de 0,5 a 1 cm ya que presenta germinación epigea, posterior a estas aparecen las hojas verdaderas simples que son acorazonadas, orbiculares y por último pasan a dentadas, de un tamaño no superior a los 5 cm, luego con un mayor crecimiento de la planta cambian de forma y tamaño de pinnatisectas, lobuladas y lanceoladas, le siguen las acorazonadas, trifidas y lineales. Sus flores son pequeñas, de color blanco dispuestas en umbelas compuestas. El fruto es un grano seco indehisciente, pequeño, pubescente, constituido por dos mitades (mericarpios) de forma piriforme, conocido como diaquenio; pueden ser de color castaño claro o castaño oscuro (Curioni y Arizio, 1997).

3.3.3.1 Fenología del cultivo de anís.

Ciclo aproximadamente de 180 días. Semilla Población Local de EEA INTA Catamarca

Siembra: día 0.

Inicio de floración: 100 a 110 días.

Plena floración: 125 a 140 días.

Llenado de grano: 145 a 165 días.

Cosecha: 175 a 190 días.

Fuente: Sánchez *et al.*, 2021.

3.3.4 Importancia Socioeconómica.

3.3.4.1 Antecedentes históricos productivos.

La historia del anís se remonta a partir de 1930, entre 1960/65 se registran 360 ha, concentrando San Juan casi el 70%. En 1971/81, la superficie promedio de anís alcanzó las 440 ha, siendo Catamarca la provincia responsable del 80%; San Juan desaparece de los registros oficiales y surgen La Rioja y Santiago del Estero. Para 1980 no se encontraron registros oficiales. En 1990/2000 manifiesta una merma del 10% en la superficie en el cultivo. En el año 2002, según el CNA, la superficie de anís cayó un 60% (249 ha). En el periodo 2010-2014 el promedio nacional de hectáreas sembradas fue 220 ha de anís, la provincia de Salta con 145 ha, Catamarca con 74 ha, Tucumán con 3 ha y La Rioja con 0,4 ha. En todos los periodos analizados la superficie de anís se mantuvo por debajo de las 500 ha, oscilando entre las 254 ha y las 442 ha (Sánchez *et al.*, 2014). Ya a partir de los años 2010 y analizando el cultivo de anís, se recupera hacia el 2011 y se mantiene estable en 2012; desciende 2013 y 2014, se recompone en 2015 y desciende nuevamente en 2016; estos vaivenes están marcados fundamentalmente por el comportamiento de la superficie sembrada en la provincia de Salta, principal productora de este periodo. En la campaña 2016 Catamarca tuvo una merma casi de un 40% en la superficie sembrada. La provincia de La Rioja no produce anís. Quedando establecido que las provincias que sostienen la producción nacional están en el NOA. Catamarca concentra la mayor cantidad de productores, que fue en ascenso lento del 2010 al 2013 y más marcado hacia el 2014 (Sánchez *et al.*, 2020). El consumo nacional histórico anual de grano de anís es de 280 t, abasteciendo la producción nacional solo el 64% de la

demanda, lo que estimula el desarrollo del cultivo para producir ese porcentaje insatisfecho.

3.3.4.2 Importancia social.

Sánchez et al., (2020) define tres modelos productivos denominados mano de obra dependiente, mixta y mecanizado, pero a su vez hay variantes de estos modelos con respecto al origen del agua de riego, ya sea de agua de distrito y agua de pozo y la tenencia de la tierra, ya sea en campo propio o campo alquilado. Respecto del origen del agua, el riego con agua de distrito se presenta en los tres modelos de ambos cultivos, pero el riego con agua de pozo solo en el cultivo de anís mecanizado. La tenencia de la tierra con producción en campo propio se observa en los tres modelos, y bajo arriendo en los modelos mixtos y mecanizados.

		MODELOS PRODUCTIVOS		
		I- Dependiente de mano de obra	II- Mecanizado	III- Mixto
Agua de Riego	De distrito	SI	SI	SI
	De pozo	NO	SI	SI
Tenencia de la tierra	Propia	SI	SI	SI
	Alquilada	NO	SI	SI

Diagrama 1 Modelos Productivos de anís en el Noroeste Argentino.

El modelo mano de obra dependiente son sistemas productivos familiares de 0,5 a 2 ha, donde la siembra, cosecha y post cosecha son fundamentalmente manuales. No poseen tractor ni maquinarias; algunos tienen arados de mancera y mochilas de pulverizar, y en menor grado escardillos o aporcadores. No obstante, en algunos casos la preparación del suelo es mecanizada, contratando los servicios de extensión provincial, del municipio o de las asociaciones de productores. La siembra es manual (en línea o al voleo), con sembradora tipo planet. El control de malezas es manual, con herramientas de mano / tiro y/o pulverización manual y el control de plagas con pulverización manual. El riego es superficial, ya sea por surcos o en melgas.

El modelo mixto es un sistema productivo de 2 a 5 ha en donde la siembra puede ser manual o mecánica, la cosecha y postcosecha manual y los cuidados de cultivos manuales y mecánicos. Siendo propietario o no de la maquinaria.

Por último, el modelo mecanizado tiene más de 5 ha. La siembra, cosecha y postcosecha, son principalmente mecánicas. El control de malezas mecánico con

vibrocultivador y con agroquímicos. El control de plagas y enfermedades químicamente, fertilización con nitrógeno y fósforo. El riego es por superficie en surcos y también presurizados.

3.3.4.3 Zonas productivas en el país.

La producción de anís (*Pimpinella anisum* L.) es una actividad tradicional en las zonas irrigadas de los valles áridos del Noroeste Argentino. En la provincia de Catamarca, la producción en el Valle Central responde en general al modelo mecanizado; en la zona de los valles del Oeste a los modelos mixtos y mano de obra dependiente. En la provincia de Salta, el 90% se produce mecanizadamente en el Valle de Lerma, y el 10% restante, en los Valles Calchaquies, en forma mixta (Sánchez *et al.*, 2020).

3.3.4 Agroecología del cultivo.

3.3.4.1 Clima.

Las zonas agroecológicamente aptas son las que presentan clima templado cálido - seco, alta luminosidad y poca precipitación, sobre todo en época de cosecha (octubre-noviembre) es fundamental que no llueva, porque esto atenta contra la calidad del producto. El viento es otro factor importante a tener en cuenta, sobre todo la intensidad, velocidad y duración en los meses de septiembre y octubre, porque este cultivo tiende al vuelco y esto atenta contra la calidad y eficiencia en la cosecha, sobre todo en la mecánica (Curioni y Arizio, 1997).

3.3.4.2 Suelo.

El anís se adapta bien a diferentes tipos de suelos, preferentemente los profundos, permeables, bien drenados, livianos, de textura franco-arenoso. Suelos pesados con tendencia al encharcamiento y con baja velocidad de infiltración deben desecharse (Curioni y Arizio, 1997).

3.3.5 Manejo del Cultivo.

3.3.5.1 Preparación del suelo.

Actualmente la práctica de siembra directa, no está incorporada, pero puede ser perfectamente adaptada, teniendo en cuenta la semilla y cuando se hace en forma extensiva. Actualmente se trabaja con laboreos convencionales y dada las características de los suelos de la zona productiva se debe hacer con mínimo movimiento de suelo, respetando las curvas de nivel del lote, sumado también al factor climático del viento frecuente; los implementos comúnmente usados son rastras de discos y bordeador, a pesar

que no son recomendados para la tipología de suelos de la zona, lo ideal sería labranzas verticales. Lo más común es una secuencia de labores que mezclan labranzas verticales y convencionales y de esa forma se produce la preparación de suelo, usando como laboreo primario el arado de cincel. Para realizar el riego de presiembra, es necesario acondicionar el lote, previamente nivelado con surcos o melgas para humedecer y acumular agua hasta una profundidad de 60 a 100 cm, aplicando láminas hasta llegar a 100 mm previos a la siembra; posterior al riego como laboreos secundario se pasa por lo general rastras de disco o vibro cultivador, luego se siembra y se hace la aplicación de herbicidas pre-emergentes. Para la siembra se sugiere líneas separadas entre 50 y 70 cm. Es fundamental partir con un terreno nivelado, con pendientes que no superen los 15 cm cada 100 metros de largo de surco, si la topografía del lugar no lo permite, es conveniente trabajar en curvas de nivel (Sánchez, 2013).

3.3.5.2 Semillas.

Los productores siembran semillas propias, seleccionadas de sus mejores lotes, a las que someten a un mayor grado de limpieza y selección con respecto a la que venden como grano, sin llegar a tener pureza física aceptable, sin tratamientos preventivos contra enfermedades o posibles ataques de insectos. Muchos productores siembran las semillas que les entrega el acopiador de la zona, siendo solo identificadas con las mismas características a las descritas anteriormente; no existe un esquema de semillero, por ello no hay semillas certificadas para este cultivo en el país. La semilla para la siembra debe tener como mínimo un 70% de poder germinativo y energía de germinación y vigor que supere el 50%. Debe tener un 99% de pureza física, libre de semillas extrañas, sobre todo de malezas que luego son difíciles de controlar, debe ser tratada con insecticidas y fungicidas sistémicos. Se puede tratar siguiendo el método húmedo utilizando un insecticida de acción sistémica de amplio espectro y un fungicida sistémico, es aconsejable agregar un colorante (anilina) que la distinga del grano para consumo humano (Sánchez, 2013).

3.3.5.3 Siembra.

Dependiendo del productor y la zona existen diferentes métodos de siembra. En la actualidad se siembra en líneas y mecánicamente, hay quienes lo siembran al voleo o en líneas, manualmente y en ocasiones en suelo seco sin riegos previos, para regarlo después de sembrado. Sánchez (2013) recomienda sembrar en líneas con una densidad de 6 kg por hectárea para obtener alrededor de 60 plantas por m², logrando el marco de

plantación a cosecha más aconsejable. En el mercado local se dispone de diferentes sembradoras de gran capacidad de trabajo, con las que se puede alcanzar alta precisión incluso en siembras directas, técnica que para este cultivo no fue hasta ahora desarrollada.

Sembrando semillas de buena calidad fisiológica, con niveles de buena humedad y temperatura de suelo, las plantas deberán mostrar sus hojas cotiledóneas a los 7-10 días posteriores a la siembra; si esto no ocurre, es recomendable repetir las operaciones y sembrar nuevamente, ya que si partimos con un bajo estándar de plantas es difícil conseguir buenos rendimientos (Sánchez, 2013).

3.3.5.4 Fertilización.

La regla principal es conocer el estado del suelo y para ello se debe realizar análisis al momento de elegir el lote a sembrar. La dotación será en función de la oferta nutricional del suelo y la fenología, se debe suplir la demanda de macronutrientes principalmente, nitrógeno y fósforo principalmente al inicio y hasta etapas previas al desarrollo, ya que no es recomendable fertilizar en plena floración, cuajado y llenado de granos, aunque se puede aplicar por vía foliar a base de potasio, esto mejora la calidad del producto (Sánchez, 2013).

3.3.5.5 Riego.

El cultivo de anís se riega normalmente por superficie, ya sea por surcos o en melgas, sobre todo aquellos productores que utilizan agua de distritos de riegos y trabajan en pequeñas superficies. En los últimos años, productores con mayor escala de producción iniciaron experiencias con sistemas presurizados de riego como lo son el goteo y la aspersión en este cultivo.

La demanda de agua o uso consuntivo no se conoce con exactitud, se aplican láminas aproximadas de 450 a 500 milímetros a lo largo de todo el ciclo, distribuidas en: riegos de presembrado y riegos durante el ciclo de plantación, con láminas de 50 milímetros en cada oportunidad, la eficiencia de aplicación, depende del productor, el sistema y la zona (Sánchez, 2013).

3.3.5.6 Sanidad Vegetal.

3.3.5.6.1 Malezas.

La identificación y control de malezas es fundamental en la elección del lote a sembrar. El manejo puede ser mecanizado y con agroquímicos; aunque también debido a la diversidad de productores se observa combinación de tareas manuales y mecánicas o solo manualmente y también un control integrado.

Los tratamientos químicos pueden ser de presiembra, preemergencia, postemergencia total, postemergencia dirigido, para todas estas formas de tratar hay herbicidas e incluso se pueden hacer combinaciones de productos. Las condiciones en las que se realizan los tratamientos son similares a la de cualquier tipo de agroquímico, tanto en el equipo como en las condiciones climáticas. Las plantas de anís en aplicaciones de herbicidas selectivos en pos emergencia, deben tener cuatro o más hojas verdaderas, si no es así, la selectividad no es tal y puede tener problemas de fitotoxicidad (Sánchez, 2013).

3.3.5.6.2 Plagas.

El cultivo de anís no presenta plagas claves. Las plagas que lo atacan en general son: hormigas, trips, gusanos de suelo, ácaros, pulgones, arañuelas (Sánchez, 2013).

3.3.5.6.3 Enfermedades.

El cultivo de anís no manifiesta mayormente problemas de enfermedades. Dentro de las enfermedades que se observan a campo, se destacan las que ocurren en la primera etapa de cultivo como el Damping off y el complejo de hongos de suelo. Para ello debemos tener una esmerada preparación del suelo, dejando un suelo rugoso, evitar encharcamiento y sembrar semillas tratadas con fungicidas, se puede encontrar ataques de *Fusarium* y/o *Rhizoctonia* en forma aislada o en manchones, cuando aparecen los primeros síntomas, tratarlos con fungicidas sistémicos (Seleme *et al.*, 2012).

3.3.5.7 Cosecha.

El momento oportuno es cuando los granos se encuentran de color pajizo, la madurez de estos no es concentrada, al contrario, se extiende por semanas, va pasando del verde claro al amarillo claro.

El sistema de cosecha es manual, pero en los últimos años aumentó en distinto grado la utilización de maquinarias para este fin. En el tipo manual: se corta, se hilera formando andanas, según la humedad y las condiciones del material cosechado, queda depositado unos días en el lote para luego ser recolectado y trasladarlo a depósito para su trillado, limpieza, clasificación y embolsado, para su posterior comercialización. El corte y engavillado se realiza normalmente temprano a la mañana con la mayor humedad relativa ambiente posible, para evitar la caída de los frutos (desgrane). Es fundamental que en este período no llueva, porque si esto ocurre, oscurece el grano y pierde valor comercial. La trilla se hace desde el método más simple que es mediante golpes o con maquinaria estacionaria. La limpieza y clasificación es realizada normalmente con zarandas o tamices en plano inclinado, con una o más pasadas según el material con que

se trabaja. Es recomendable trabajar en esta instancia con mesa densimétrica para tener una clasificación ideal para el grano o semilla. Se embolsa y se estiba en depósito permanente para su comercialización.

En los últimos años en el Valle Central de Catamarca y en el Valle de Lerma en Salta, se cosecha mecánicamente, obteniéndose muy buenos resultados. La cosecha mecánica puede ser total o parcial, con producto embolsado listo para clasificar y seguir los pasos ya mencionados. (Sánchez, 2013; Sánchez *et al.*, 2014).

3.3.5.7.1 Parte Útil.

El fruto (diaquenio) maduro y seco es empleado principalmente como condimento en la industria panaderil, repostería y licorería. El aceite esencial que se obtiene de la destilación del fruto se emplea en medicina veterinaria, farmacia, perfumería, insecticida. Otro producto del anís es su oleorresina. El principal componente de su aceite esencial es el anetol (80-90%).

3.4 Análisis Económico.

El análisis económico de los agricultores que producen esta aromática, que son en su mayoría pequeños productores, se abordó con conceptos de la economía clásica (Ghida Daza, 2009), pero es de destacar que debido a diferentes lógicas y enfoques, algunos pequeños productores poseen desarrollo de estrategias productivas particulares, diferentes a los de otros pequeños productores de las mismas u otras zonas, que requerían otras consideraciones particulares que se podrían abordar a futuro en este tipo de análisis en producciones agrícolas (Diez y Kostlin, 2009).

3.4.1 Factores de la producción de la explotación agropecuaria.

Los factores de la producción de la explotación agropecuaria son los recursos naturales, capital, trabajo y gestión empresarial, todos necesarios para obtener un producto durante el proceso de producción y cuya utilización debe ser retribuida (Ghida Daza, 2009).

Los recursos naturales: es el espacio físico donde se desarrolla la explotación y además los factores ambientales asociados a éste como es el suelo, el agua y elementos característicos del clima.

El capital: son fundiarios y de explotación. El capital fundiario incluye la tierra (cuya duración en el tiempo es ilimitada) y las mejoras que se incorporan en ella; estas a su vez pueden ser extraordinarias cuando incrementa el valor de la tierra (permanentes y sólo requieren de gasto de conservación, ejemplos de éstas son las represas,

sistematización, etc.) y ordinarias cuando tienen vida limitada (duran varios ciclos productivos, plantaciones de montes frutales y construcciones en general). Por otro lado, el capital de explotación está formado por bienes de naturaleza móvil, se distinguen entre fijos y circulantes. Los primeros son de destino fijo y duran varios años (máquinas, herramientas, rodados, animales, etc.). El capital circulante dura un ciclo productivo y lo constituye principalmente el dinero para hacer frente a la compra de insumos, servicios, etc. para lograr la producción, tanto como el stock físico de productos almacenados, la futura cosecha en crecimiento y otros activos corrientes.

El trabajo: se refiere al tiempo y esfuerzo físico de las personas que operan en las etapas de producción, pudiendo ser ésta contratada o familiar, permanente o temporaria. En su análisis debe ser tenido en cuenta la cantidad y calificación, asimismo, desde el punto de vista económico, debe ser retribuido con el salario si fuera contratada o bien mediante el costo de oportunidad si fuera familiar.

La gestión empresarial: se considera como otro factor y su rol principal lo constituye la toma de decisiones en la asignación de recursos (Ghida Daza, 2009).

Frank (1985) citado por Ghida Daza, (2009) define al costo como “la suma de los valores de los bienes y servicios insumidos en un proceso productivo”. En la determinación del costo de producción, se imputan los gastos a los que debe incurrir para llevar adelante el proceso productivo mediante las erogaciones directas, agregando la depreciación, que es la estimación monetaria de la pérdida de valor de los bienes durables que intervienen en la empresa luego de un ciclo de producción a causa de los desgastes físicos o técnicos. Así para que los bienes puedan ser repuestos al final de su vida útil deben ser amortizados. Aparte, debe considerarse la retribución al capital invertido mediante el interés.

La amortización toma en cuenta la pérdida de valor del capital con vida útil limitada y se incluye en el costo para asegurar la continuidad de los mismos.

Los gastos están integrados por gastos directos o especiales: atribuidos directamente al proceso productivo, y gastos generales: corresponden a los gastos de estructuras sin relación con la actividad en particular ejemplos de ellos son los impuestos, seguros, etc.

El interés: el dinero invertido, tiene un valor en el tiempo que se deriva de sus diferentes usos alternativos, el concepto de costo de oportunidad define el ingreso que se

deja de percibir en la mejor alternativa de uso de capital, en consecuencia, la tasa a aplicar debe contemplar el costo de oportunidad, el riesgo y la tasa inflacionaria.

3.4.2 Indicadores de resultados económicos de la actividad.

La estructura de costos e ingresos relevantes en la determinación de los indicadores de resultados en el corto plazo para la actividad está dada por:

Los costos fijos estructurales, incluyen la amortización de la inversión según la vida útil de los elementos que componen el equipo y costo de capital. (CFe).

Los costos directos fijos de funcionamiento incluyen insumos, mano de obra, mantenimiento y servicios (CFf).

Costos directos variables, de cosecha y comercialización (CV).

Ingresos como valor de venta de los productos obtenidos (I). A partir de los anteriores se calculan los indicadores económicos de la gestión. (Rucoba García, 2006; García *et al.*, 2005; García, 2007; Gonzáles y Pagliettini, 2001; Ghida Daza, 2009; Van den Bosch *et al.*, 2011).

Beneficio: Es la diferencia entre los ingresos y los costos totales.

$$B = I - (CFe + CFf + CV).$$

$$\text{Relación Beneficio- Costos totales } B \times (CFe + CFf + CV)^{-1}$$

$$\text{Relación Beneficio - Costo de circulante } B \times (CFf + CV)^{-1}$$

Ingresos brutos: precio de venta por cantidad producida, se venda o no la producción.

Margen Bruto: (MB) diferencia entre los ingresos brutos y costos directos efectivamente erogados CFf + CV atribuibles al proceso productivo en particular.

3.4.3 Análisis de factibilidad de un proyecto de inversión.

La evaluación da cuenta de la eficiencia en la asignación de los recursos y permite determinar desde el punto de vista privado la conveniencia de llevar adelante la inversión, busca determinar si el proyecto formulado es o no rentable y en qué medida. Cuando se está ante la decisión de adoptar un cambio tecnológico o incorporar un bien de explotación fijo como es el caso de un equipo de riego presurizado, se está ante un proyecto de inversión (Román, 2001). Decidir acerca de este tipo de variables, cuyo impacto se manifiesta en el largo plazo, requiere de metodologías de análisis diferentes a la que se aplican al realizar una evaluación de resultados en el corto plazo o en la elaboración de un plan anual.

La evaluación de la rentabilidad de un proyecto busca determinar si el proyecto formulado es o no conveniente y en qué medida.

Existen numerosos indicadores que permiten evaluar el impacto de una inversión, entre estos el Valor Actual Neto (VAN) o Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) citados y caracterizados en numerosa bibliografía (Fuentes Yagüe, 1992; Román, 2001; Gonzáles y Pagliettini, 2001; Savva y Frenken, 2002; Jansson Molina, 2006 y García, 2007) son los más ampliamente utilizados y se calculan a partir del Flujo Neto de Fondos Proyectado Relevante. La inversión a lo largo de su vida va a generar una corriente de cobros atribuida a los ingresos que el funcionamiento del proyecto generará mediante venta de productos obtenidos como resultado, al mismo tiempo se genera otra corriente de signo opuesto, los pagos inherentes al proceso productivo que surgen de la inversión, y que está compuesta por los gastos. Asimismo, a lo largo del proyecto pueden existir otros cobros y pagos destinados a la renovación parcial de los componentes del proyecto de inversión, a la constitución de capital de trabajo y sus incrementos, así como a la amortización de créditos y sus intereses. De esta forma el Flujo Neto de Fondos Proyectado Relevante resulta de confrontar el Flujo de Fondos del Sistema Productivo con la inversión (Situación con Proyecto) versus el Flujo de Fondo del Sistema Productivo sin proyecto.

La Inversión es el costo que asume el inversor, en este caso el productor, para poner en marcha un proyecto. Este pago, en principio, supone un desembolso único al principio del proyecto.

El Valor Actual Neto (VAN) es un indicador de rentabilidad cuyo procedimiento de cálculo permite obtener el valor presente del flujo de caja futuro originado a partir de una inversión, considerando una tasa de descuento predeterminada, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) representa el interés que debería rendir el mejor uso alternativo del capital para igualar los beneficios atribuibles al proyecto y equivale a la tasa de descuento a la cual el VAN es cero.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización y descripción del ensayo.

4.1.1 Área de estudio.

El trabajo se llevó a cabo en la provincia de Catamarca en el departamento Valle Viejo en el predio de la familia Villalobo el cual cuenta con una superficie de 5 ha, situado en la localidad de Polcos, se encuentra localizado a los $28^{\circ}26'28''$ latitud Sur y $65^{\circ}43'28''$ longitud Oeste y 525 msnm, distante a 7 km dirección noreste de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. El ensayo consistió en evaluar el efecto sobre el rendimiento comercial de la aplicación de diferentes láminas de riego sobre un cultivo de anís, para posteriormente determinar el mejor rendimiento económico en las condiciones locales.

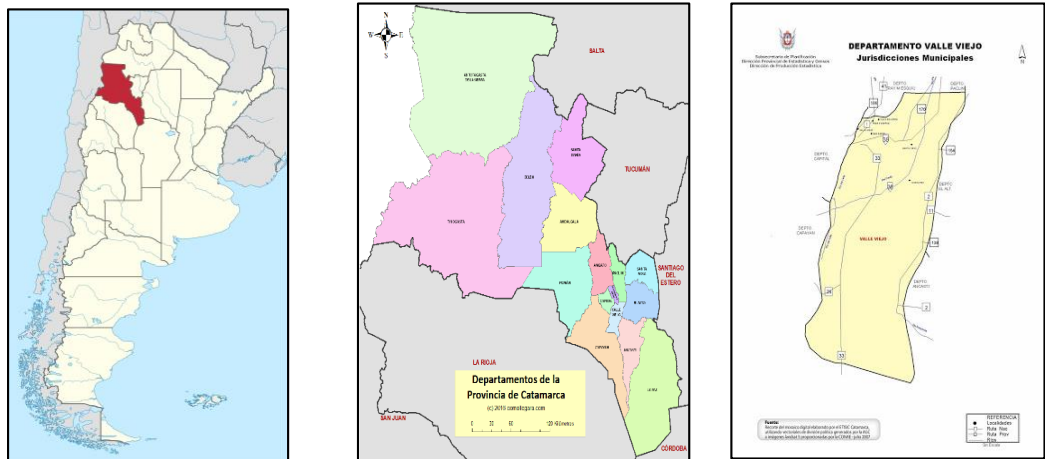


Figura 2 Ubicación geográfica del sitio de estudio.

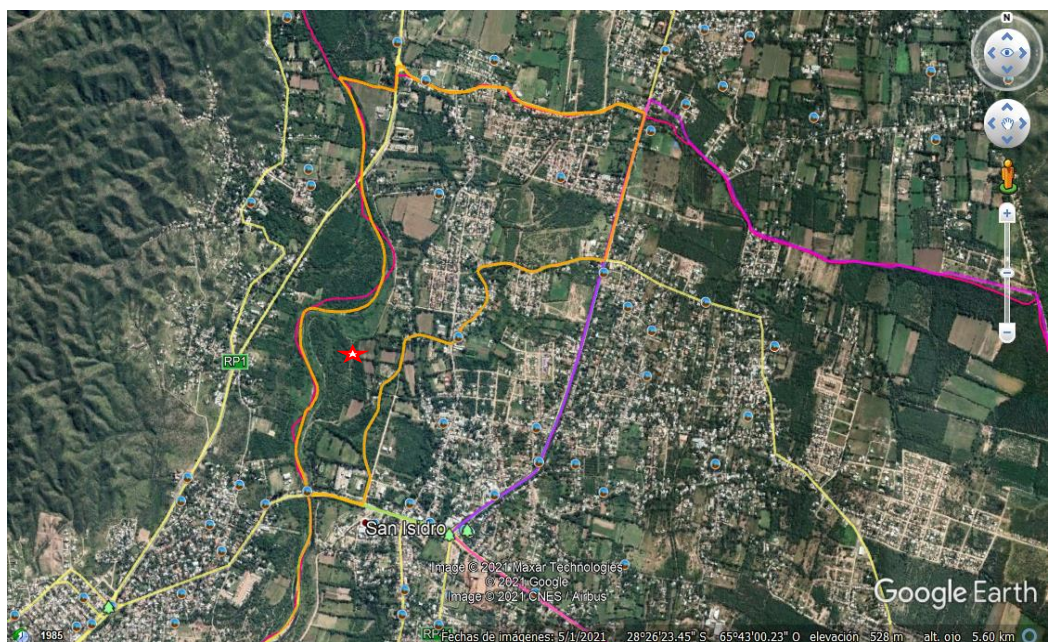


Figura 3 Ubicación satelital zonas adyacentes al sitio de estudio. Elaborado con Google Earth.



Figura 4 Ubicación satelital del sitio de estudio. Material elaborado con Google Earth

Lat S: 28°26'27.81'' Long O: 65°43'27.74''



Figura 5 Fotografía tomada mediante un vuelo de drone DJI Phantom 4 Pro Plus realizado por el personal técnico de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCa.

4.1.2 Características climáticas de la zona.

El clima en el departamento Valle Viejo es subtropical seco, la temperatura media anual es de 24°C, con máximos absolutos de 45°C. La lluvia ocurre desde diciembre a marzo y el promedio anual es de 350 mm. La topografía y ubicación de los sistemas montañosos definen la formación de microclimas.

4.1.3 Características del suelo y el agua en el área de estudio.

Previo al inicio del ensayo experimental se tomaron muestras de suelo, agua y se efectuó la caracterización física química en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Catamarca. Dichos análisis se encuentran descritos en el anexo n°9.11.

4.1.3.1 Características del suelo.

El suelo del ensayo es representativo del Valle Central de Catamarca, de origen aluvial, físicamente presenta importante presencia de arena, junto con limo y menor cantidad arcilla, la textura es franco en todo el perfil. Químicamente el suelo es escasamente salino (2-4 dS/m), el índice RAS con niveles bajos (< 15), por consiguiente es no sódico. El pH es moderadamente alcalino (7,7). La fertilidad del suelo, es buena, ya que se trata de un suelo con un contenido de materia orgánica moderado a alto (1,6–2,5 %), el nitrógeno es bajo (0,09-0,08%). Desde el punto de vista de la fertilidad, se trata de un suelo con moderados a altos niveles en cuanto a contenidos de materia orgánica, buenos de fósforo y potasio, y bajos niveles de nitrógeno (ver Anexo 9.11.2).

4.1.3.2 Características de agua para riego.

El análisis mostró que la conductividad eléctrica y la relación de absorción de sodio (RAS), según la clasificación de calidad de agua de Riverside, se considera “salina baja” y “baja peligrosidad sódica” El pH de la muestra es “levemente alcalino” (7,4-7,8). Sin embargo, este análisis, ha entrado en desuso ya que la relación entre la CE y el RAS es inversa a la que recientes investigaciones han demostrado y siguiendo lo mencionado por Ayers y Westcott, 1985, que distinguen el efecto del sodio en la planta y en el suelo en el manual FAO 29, quedan definidos por CE como “sin peligrosidad salina” y por PSI “nula peligrosidad sódica” en la muestra, siendo la misma desde análisis, excelente para el riego (ver Anexo 9.11.1).

4.1.4 Parcelas demostrativas.

4.1.4.1 Parcela demostrativa de Riego por goteo.

La superficie del ensayo fue de 336 m² para el lote destinado a los tratamientos con riego por goteo y se conformó de 16 parcelas elementales de 21 m² cada una, las mismas se conformaron con 3 hileras de cultivo de 10 m distanciadas 0,7 m y con un stand de 60 plantas.m⁻². La unidad observacional estuvo constituida por la hilera central de cada parcela sirviendo el resto como bordura. La distribución fue en bloques completamente al azar con 4 tratamientos de riego y 4 repeticiones. El motivo por el que se usó este diseño fue debido a que el terreno donde se realizó el ensayo presentaba sombra de la vegetación aledaña, con lo cual se buscó reducir y controlar la varianza del error experimental (Kuehl, 2001) para tener mayor precisión debido a esta circunstancia.

4.1.4.1.1 Tratamientos.

Los tratamientos consistieron en distintas dotaciones de riego; T0 es el testigo sobre el cual se aplicó el 100% del consumo de agua conforme a la variación del contenido hídrico del suelo, T3 correspondió a la aplicación del 119% de la lámina aplicada en el testigo, T2 y T1 corresponden al 81% y 69% del agua suministrada al testigo, todas las variaciones se efectuaron en las fases de mediados y final del cultivo.

4.1.4.2 Parcelas demostrativas de Riego por surco.

En el caso del método de riego gravitacional por surco, fue realizado en un lote de 504 m² y constó de 12 hileras de cultivo de 60 metros distanciadas a 0,7 metros y con un stand de plantas similar a la otra parcela. Ambos ensayos pueden observarse en la Figura 4.

4.1.5 Manejo agronómico del cultivo.

4.1.5.1 Preparación del terreno.

Durante febrero, marzo, abril y mayo del año 2019 se realizó desmalezado manual mediante el uso de moto guadaña, el cultivo antecesor fue tomate (*Solanum lycopersicum* L.), luego se efectuó un cincelado con dos pasadas diagonales, se bordeó y regó para promover la germinación de las malezas y almacenar agua en el perfil del suelo. Finalmente se formó la cama de siembra, consistente en rastrado, nivelado y surcado con arado de mancera a tracción a sangre, con surcos distanciados a 0,7 m. Resultando 24 surcos en total, 12 surcos de 40 m de largo para el ensayo de riego por goteo y 12 surcos de 60 m de largo para el riego por surco.

4.1.5.2 Semillas.

La semilla fue provista por la Unidad de EEA INTA Catamarca Sumalao, seleccionadas de sus mejores lotes, a las que someten a un mayor grado de limpieza y selección con respecto a la que venden como grano. La cátedra de Genética de la Facultad de Ciencias Agrarias realizó el análisis de poder germinativo el cual arrojó un valor superior al 90% y una pureza superior de 95%.

4.1.5.2.1 Tratamiento de semillas.

La semilla fue tratada con un insecticida, Tiametoxan de acción sistémica, a razón de 500 cm³ y un fungicida sistémico, Carbendazim en dosis de 200 g por cada 100 kg de semilla y se agregó un colorante (anilina) que la distinga del grano para consumo humano y además para ayudar en la tarea de la siembra.

4.1.5.3 Siembra.

La siembra se realizó el día 14 de mayo de 2019 en líneas distanciadas 0,7 m entre sí de forma mecanizada con sembradora de grano fino a chorrillo, marca “bisig”, usando en promedio una densidad de siembra respetando lo sugerido por Sánchez (2013), de 6 kg.ha⁻¹, para que esa cantidad de semillas genere un stand de plantas de siembra a cosecha óptimo entre 40 a 60 plantas.m⁻².

4.1.5.4 Acondicionamiento de los métodos de Riego.

4.1.5.4.1 Riego por goteo.

Una vez preparado el terreno se procedió, a armar el sistema de riego por goteo, desde la cisterna de fuente de agua hasta la colocación del cabezal de riego y las cañerías que llegan hasta la parcela. Posterior a la siembra se instaló la terciaria con sus líneas de goteros respetando el diseño experimental.

4.1.5.4.2 Riego por surco.

Posterior al laboreo y siembra se acondicionó las líneas de siembra realizando las distribuciones desde la acequia principal a cada una de ellas para lograr una correcta irrigación, se instalaron aforadores RBC para controlar los volúmenes aplicados en la parcela y el caudal que se aplicó fueron láminas aproximadas de 500 milímetros a lo largo de todo el ciclo, distribuidas en dos riegos antes de sembrar y ocho durante el ciclo de plantación, con láminas de 50 milímetros en cada oportunidad según Sánchez (2013). Dichos aforadores fueron el modelo RBC 0,75, se instalaron tanto a la entrada como a la salida de un surco experimental. El tiempo de riego se determinó desde la entrada de agua

al surco experimental con unos 10 minutos de estabilización, hasta el tiempo de corte en la entrada general de toda la parcela, regando así toda el área experimental. Las lecturas y determinación de volúmenes aplicados se realizaron en función de la terminología usada por Bos *et al.*, (1986).

4.1.5.5 Desmalezado.

Conforme a las necesidades fueron realizados trabajos de limpieza y desmalezado mediante el uso de herramientas manuales, principalmente el escardillo. No obstante, se efectuaron aplicaciones de Linuron 50% a razón de 10 cc.l⁻¹ con pulverizadoras a mochila de 20 litros a modo de preemergente.

4.1.5.6 Tratamientos sanitarios.

En general, el cultivo no sufrió ataques importantes de plagas y/o enfermedades, por lo cual no se realizaron aplicaciones de agroquímicos.

4.1.5.7 Manejo del Riego.

Para determinar el tiempo y la necesidad del riego se consideró la capacidad de almacenaje de agua del suelo, (dado que el presente estudio es de optimización en el aprovechamiento del recurso y considerando la precipitación del equipo relativamente alta: 4 mm.ha⁻¹).

El manejo del riego para la parcela con goteo durante el período que comprendió la siembra y el inicio de la floración, se efectuó de manera idéntica en todos los tratamientos. A partir de ahí se produjo la diferenciación, para lo cual se utilizaron como variables de ajustes, los tiempos de riego ya que los emisores y el distanciamiento entre ellos en los laterales fueron iguales para cada tratamiento.

En el caso del riego por surco se efectuó según lo sugerido por Sánchez (2013), el cual posee un uso similar al realizado por los productores de anís en la zona del NOA.

4.1.5.8 Fertilización.

No se efectuó ninguna aplicación de fertilizantes, debido al esquema de rotación del campo sumado al análisis del suelo anexo 9.11.

4.1.5.9 Cosecha.

El momento de cosecha fue cuando los granos estaban de color pajizo y la planta estaba en condiciones ya explicadas. Fue efectuada en forma manual, en una sola pasada se cortó, se hileró formando andanas y fue trasladado a un depósito para su trillado, limpieza, clasificación y embolsado, para su posterior pesado. El corte y engavillado se

realizó por la mañana temprano con la mayor humedad relativa ambiente posible, para evitar el desgrane. Se tuvo el cuidado fundamental que en este período no llueva, por cuanto ello oscurece el grano y pierde el valor comercial.

4.1.5.10 Parte útil del cultivo.

La parte útil del cultivo y forma más usada de comercialización, que hace al rendimiento comercial es el grano maduro y seco, que se cuantifica en unidad de kg.ha^{-1} .

4.1.5.11 Procedimiento de evaluación de rendimientos agronómicos.

Con el ensayo se comparó el rendimiento comercial de anís en kg.ha^{-1} de grano maduro y seco, ya que así se comercializa, previamente despojado de la champa y la pajilla (Sánchez *et al.*, 2020).

En el presente ensayo se aplicaron dos métodos de riego debido a que el cultivo de anís se riega normalmente por superficie, ya sea por surcos o en melgas y también por sistemas presurizados como lo son el goteo y la aspersión en este cultivo (Sánchez, 2013). Para el caso del riego por goteo, que además se hicieron distintos tratamientos se establecieron estadísticamente parcelas representativas con sus respectivas borduras y área cosechable. En cambio, para el sistema de riego por surco se realizó una parcela que fue regada en forma homogénea siguiendo lo citado en la bibliografía, lo cual es usado por los productores de las zonas productivas.

Se procedió a cosecharlos como en zonas productivas con tipologías de pequeños productores y consistió en una forma manual que se corta ayudado de una tijera de podar, se hilera formando andanas, se embolsó bien rotulada cada muestra y se trasladó a un depósito para su trillado, limpieza, clasificación y embolsado, para su posterior pesado. La trilla se hizo con el método más simple que es mediante golpes a las bolsas y la limpieza y clasificación se realizó con zarandas o tamices en plano inclinado, con varias pasadas. Por último, se procedió a pesar cada una de las muestras. Con dichos datos se pudo inferir el rendimiento en kg.ha^{-1} .

Con los datos de rendimiento obtenidos de la parcela de riego por goteo, se determinó cuál de las dotaciones de riego es la que manifestó mejor rendimiento y si presentan diferencias significativas entre las medias de cada tratamiento, razón por la cual se hizo análisis de la varianza con el programa Infostat profesional versión 2020.

Una vez determinado el mejor tratamiento del sistema de riego por goteo, se comparó con el rendimiento del riego por surco.

4.2 Objetivo Específico n°1.

Comparar los rendimientos comerciales de año entre el método de riego tradicional por surco y el método por goteo con sus distintos tratamientos.

4.2.1 Análisis Estadístico de los rendimientos del sistema de riego por goteo.

Las variables respuesta estudiadas estuvieron vinculadas al rendimiento comercial como resultado de la aplicación de diferentes láminas de riego. El rendimiento comercial expresado en kg.ha^{-1} se efectuó un análisis de la varianza unifactorial. El modelo empleado en el DBCA respondió a la siguiente expresión:

$$I- \gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

γ_{ij} es la observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

μ es la media general de las observaciones

τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento $i = 1, \dots, a$

β_j es el efecto del j-ésimo bloque $j = 1, \dots, b$

ε_{ij} es el término de error aleatorio, es una variable aleatoria normal independientemente distribuida con esperanza 0 y varianza $\sigma^2 \forall i, j$ (Balzarini *et al.*, 2008).

Los análisis se efectuaron a través del software estadístico InfoStat Profesional versión 2020.

Los supuestos que soportan este modelo son que los errores se distribuyen en forma normal, con varianza constante e independientes entre tratamientos.

4.2.1.1 Supuestos del Análisis.

Independencia

Normalidad

Homogeneidad de varianzas

4.2.1.2 Suposiciones necesarias para un análisis de variancia de los datos.

Para hacer el análisis de la varianza se efectuó una prueba de normalidad de distribución de las medias en cada tratamiento y posteriormente una prueba de homogeneidad de las varianzas entre los tratamientos.

4.2.1.3 Restricciones necesarias para un análisis de variancia de los datos.

$$\sum \tau_i = 0$$

$$\sum \beta_j = 0$$

Para probar la validez de los supuestos se utilizan los residuos e_{ij} . Se verificaron los supuestos de independencia, normalidad y homogeneidad de la varianza en forma gráfica y analítica.

4.2.1.4 Prueba de los supuestos en forma gráfica y analítica e hipótesis puestas en juego.

4.2.1.4.1 Independencia de errores.

ξ_{ij} son independientes $\sim DN(0, \sigma^2)$. Esta prueba no es necesario realizarla ya que al aleatorizar los datos se están cumpliendo con este supuesto.

4.2.1.4.2 Supuesto de Normalidad.

Para el supuesto de normalidad del ANOVA se utilizó analíticamente la prueba de Shapiro-Wilks modificado y gráficamente “qqplot”.

Considerando que:

$$H_0: \varepsilon_{ij} \sim D$$

$$H_1: \varepsilon_{ij} \text{ No } \sim DN$$

4.2.1.4.3 Supuesto de Homogeneidad.

En el caso del análisis de la homogeneidad de la varianza, analíticamente se generó un ANOVA sobre los valores absolutos de los residuos del error con una sola vía de clasificación (tratamiento) la denominada prueba de Levene y gráficamente con el diagrama de dispersión.

Considerando que:

$$H_0: \varepsilon_{ij} \sim DN$$

$$H_1: \varepsilon_{ij} \text{ No } \sim DN$$

4.2.1.4.3.1 Prueba de Homogeneidad Analítica: Levene (RABS/tratamientos)

Planteando como hipótesis

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_i^2$$

$$H_1: \text{al menos una } \sigma_i^2 > \sigma_j^2 \quad \forall i \neq j$$

$$\alpha = 0,05$$

4.2.1.5 Análisis de la varianza.

Para el análisis de la varianza se plantean las siguientes hipótesis estadísticas

$$H_0: \mu_j = \mu \quad \mu_j = \mu ;$$

$$H_1: \mu_j \neq \mu \quad \mu_j \neq \mu$$

La hipótesis nula plantea que los promedios de los distintos tratamientos no difieren y son iguales al promedio general, en tanto la alternativa propone que algún valor difiere significativamente de otro y consecuentemente del promedio general.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_i$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para al menos un par (ij)}$$

$$\alpha: 0,05$$

El Análisis de la Varianza para determinar el nivel de significancia estadística entre las medias de los tratamientos (LSD Fisher) se empleó un alfa (α) = 0,05.

4.3 Objetivo Específico n°2.

Analizar los resultados económicos de las alternativas del riego.

4.3.1 Metodología de cálculo de indicadores económicos ex post de las distintas estrategias de riego.

Para determinar la conveniencia de ejecutar el proyecto de riego por goteo, resulta necesario compararlo con el escenario actual, es decir con un método de riego mayormente optado, en este caso el riego por surco, Sánchez *et. al.*, 2014 y Sánchez *et. al.*, 2020, con la situación proyecto de riego por goteo. Por ello se usó el ensayo comparativo de anís sito en cercanías donde se realizó el ensayo de riego por goteo (anexo n°9.2) y se determinó los análisis económicos de los mismos.

Los indicadores económicos que se evaluaron son los siguientes, expresados en unidades monetarias por unidad de superficie. Para su obtención se utilizaron precios de insumos, capital y servicios actualizados a mayo de 2019, en tanto que los precios de ventas corresponden a diciembre del mismo año en el mercado local.

$$\text{II- } B = I - CT$$

$$\text{III- } I = p \cdot Q$$

$$\text{IV- } CT = Ga + CFe + CO MO + r$$

Donde B correspondió al beneficio en términos monetarios del ejercicio productivo, I a los ingresos brutos por venta o no, del producto Q obtenido al precio p y CT los costos totales atribuidos al ciclo productivo. Para su obtención se tomó en cuenta la amortización de la inversión (CFe) en este caso la correspondiente al sistema de riego, los gastos (Ga) de funcionamiento integrados por CFf y CV, el interés (r) para lo cual se utilizó un interés efectivo de 18,25% a un plazo de 6 meses correspondiente a la

capitalización mensual de un interés nominal anual del 34% vigente para depósitos a plazos fijos en la entidades bancarias privadas, y se consideró el costo de oportunidad de la mano de obra familiar (CO MO).

La razón Beneficios /Costos Totales, o Rentabilidad de la explotación, indica el retorno en dinero que se obtiene de cada unidad monetaria invertida en conjunto.

V- $B. CT^{-1}$

La Relación Beneficios / Gastos de funcionamiento; da cuentas del rendimiento relativo de la cantidad monetaria gastada durante el proceso productivo, es decir se refiere a la rentabilidad en el corto plazo.

VI- $B. Ga^{-1}$

Margen Bruto: constituye una medida de resultado económico al corto plazo y está dado por la diferencia de los ingresos y de los costos directos, incluyendo aquí los gastos, amortizaciones de la inversión y no se tomó en cuenta el costo de mano de obra por considerarse familiar.

VII- $MB = I - GFt - CFe - \text{venta}$

La Relación Beneficio Inversión: indica la tasa de recuperación de la inversión.

VIII- $B. I^{-1}$

4.3.2 Análisis de factibilidad económica de un proyecto de inversión.

Los indicadores de rentabilidad utilizados, fueron VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno).

4.3.2.1 Parámetros.

4.3.2.1.1 Valor Actual Neto.

La metodología consistió en actualizar mediante una tasa de descuento o tasa de actualización que refleja el costo de oportunidad del capital, los fondos futuros de un proyecto. A este valor se le restó la inversión inicial, de tal modo que se obtuvo el valor actual neto del proyecto, es decir la ganancia neta generada por el proyecto. Los elementos de cálculo del VAN fueron el Flujo de Caja o Flujo de Fondos, Tasa de Descuento, Inversión Inicial y el tiempo.

4.3.2.1.2 Flujo de Caja.

Para su determinación se calcularon los ingresos que el funcionamiento del proyecto generará mediante la venta de productos obtenidos como resultado del mismo, asimismo se tuvieron en cuenta también los costos fijos de funcionamiento y los costos variables (incluidos aquí el costo del riego), todo proyectado a 10 años.

4.3.2.1.3 Tasa de descuento o de actualización.

Es la tasa que se utiliza para homogeneizar los parámetros del flujo al momento actual, se consideró como costo de oportunidad la rentabilidad de una inversión alternativa como el rendimiento a plazo fijo en depósito bancario. Se consideró una tasa descuento de 34%, equivalente al rendimiento financiero en entidades privadas.

4.3.2.1.4 Inversión.

Se incluyó el costo del equipo de riego con los accesorios y la estimación del costo de construcción de reservorio de agua con la impermeabilización usada habitualmente para este fin.

4.3.2.1.5 Horizonte de evaluación del proyecto.

Se consideró un horizonte de 10 años por cuanto se estima que en ese período el productor deberá renovar los elementos del equipo de riego más duraderos que integran el cabezal del mismo.

$$\text{IX- VAN} = \sum_{t=1}^n \left(\frac{Ft}{(1+i)^n} \right) - K$$

Ft corresponde al flujo de fondo en el período n ,

i es la tasa de descuento,

K la inversión inicial

n el horizonte de evaluación.

4.3.2.1.6 Tasa Interna de retorno.

Es la tasa a la cual el VAN se hace igual a cero, representa el interés anual medio ganado por la inversión de capital en el proyecto durante su vida.

$$\text{X- TIR} = \text{VAN} = 0$$

F_n es el flujo de caja en el periodo n .

n es el número de períodos.

i es el valor de la inversión inicial.

4.4 Objetivo Específico n°3.

Obtener la función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.

4.4.1 Ensayo experimental: Producción de Anís con distintos tipos de riego en distintos niveles.

4.4.1.1 Tratamientos

Los mismos consistieron en distintos niveles de riego; T0 es el testigo, T3, T2 y T1.

4.4.1.2 Método de Riego por goteo.

Se utilizó un equipo de riego por goteo que fue diseñado para garantizar todos los tratamientos. El mismo constó de laterales en cada hilera de plantación con goteros incorporados distanciados a 0,6 m y con una descarga teórica de $1,71 \text{ l.h}^{-1}$. El tiempo de aplicación fue la variable que se utilizó para la diferenciación de la dosis de riego de los distintos tratamientos, asumiendo una eficiencia de aplicación del equipo de 90%.

El diseño y listado de materiales se encuentran descritos en el anexo n°9.8, así como el registro fotográfico del mismo.

Se efectuó riego a manto previo a la siembra para iniciar todos los tratamientos con la misma humedad a capacidad de campo, no hubo diferenciación del riego desde la siembra hasta el inicio de la maduración.

El equipo de riego consistió en un pozo cisterna de 12 m de largo, 2 m de ancho y 2 m de profundidad, una capacidad de 48 m^3 que a su vez alimentaban el equipo motobomba del cabezal. Dicha cisterna se proveía con agua en forma permanente proveniente del sistema de distribución de agua del Valle Central de Catamarca, sirviendo al sistema como fuente de reserva del recurso. El cabezal del equipo contó con un tubo de succión con filtro de pie, que conecta a la cisterna con la electrobomba monofásica de 1 HP de potencia, una válvula de alivio de presión, un sistema de fertirriego tipo Venturi, manómetro, filtro de anilla y ventosa en su extremo superior, el agua se condujo hasta la parcela experimental mediante tubería K6 de PVC de 50 mm de diámetro, luego las tuberías secundarias del mismo material de 40 mm de diámetro, las tuberías terciarias de PE de 32 mm en los que se conectaron los laterales de PE de 16 mm de diámetro y 1,1 mm de espesor, sobre las que se encontraron los emisores, de un caudal de $1,71 \text{ l.h}^{-1}$.

4.4.1.3 Manejo del riego.

El manejo del riego se realizó siguiendo el contenido hídrico del suelo mediante el monitoreo del contenido de humedad del suelo semanalmente mediante el método gravimétrico. Los Tratamientos se mantuvieron en zona de confort hídrico hasta la diferenciación del riego. En el Tratamiento testigo se siguió la programación de riego satisfaciendo alrededor del 100% del consumo de agua conforme a la variación del contenido hídrico del suelo, en tanto para los Tratamientos respectivos se ajustaron los tiempos a cada tratamiento a intervalos regulares para facilitar la operación.

4.4.1.3.1 Determinación de la evapotranspiración del cultivo ETc.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo se utilizó la siguiente expresión.

$$\text{XI- } ET_c \text{ max (mm. día}^{-1}\text{)} = K_c \cdot ETo \text{ (mm. día}^{-1}\text{)}$$

Donde ETc máx correspondió a la máxima evapotranspiración del cultivo en estudio, en este caso del año expresado como altura de agua en mm diarios; Kc correspondió a un coeficiente del cultivo de similares características morfológicas y taxonómicas del año ya que no existe información pertinente para la especie en estudio (Sánchez, 2013) en este caso los datos de Kc que se usaron son los del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota L.*) para las condiciones locales y cuyo valor adimensional varía con la etapa fenológica; y ETo a la evapotranspiración de referencia.

4.4.1.3.1.1 Determinación del coeficiente del cultivo.

El parámetro que incluye las características particulares del cultivo es el coeficiente de cultivo kc, se procedió a su estimación considerando cuatro fases fenológicas del cultivo; fase inicial, de desarrollo, de mediano de temporada y de fin de temporada. La fase inicial del cultivo, correspondió al período que va desde la siembra hasta la cobertura del 10% de la superficie del suelo, comprendido en este caso entre los días 14 de mayo y 12 de julio, cuando se siguió el procedimiento descrito para humedecimientos parciales por (Allen *et al.*, 1998) cuya ecuación para el Kc de la fase inicial Kc ini que se usó fue la siguiente.

$$\text{XII- } Kc \text{ ini} = kci1 + \frac{lp-10}{40-10} \cdot (kci2 - kci1) \cdot fw$$

Donde kci1 es el Kc de la fase inicial para eventos de humedecimiento hasta 10 mm, Kci2 para humedecimientos mayores a 40 mm y suelo de textura media, estos

valores se tomaron de tabla (Allen *et al.* 1998:117 -119); I_p , es la infiltración promedio obtenida para humedecimientos parciales y f_w expresa fracción de humedecimiento.

$$\text{XIII- } I_p = k_c \text{ tab} \cdot E_{To} \cdot \frac{IR}{f_w}$$

Donde, $k_c \text{ tab}$, es valor tabulado para el cultivo (Allen *et al.*, 1998: 110 -114). E_{To} es la evapotranspiración de referencia, IR es la frecuencia de riego expresado en días y f_w es la fracción de humedecimiento que para el estudio se estimó en 100%.

En la fase de desarrollo, sigue a la fase inicial y llega hasta la cobertura vegetativa total de la superficie, correspondientes al día 9 de septiembre, el valor de K_c des se obtuvo mediante la siguiente expresión.

$$\text{XIV- } K_c \text{ des} = K_c \text{ ini} + \frac{i-j}{k} \cdot (K_c \text{ med} - K_c \text{ i})$$

Donde i es el número de día dentro de la etapa de ciclo del cultivo, j representa los días de duración de la fase inicial, k el periodo de duración de la fase de desarrollo y $k_c \text{ med}$, es el coeficiente tomado de tabla correspondiente a la fase de mediado de temporada, cuyo período comprende el fin de la fase de desarrollo y el inicio de la maduración 1 de octubre, y la fase final desde esta fecha hasta la cosecha entre el 20 de noviembre.

Para la determinación del coeficiente de cultivo en la etapa final se utilizó la siguiente expresión.

$$\text{XV- } K_c \text{ fin} = K_c \text{ med} + \frac{i-j}{m} \cdot (K_c \text{ ini} - K_c \text{ med})$$

Donde l representa los días de duración de la fase de mediado de temporada y m los días de duración de la fase final.

4.4.1.3.1.2 Estimación de la evapotranspiración de referencia E_{To} .

Para la estimación de los datos de evapotranspiración de referencia se utilizó el programa CROPWAT 8.0. El programa obtiene los datos siguiendo el procedimiento de Allen *et al.*, 1998.

$$\text{XVI- } E_{To} = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T+273} \cdot U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0.34 \cdot U_2)}$$

γ Constante Psicrométrica.

Δ Pendiente de la curva de presión de vapor.

R_n radiación neta sobre la sup. del cultivo.

R_a Radiación extraterrestre

G Flujo de calor del suelo.

T Temperatura media del aire a 2 metros.

U2 velocidad del viento a 2 metros

es presión de vapor a saturación

ea presión de vapor real.

Los datos climáticos necesarios para la estimación de la evapotranspiración de referencia fueron tomados de la estación meteorológica perteneciente al Ministerio de Ciencia e Innovación Tecnológica del Gobierno de la Provincia de Catamarca, ubicada en el CAPE a una distancia de 5 kilómetros del ensayo, la cual es administrada por el personal de dicho ministerio. La precipitación se midió in situ con un pluviómetro instalado en una zona media del ensayo.

4.4.1.3 Monitoreo de la humedad del suelo.

Se extrajeron muestras del suelo con el uso de barreno, a distintas profundidades, 25 y 50 cm, debido al área de exploración radicular de la especie que estuvo entre los 35 y 38 cm de profundidad. Las mismas fueron recolectadas en recipientes cilíndricos de aluminio, pesafiltros con tapas para aislar las muestras. Estas se pesaron en balanza eléctrica, se llevaron estufa a 105 C° durante 48 horas y se efectuaron mediciones del peso seco de la muestra; el contenido gravimétrico de humedad se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{XVII- } W (\%pp) = \frac{M_h - M_s}{M_s - T} \cdot 100$$

Donde W fue el contenido de humedad expresado como porcentaje gravimétrico de suelo seco, Mh fue el peso del recipiente con suelo húmedo de la muestra, previo a ser sometido a estufa, Ms el peso del recipiente con suelo seco de la muestra luego de estufa y T es el peso del recipiente que contiene la muestra.

4.4.2 Función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.

El rendimiento (Q) de producción se asumió como dependiente del volumen de agua aplicado, manteniendo constantes otras variables. $Q = f(w)$.

Se determinó la función de rendimiento mediante análisis de regresión según la metodología descrita por Caballer y Guadalajara (1998).

$$\text{XVIII- } Q = a + b \cdot w - c \cdot w^2$$

Donde Q fue la cantidad producida por unidad de superficie, w volumen de agua aplicado a cada tratamiento y a, b y c los coeficientes de regresión.

A partir de la anterior se obtuvo la productividad del agua o producto físico marginal como función derivada de la misma. La lámina que maximiza la producción se obtuvo al igualar a 0 la productividad marginal.

$$\text{XIX- } \partial Q / \partial w = p_{fm} = 0$$

4.4.3. Determinación de los umbrales de rentabilidad del agua y cultivo en situación de escasez hídrica.

4.4.3.1 Ingreso Marginal.

La productividad marginal o producto físico marginal del agua se define como el incremento de la producción como respuesta a la utilización de una unidad adicional en este caso de agua. Para su cálculo se derivó la función de producción del agua y con ella se obtuvo el ingreso marginal al multiplicar por el valor de venta del producto p , ello representa la contribución del agua al valor de la producción agrícola.

De la ecuación XIX se asumió que la cantidad producida es función del agua.

$$\text{XX- } Q = f(W)$$

Por tanto, reemplazando en III se obtuvo la función de ingreso del agua

$$\text{XXI- } I = p \cdot f(W)$$

Derivando la función de ingreso respecto del agua se obtuvo el ingreso marginal (I_m) igual al producto entre el precio de venta del producto por la productividad marginal del agua o producto físico marginal

$$\text{XXII- } \partial I / \partial w = p \cdot \partial Q / \partial w = I_m$$

En condiciones óptimas esta debe ser igual al costo marginal del agua, el máximo beneficio se obtiene cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal del factor de la producción en estudio (Caballer y Guadalajara, 1998). Por lo tanto, el ingreso marginal representa el máximo precio que el productor estaría dispuesto a pagar por el agua aplicada, es decir que es su umbral de rentabilidad en que el beneficio incremental es nulo.

4.4.3.2 Costo Marginal del Riego.

Por su parte se estimó el valor del agua aplicada como la suma del costo del riego, donde se incluyeron los costos variables de funcionamiento según el suministro de agua (consumo eléctrico, Cee) y el costo de oportunidad equivalente al precio que paga la empresa de servicio de agua potable por el agua cruda previo a la potabilización CO_w ,

establecido según dato suministrado por la dirección de riego en $0,06 \text{ \$ m}^{-3}$. Por tanto, el valor del agua se consideró equivalente al costo marginal del riego.

$$\text{XXIII- } C_w = C_{ee} + C_{Ow}$$

El máximo beneficio y, por tanto, las pautas de diseño del riego se obtuvieron al hacer el Ingreso Marginal igual al Costo Marginal.

$$\text{XXIV- } C_w = IM$$

Reemplazando en la ecuación XXV el Valor de IM de la ecuación XXIII y despejando w de la expresión resultante XXVI se obtuvo la lámina óptima desde el punto de vista económico.

$$\text{XXV- } C_w = p - \partial Q / \partial w$$

4.5 Objetivo Específico n°4.

Comparar la eficiencia del uso del agua entre los métodos de riego tradicional por surco con el método por goteo y sus distintos tratamientos.

4.5.1 Determinación de la Eficiencia de Aplicación.

La eficiencia de uso del agua (EUA) es la relación entre el peso del producto comercial y el volumen de agua de riego aportado expresado en kg. m^3 . Para calcular la EUA de cada uno de los tratamientos de riego experimentados se consideraron las ecuaciones propuestas por Ali *et al.*, (2007), Qureshi y Neibling (2009) y Neal *et al.*, (2011):

$$\text{XXVI- } EUA (\text{kg. m}^{-3}) = \frac{\text{Rendimiento (kg.ha}^{-1})}{\text{Volumen aplicado (m}^3.\text{ha}^{-1})}$$

5 RESULTADOS DEL ENSAYO

5.1 Comparar los rendimientos comerciales de anís entre el método de riego tradicional por surco y el método por goteo con sus distintos tratamientos.

5.1.1 Evaluación de los rendimientos del método de riego por goteo.

Los resultados físicos de producción obtenidos se exponen en la Tabla 1. El parámetro que se evaluó como indicador de rendimiento fue: peso en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Para llevar a cabo las mediciones de peso efectuadas inmediatamente después de la trilla y limpieza del grano, se utilizó una balanza manual digital con una precisión de 0,1 mg.

Se consideraron granos comerciales aquellos cuya limpieza dejó granos maduros y secos, ya que así se comercializan y es lo demandado por el mercado, siendo además el criterio utilizado por los productores locales.

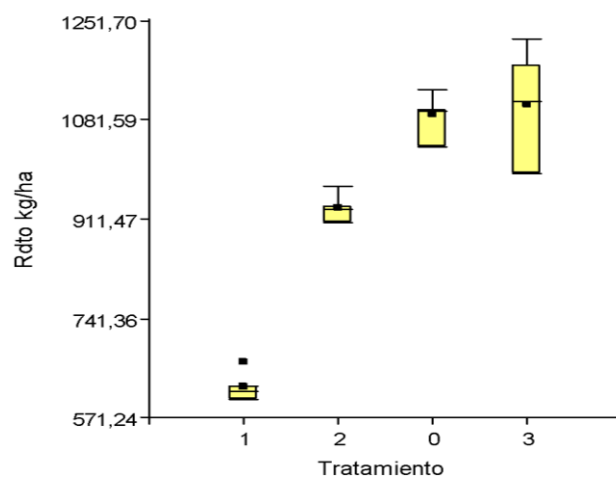
Tabla 1 Rendimientos comerciales en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de anís con distintas dotaciones de agua de riego.

Tratamiento	Bloque n°1	Bloque n°2	Bloque n°3	Bloque n°4
T0	1.133,52	1.093,60	1.036,20	1.098,57
T1	602,17	623,90	667,10	609,95
T2	921,25	905,9	967,40	934,25
T3	990,45	1.051,12	1.175,02	1.220,77

5.1.2 Análisis estadísticos de los datos.

5.1.2.1 Análisis Exploratorio.

Gráfico 1 Rendimiento de grano en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de anís con distintas dotaciones de agua de riego



Del gráfico de cajas y patillas se puede observar:

Que no presenta datos extremos u outliers,

Existirían diferencias notorias entre las medias de los Tratamientos Testigo (T0) y T3 con el resto.

El T3 evidenciaría que produce el mejor rendimiento y presenta mayor variabilidad, secundado en características similares por el tratamiento testigo.

El T1 produce el menor rendimiento, además no mostro variabilidad, como los Tratamientos testigo y T3, sumado a la presencia de valores extremos.

5.1.2.2 Prueba de los supuestos en forma gráfica y analítica.

5.1.2.2.1 Independencia de errores.

ξ_{ij} son independientes $\sim DN(0, \sigma^2)$. No es necesario realizar esta prueba ya que al aleatorizar los datos se están cumpliendo con este supuesto.

5.1.2.2.2 Supuesto de Normalidad.

5.1.2.2.2.1 Prueba de Normalidad analítica con Shapiro-Wilks (RDUO).

$H_1 \xi_{ij} \sim \text{No DN}$. $\alpha=0,05$ $p=0,8360$

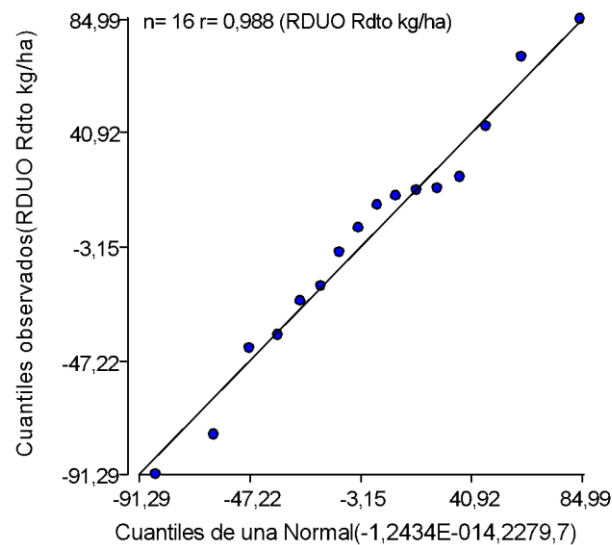
Tabla 2 Valores de Shapiro-Wilks para el rendimiento de 4 tratamientos de riego

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO Rdto kg.ha ⁻¹	16	0,00	47,75	0,96	0,8360

Como lo muestra la Tabla 2, el $p=0,8360$ es mayor que el $\alpha=0,05$ entonces no se rechaza H_0 . Por lo tanto, hay evidencias suficientes para afirmar que los residuos de los tratamientos (dotaciones de riego) tienen distribución normal.

5.1.2.2.2 Prueba de Normalidad gráfica con “qq-plot” (RDUO)

Gráfico 2 Prueba de Normalidad con “qq-plot” (RDUO)



Según lo observado en el gráfico, las medias de rendimiento $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en función de los distintos tratamientos de riego tienden a una distribución normal alineándose alrededor de la recta de 45° .

5.1.2.2.3 Supuesto de Homogeneidad.

5.1.2.2.3.1 Prueba Homogeneidad Analítica: Levene (RABS/tratamientos).

Tabla 3 Prueba de Homogeneidad Analítica: Levene (RABS/tratamientos)

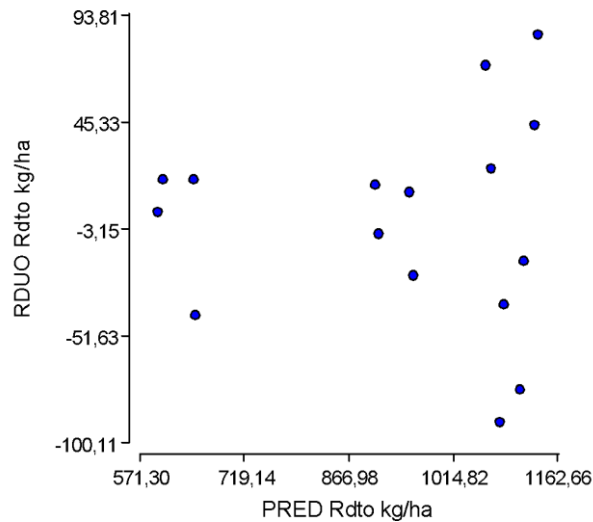
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RABS Rdto kg.ha ⁻¹	16	0,63	0,38	61,31	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
FV	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.763,07	6	1.293,8	2,52	0,1024
Tratamiento	6.369,83	3	2.123,2	4,14	0,0622
Bloque	1.393,24	3	464,4	0,91	0,4755
Error	4.612,81	9	512,5		
Total	12.375,88	15			

Como lo muestra el cuadro, el $p=0,0622$ es mayor que $\alpha=0,05$ por ende no se rechaza la hipótesis H_0 , y se concluye que las varianzas de los Residuos de los

Tratamientos (distintas dosis de riego) son iguales, o lo que es lo mismo que las varianzas de los residuos de los Tratamientos son Homogéneas.

5.1.2.2.3.2 Prueba de Homogeneidad Gráfica.

Gráfico 3 Diagrama de dispersión (RDUO vs PRED). Prueba de Homogeneidad



Según el gráfico los valores de los residuos son (+) y (-) distribuyéndose alrededor del eje sin seguir algún patrón definido (embudo o parábola). Por todo esto se puede afirmar que los datos son homogéneos, se verificó con Levene.

5.1.2.3 Análisis de la varianza.

Tabla 4 Análisis de la varianza para el rendimiento comercial de grano maduro y seco en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de anís con distintas dotaciones de agua de riego

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Rdto kg.ha ⁻¹	16	0,95	0,91	6,56	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
FV	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	609.964,94	6	101.660,82	26,76	<0,0001
Tratamiento	600.455,47	3	200.151,82	52,68	<0,0001
Bloque	9.509,46	3	3.169,82	0,83	0,5081
Error	34.194,82	9	3.799,42		
Total	644.159,76	15			

Del Análisis de la Varianza se concluye:

$R^2 = 0,95$ el modelo explica el 95% de la variabilidad total del rendimiento de anís por parcela.

$CV = 6,56$ el coeficiente de variación, es bajo, por lo que se concluye que los datos con los que trabajamos son homogéneos, además de que el desarrollo del ensayo fue adecuado.

Hipótesis sobre el efecto de medias de tratamientos.

Como el p es $< 0,0001$ es menor que $\alpha = 0,05$ entonces se rechaza la H_0 , y se afirma que por lo menos las medias de al menos dos tratamientos difieren entre sí. Que el Tratamiento ejerció su influencia expresándose en valores diferentes de medias.

5.1.2.4 Test para probar diferencia de rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de anís para las diferentes dotaciones de riego.

Tabla 5 Test: LSD Fisher

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=98,59765

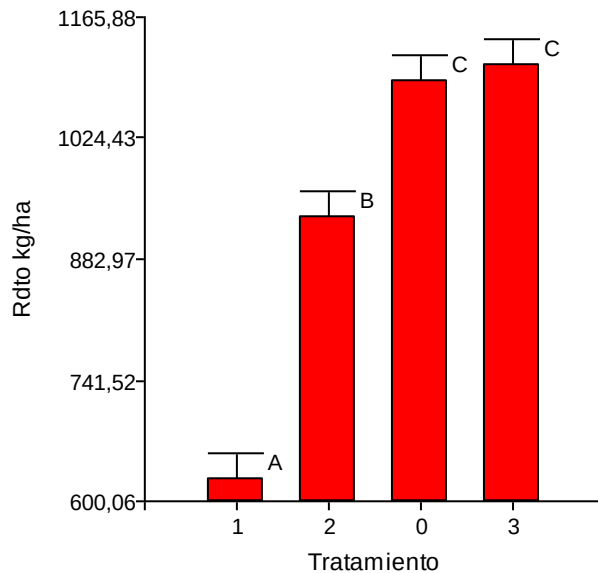
Error: 3799,4243 gl: 9

Tratamiento	Medias	N	E.E.	
T1	625,78	4	30,82	A
T2	932,20	4	30,82	B
T0	1.090,48	4	30,82	C
T3	1.109,34	4	30,82	C

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

El análisis muestra que hay diferencias entre el T1 y el T2 y que, aunque hay diferencias entre el testigo y el T3, no es estadísticamente significativo.

Gráfico 4 Gráfico de Barras del Test LSD Fisher diferencias entre medias



5.1.3 Evaluación de los rendimientos del método de riego por surco.

Los resultados físicos de producción fueron obtenidos en forma similar al sistema de riego por goteo. El rendimiento promedio alcanzado en el sistema de riego por surco fueron 1009,62 kg.ha⁻¹.

5.1.4 Comparación de los rendimientos de las distintas estrategias de riego utilizados.

El Tratamiento con mejor desempeño del riego por goteo, fue el T3 y se obtuvo un rendimiento promedio de 1.109,34 kg.ha⁻¹ erogando 315,61 mm de agua, en comparación al que se obtuvo con el método de riego por surco que generó un rendimiento de 1.009,62 kg.ha⁻¹ con una dotación de 1172,53 mm de agua irrigado, un 270% más de agua.

5.2. Análisis de los resultados económicos de las alternativas del riego.

5.2.1. El costo del riego.

El costo del riego fue calculado para los dos sistemas de riego utilizados, para el caso del riego por goteo a partir del consumo eléctrico, valor obtenido y calculado por el dato base de la empresa que provee energía a la provincia (anexo n°9.6) de cada Tratamiento y en base al volumen gastado en cada uno de ellos tal como lo muestra la Tabla 6 y para el riego por surco se usó el canon de riego fijo estipulado por la Dirección de Riego de la Provincia para cada distrito de riego, en esta caso es 120 \$ por ha al año.

El precio del agua por unidad de volumen utilizada es hipotético y corresponde al valor que paga la empresa potabilizadora por el mismo recurso (\$. m³0,06).

Tabla 6 Costo de riego, a partir del costo de energía eléctrica y del agua.

Tratamientos	Vol. Aplic.	EE	Precio Agua	Canon	Costo agua	Precio Energía.	Costo Energía	Costo Riego
	m ³ ha ⁻¹	kw.hs	\$. m ³	\$.año ⁻¹	\$	\$(kw.h) ⁻¹	\$	\$
T1	2.140,9	94,0	0,06	120	128,4	2,5829	242,9	371,3
T2	2.549,8	116,0	0,06	120	152,9	2,5829	299,8	452,8
T0	2.916,4	135,8	0,06	120	174,9	2,5829	350,8	525,8
T3	3.156,1	139,6	0,06	120	189,3	2,5829	360,7	550,0
Surco	11.725,3	0,0	0,06	120	703,5	2,5829	0,0	703,5

* Se considera costo variable

5.2.2 Costo de la inversión.

La Tabla 7 muestra el costo de la inversión en el equipo de riego diseñado para una ha (anexo n°9.8), la amortización y su correspondiente costo de oportunidad (interés) a una tasa efectiva de 18,25% considerando una inmovilización de 6 meses, a una tasa nominal anual de 34% para ese ciclo por la entidad bancaria Banco de la Nación Argentina de abril de 2019.

Tabla 7 Costo de la inversión en el equipo de riego y estanque (Cfe).

Equipo Riego	Precio	Vida Útil	Amortización	Interés	Total
Unidad	\$	Años	\$	18,25%	\$
Estanque	121.540,0	25	4.861,6	887,2	5.748,8
Cabecal	14.616,2	10	1.461,6	266,7	1.728,3
Red de Riego	109.472,4	10	10.947,2	1.997,9	12.945,1
Accesorio	3.156,1	10	315,61	57,6	373,2
Totales Goteo	248.784,8	0	17.586,1	3.209,5	20.795,6

5.2.3 Gastos directos.

En las Tablas 8 y 9 se muestra el resumen de los gastos directos erogados, donde se excluyen los correspondientes al canon de riego, energía eléctrica y agua, dado que se imputan directamente al costo de riego. Existe diferencia en jornales entre un método de riego y otro debido a la dependencia de la mano de obra para llevarlos a cabo. Asimismo, en este caso se estima el costo de oportunidad de la mano de obra, que se considera familiar, para lo cual se tomó en cuenta el precio del jornal vigente en la zona.

Tabla 8 Costo fijo de funcionamiento, incluye el interés del capital gastado (CFf) Riego por goteo

Listado	Precio	Vida Útil	Amortización	Interés	Total
Unidad	\$	Años	\$	2,69%	\$
Insumos	12.530,6	1	12.530,6	2.286,9	14.817,5
Servicios	12.300,0	1	12.300,0	2.244,8	14.544,8
CO MO	23.400,0	1	23.400,0	0,0	23.400,0
Total			48.230,6	4.531,7	52.762,3

Tabla 9 Costo fijo de funcionamiento, incluye el interés del capital gastado (CFf) Riego por surco

Listado	Precio	Vida Útil	Amortización	Interés	Total
Unidad	\$	Años	\$	2,69%	\$
Insumos	12.530,6	1	12.530,6	2.286,9	14.817,5
Servicios	12.300,0	1	12.300,0	2.244,8	14.544,8
CO MO	32.400,0	1	32.400,0	0,0	32.400,0
Total			57.230,6	4.531,7	61.762,3

La estimación de los costos totales obtenidos por la ecuación IV, para cada tipo de riego y tratamiento se muestran en la Tabla 10, cuyos valores corresponden para una superficie de 1 ha. Tanto el correspondiente al riego como a la venta se consideran costos variables, ya que están directamente vinculados a la producción. En el caso de costo de venta se consideró el costo de flete promedio para llevar el producto (grano) a un acopiador del Valle Central de Catamarca, el cual consideró la capacidad de viaje al acopio y en función de esto se determinó el precio de venta por kg vendido.

Tabla 10 Costo de producción de una hectárea

Tratamientos	Costo Riego	CFf	CFe	Venta	Totales
	\$	\$	\$	\$	\$
T1	371,38	52.762,33	20.795,65	782,23	74.711,59
T2	452,84	52.762,33	20.795,65	1.165,25	75.176,07
T0	525,87	52.762,33	20.795,65	1.363,09	75.446,95
T3	550,07	52.762,33	20.795,65	1.386,68	75.494,73
Surco	703,52	61.762,33	0	1.262,03	63.727,88

5.2.4 Ingresos brutos.

Para la determinación del ingreso se usó la ecuación III, donde se consideró el precio por unidad vendida en el mercado y más precisamente a acopiadores, de acuerdo a la información suministrada por los productores. Los resultados para cada Tratamiento se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Ingresos por venta del producto obtenido en cada Tratamiento

Tratamientos	Unidades	Precio venta	Ingreso Bruto
	kg. ha ⁻¹	\$	\$
T1	625,78	200	125.156,00
T2	932,20	200	186.440,00
T0	1.090,48	200	218.095,00
T3	1.109,34	200	221.868,75
Surco	1.009,62	200	201.924,00

5.2.5 Indicadores de resultados económicos.

La Tabla 12 muestra un resumen de los indicadores de resultados ex post calculados en el corto plazo, la relación Beneficio Costo Totales obtenida de ecuación V que relaciona la retribución de cada peso invertido y gastado, la ecuación VI permitió calcular la relación Beneficio Gastos que indica el rendimiento de cada peso gastado directamente en el ciclo, el Margen Bruto calculado con la fórmula VI, como resultado de restar a los Ingresos, los Costos Directos, como en el presente análisis no se consideraron Costos Indirectos, se diferencia del Beneficio por que en este caso se

excluye la mano de obra considerada familiar, la relación Beneficio Inversión, indica la tasa de recuperación de la inversión según cada tratamiento, con la ecuación VIII.

Tabla 12 Indicadores de resultado económico de cada tratamiento

Tratamientos	B	B. CT ⁻¹	B. G ⁻¹	MB	B. I ⁻¹
	\$			\$	\$
T1	50.444,41	0,68	0,94	73.844,412	0,20
T2	111.263,93	1,48	2,05	134.663,93	0,45
T0	142.648,05	1,89	2,61	166.048,05	0,57
T3	146.374,02	1,94	2,68	169.774,02	0,59
Surco	138.196,12	2,17	2,17	170.596,12	0,00

5.2.6 Resultados de las evaluaciones del proyecto de inversión según las diferentes estrategias de riego.

En la Tabla 13 que se presenta a continuación se observan los resultados obtenidos en la etapa de evaluación respecto a los indicadores VAN y TIR con las fórmulas IX y X para los diferentes tratamientos, asimismo en las Tablas 9.9.1, 9.9.2, 9.9.3, 9.9.4 y 9.9.5, que forman parte del anexo 9.9 se muestra el detalle con las respectivas corrientes de ingresos y egresos en los flujos de fondos con un horizonte de evaluación de 10 años para cada uno de los diferentes tratamientos. Para el sistema de riego por surco se formula el flujo de fondos cuyo resultado del indicador VAN es \$396.964,18 considerando el costo hipotético del agua igual al que debe pagar la empresa de potabilización y distribución por el mismo recurso.

Tabla 13. Indicadores de rentabilidad de VAN y TIR de cada método y tratamiento.

Tratamiento	T1	T2	T0	T3	Surco
Indicador	\$	\$	\$	\$	\$
VAN	-38.199,99	131.097,61	218.458,66	\$ 228.830,29	396.964,18
TIR	28%	54%	67%	69%	

5.2.7 Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua.

A los efectos de determinar el precio del agua a partir del cual el VAN se hace positivo se efectúa la sensibilización para distintos precios del agua e igualando a 0 dicho

indicador. En las Tablas 9.10.1, 9.10.2, 9.10.3 y 9.10.4, que forman parte del anexo 9.10 se observa los detalles. La Tabla 14 muestra para cada estrategia de riego, el costo del agua para cada Tratamiento a partir de los precios umbrales y los costos asignados al riego.

Puede visualizarse que los precios umbrales varían sensiblemente entre cada estrategia en relación directa al desempeño económico. En la práctica ello se traduce en que se lograría beneficios con valores inferiores a los precios de agua que muestra la Tabla 14 para cada estrategia. Así la estrategia de mejor desempeño fue el método de riego por surco con un VAN de \$396.964,18. Considerando el precio de agua de 0,06 \$. m⁻³, resultaría rentable a cualquier valor del agua inferior a \$12,3 por el contrario, cualquier valor superior a \$12,3 hace inviable la estrategia de riego.

Tabla 14 Precios umbrales del agua a partir del cual el VAN se hace positivo en las distintas estrategias

Tratamientos	VAN	Precio Agua Umbrales	Costo agua	Costo riego
	\$	\$.m ⁻³	\$	\$
T2	0	18,46	47.075,00	47.374,80
T0	0	27,00	78.750,00	79.100,90
T3	0	26,14	82.500,00	82.860,70
Surco	0	12,31	144.300,00	144.300,00

En igual sentido, la estrategia T3 presenta mejor desempeño con un VAN de \$228.830,29 considerando el precio de agua de 0,06 \$. m⁻³, lo que resultaría rentable a cualquier valor del agua inferior a \$26,14 por el contrario, cualquier valor superior a \$27,00 hace inviable la estrategia de riego por goteo.

5.3 Resultado de la función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.

5.3.1 Determinación de la evapotranspiración del cultivo ETc.

La ETc se obtuvo aplicando la ecuación IX, para ello se determinaron sus factores, evapotranspiración de referencia ETo y el coeficiente de cultivo Kc. Los datos climáticos tomados para la estimación de la evapotranspiración de referencia ETo fueron obtenidos en la estación meteorológica sumada a la precipitación que se midió in situ. Los datos se cargaron en el software CROPWAT 8.0 previamente calibrados con los datos ajustados a la zona de estudio. Mediante este programa computacional, se obtuvo la estimación de la evapotranspiración de referencia diaria ETo (mm.día⁻¹). Luego, se procedió al cálculo del coeficiente de cultivo kc, en este caso los datos de kc que se usaron fueron los del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) para las condiciones locales y cuyo valor adimensional varía con la etapa fenológica correspondiente a cada una de las diferentes etapas fenológicas, aplicando las ecuaciones XII, XIII, XIV y XV para las fases inicial, desarrollo y final respectivamente, en el caso de la fase de mediados de temporada, el valor del coeficiente fue obtenido de tabla.

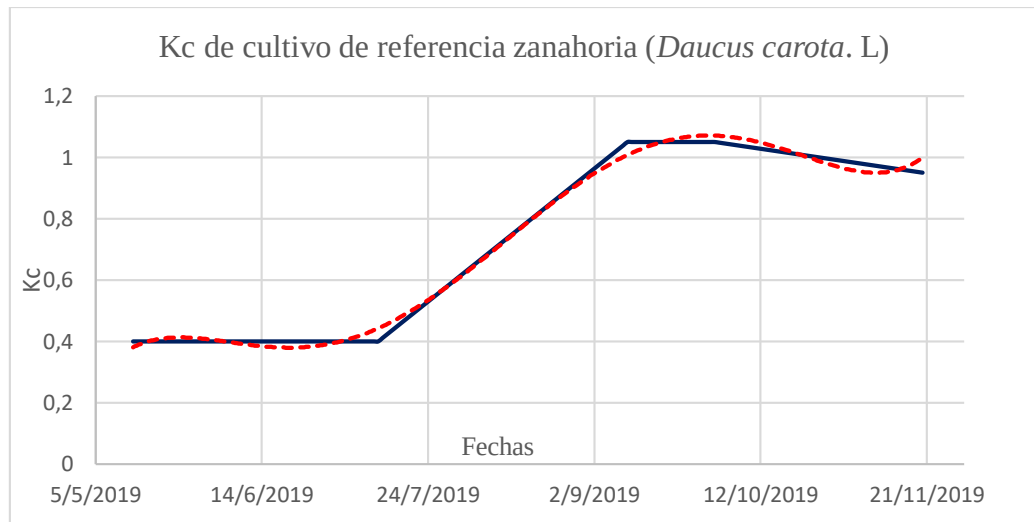
En Tabla 15 se muestra un resumen de los resultados de ETo y ETc (mm) para los meses de estudio y el cultivo en particular. En mayo se estima a partir del día 14 y en noviembre hasta el día 20 conforme al ciclo del cultivo. En las Tablas 9.7.1 y 9.7.2 del anexo se muestran, los resultados diarios obtenidos de evapotranspiración de referencia (ETo mm.día⁻¹); el coeficiente de cultivo Kc estimado y al valor de la evapotranspiración del cultivo calculado con los datos anteriores mediante la aplicación de la ecuación XI.

Tabla 15 Valores mensuales estimados de evapotranspiración de referencia ETo, y del cultivo de referencia ETc (mm).

Meses	ETo (mm)	ETc (mm)
Mayo	40,47	16,19
Junio	53,43	21,37
Julio	66,91	31,70
Agosto	115,64	92,67
Septiembre	164,02	169,98
Octubre	199,12	202,69
Noviembre	162,38	157,12
Total	801,97	691,71

El Gráfico 5 muestra los valores del coeficiente de cultivo, obtenido para las cuatro fases fenológicas relevantes, para la estimación del consumo de agua, a partir de los cálculos realizados mediante el procedimiento propuesto por la FAO y descrito precedentemente.

Gráfico 5 Evolución del coeficiente del cultivo durante el ciclo del cultivo



5.3.2 Monitoreo del contenido de hídrico del suelo.

En la Tabla 16 se muestra el contenido gravimétrico de agua en el suelo, obtenido mediante el cálculo de la ecuación XVIII en el período del experimento sin diferenciación de riego en los distintos Tratamientos, por eso en ella se observan valores tomados en las fechas indicadas en la primera columna de la izquierda y para diferentes sectores, en la cabecera (sector n°1), medio (sector n°2 y n°3) y al final (sector n°4) de cada unidad muestreada, a partir de los cuales se obtuvieron los promedios para cada sector. Las muestras se extrajeron a una profundidad de suelo de 25 y 50 cm de profundidad.

Tabla 16 Contenido gravimétrico de humedad de cada uno de los tratamientos

Porcentaje de peso en peso promedio (%)					
Fecha	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Media
2/5/2019	21,84	22,33	22,54	21,94	22,16
16/5/2019	20,02	19,92	19,78	19,44	19,79
24/5/2019	15,46	15,53	15,54	14,95	15,37
3/6/2019	17,96	16,18	15,80	15,05	16,25
12/6/2019	16,96	15,68	15,61	15,02	15,82
20/6/2019	15,46	15,53	15,54	14,95	15,37
3/7/2019	12,94	12,04	17,60	17,18	14,94
15/7/2019	16,95	17,30	17,22	18,31	17,45
27/7/2019	18,87	17,65	19,25	18,97	18,69
6/8/2019	17,46	18,65	18,67	17,76	18,14
12/8/2019	16,25	17,40	16,00	18,10	16,94
19/8/2019	12,50	17,24	20,88	21,24	17,96
24/8/2019	16,33	14,69	18,27	17,69	16,74
31/8/2019	17,27	17,46	18,02	19,18	17,98
3/9/2019	18,57	16,26	19,68	16,85	17,84
7/9/2019	18,64	15,85	16,97	18,77	17,55

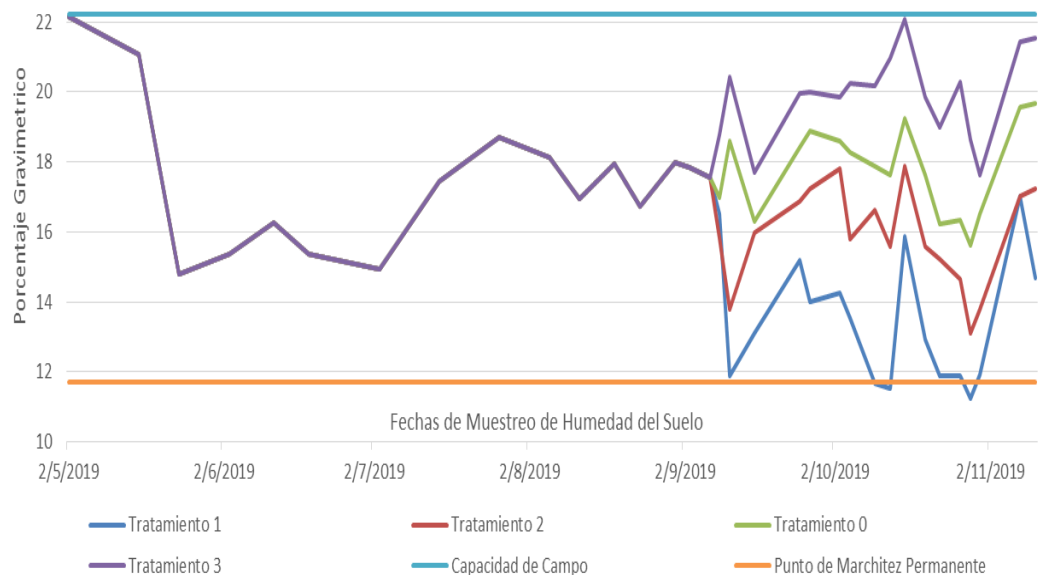
En la Tabla 17 se expresan los contenidos hídricos de cada tratamiento, inicialmente idénticos que corresponden al valor medio que figura en la sexta columna de la Tabla 16, luego se puede observar como el contenido de hídrico varió a partir del 9 de septiembre, fecha en que se diferencié el riego.

Tabla 17 Contenido gravimétrico de humedad de cada tratamiento

Fecha	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 0	Tratamiento 3
2/5/2019	22,16	22,16	22,16	22,16
16/5/2019	19,79	19,79	19,79	19,79
24/5/2019	15,37	15,37	15,37	15,37
3/6/2019	16,25	16,25	16,25	16,25
12/6/2019	15,82	15,82	15,82	15,82
20/6/2019	15,37	15,37	15,37	15,37
3/7/2019	14,94	14,94	14,94	14,94
15/7/2019	17,45	17,45	17,45	17,45
27/7/2019	18,69	18,69	18,69	18,69
6/8/2019	18,14	18,14	18,14	18,14
12/8/2019	16,94	16,94	16,94	16,94
19/8/2019	17,96	17,96	17,96	17,96
24/8/2019	16,74	16,74	16,74	16,74
31/8/2019	17,98	17,98	17,98	17,98
3/9/2019	17,84	17,84	17,84	17,84
7/9/2019	17,55	17,55	17,55	17,55
9/9/2019	16,53	15,84	16,97	18,76
11/9/2019	11,88	13,8	18,61	20,44
16/9/2019	13,11	15,99	16,29	17,71
25/9/2019	15,20	16,86	18,43	19,96
27/9/2019	14,00	17,24	18,89	20,01
3/10/2019	14,25	17,79	18,60	19,86
5/10/2019	13,53	15,80	18,27	20,23
10/10/2019	11,67	16,64	17,87	20,17
13/10/2019	11,52	15,58	17,64	20,96
16/10/2019	15,86	17,87	19,26	22,08
20/10/2019	12,92	15,58	17,64	19,87
23/10/2019	11,87	15,24	16,22	18,98
27/10/2019	11,89	14,63	16,32	20,30
29/10/2019	11,25	13,12	15,61	18,64
31/10/2019	11,93	13,80	16,50	17,63
8/11/2019	17,02	17,02	19,56	21,44
11/11/2019	14,68	17,22	19,68	21,55
Porcentaje de peso en peso promedio (%)				

En el Gráfico 6 se representa la variación cronológica del contenido hídrico del suelo correspondiente a los diferentes tratamientos. Se observa en los Tratamientos T1 y T2 un marcado descenso del contenido hídrico a partir de la diferenciación de la dotación de riego.

Gráfico 6 Variación de contenido de hídrico a lo largo del estudio para los distintos tratamientos



5.3.3 Lámina de riego aplicada en cada tratamiento.

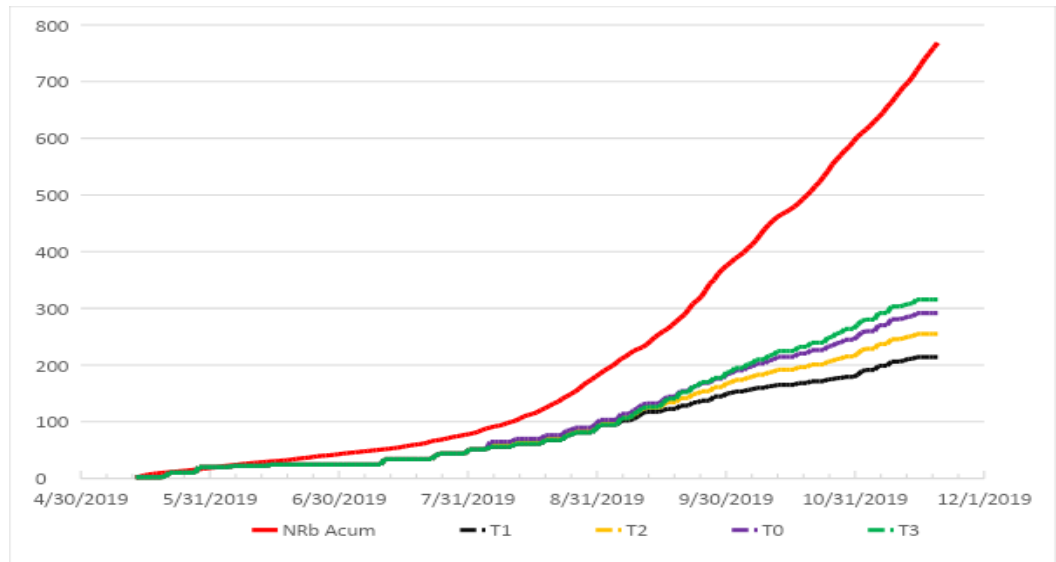
En la Tabla 18 se muestra la cantidad de horas regadas acumuladas en cada tratamiento y la cantidad de agua aplicada en términos de lámina, para su cálculo se utiliza un valor de precipitación del equipo de riego de $4,14 \text{ mm.hs}^{-1}$, que es el valor obtenido mediante la evaluación del equipo de riego efectuado en el ensayo, cuyos datos figuran en el anexo n°9.5.2.

Tabla 18 Tiempo de riego y lámina acumulada en cada tratamiento.

Tratamientos	Tiempo de riego acumulado Tr	Lámina de riego aplicada dapl
	Hs.	Mm
T1	41:15:00	214,09
T2	50:55:00	254,98
T0	59:35:00	291,64
T3	61:15:00	315,61

En la Gráfica 7 se muestran las láminas aplicadas en cada tratamiento de riego por goteo en comparación con la lámina de riego teórica (necesidad de riego bruta NRb) estimadas a partir de la metodología FAO, considerando una eficiencia de riego de 90 %.

Gráfico 7 Láminas aplicadas en todos los tratamientos en relación con la ETc Acumulada



Esta gráfica muestra las diferencias entre las láminas aplicadas (T_0 , T_1 , T_2 y T_3) y la estimada por el cultivo de referencia (NRb Acum). La programación del riego se realizó siguiendo el contenido hídrico del suelo. Los Tratamientos se mantuvieron en zona de confort hídrico hasta la diferenciación del riego que se inicia el 9 de septiembre. En el Tratamiento testigo se siguió la programación de riego satisfaciendo alrededor del 100% del consumo de agua conforme a la variación del contenido hídrico del suelo, en tanto para los Tratamientos respectivos T_3 125%, T_1 50% y T_2 75% se ajustaron incrementando en torno al 25 % y disminuyendo el 50% y 25% con respecto al testigo. En virtud de lo que muestra el Gráfico 6 se puede observar que tanto el tratamiento testigo como el T_3 se mantuvieron sin restricciones de humedad. Para la diferenciación del riego se ajustaron los tiempos en cada tratamiento a intervalos regulares para facilitar la operación dando por resultado de T_3 119%, T_2 81% y T_1 69% respecto al tratamiento testigo.

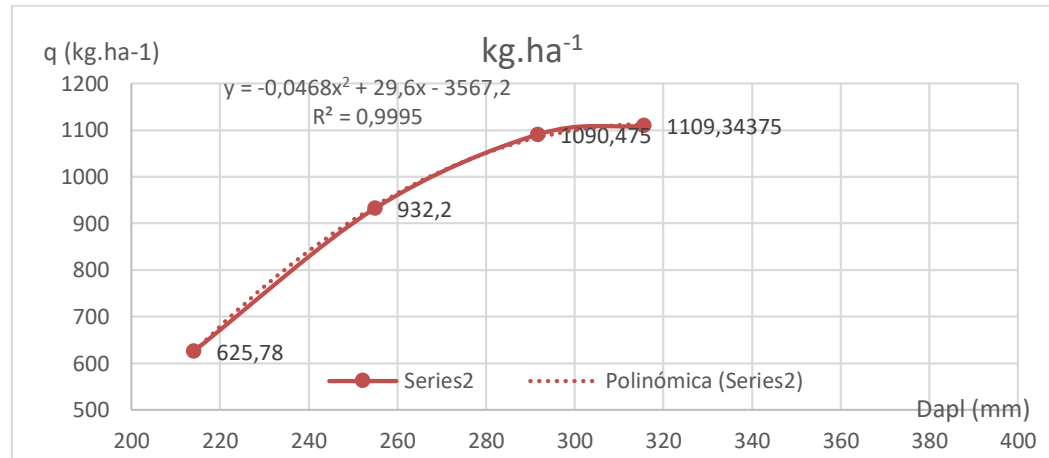
5.3.4 Función de rendimiento del agua en el cultivo de anís.

A partir de la variable de rendimiento comercial en términos de peso de producto logrado, es decir $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ que se muestra en la Tabla 19 para cada tratamiento, se procedió a determinar la relación funcional entre estas variables y el agua suministrada en cada tratamiento, para ello se realizó análisis de regresión polinómica de segundo grado en la que la lámina de riego aplicada (Dapl) expresada en mm fue la variable explicativa. El modelo planteado correspondió al presentado en la ecuación XIX.

Tabla 19 Rendimiento comercial en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y lámina de riego (mm)

Riego por goteo	Lámina aplicada Dapl	Rendimiento comercial
Tratamiento	dapl (mm)	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{C}$
T1	214,09	625,78
T2	254,98	932,20
T0	291,64	1.090,47
T3	315,61	1.109,34
Surco	1.172,53	1.009,62

Gráfico 8 Función de rendimiento comercial en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y lámina de riego (mm)



$$\text{XVII- } q (\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}) = 29,6 \times w (\text{mm}) - 0,0468 \times w^2 (\text{mm}) - 3.567,2$$

Tabla 20 Resumen del modelo de regresión de rendimiento en kg.ha⁻¹ y lámina de riego (mm)

R	R ²	R ² corregido	Error típico de la eliminación
0,9995	0,93	0,92	5.416,51

En el Gráfico 8 se observan los valores medios de rendimiento comercial en kg por ha observados en cada repetición de los tratamientos y la curva de regresión predictiva, por otra parte, el modelo matemático de la misma corresponde a la ecuación XXVIII. El coeficiente de regresión con signo negativo del término cuadrático explica para el rango de riego estudiado, la tasa decreciente del rendimiento con el incremento en la lámina aplicada. Asimismo el resumen del modelo presentado en la Tabla 20 muestra que existe correlación entre las variables estudiadas ($R=0,99$) y que el modelo explica más del 93% de la variabilidad de la variable rendimiento comercial en kg.ha⁻¹.

5.3.5 Productividad marginal del agua.

A partir de la función del rendimiento (ecuación XXVIII) del agua se encontró la productividad marginal o Producto físico marginal del agua calculando su función derivada respecto a la lámina. Mediante la expresión siguiente, se obtuvo la productividad marginal de la variable kilogramos de granos comerciales por ha.

$$\text{XXVIII- Pfm (kg.ha}^{-1}\text{)} = 29,6 - 0,0936 \cdot w \text{ (mm)}$$

La lámina que maximiza la producción resulta cuando el producto físico marginal se hace cero, es decir que unidades adicionales de agua no contribuyen a incrementar la producción. Despejando w de la ecuación XXIX se obtuvo la expresión que corresponde a la lámina de agua mediante la cual se obtiene la máxima producción.

$$\text{XXIX- } w \text{ (max)} = (0,0936^{-1}) \cdot (29,6) \text{ (mm)} = 316,23 \text{ mm}$$

5.3.6 Ingreso Marginal del agua de riego.

Para la obtención de la función que expresa el máximo beneficio económico se igualó la función de ingreso marginal (IM) y la de costo marginal (C_w) del riego con la aplicación de la ecuación XXVI, a partir de ella se encontró la expresión de la lámina de agua óptima desde el punto de vista económico W_{opt} .

En la expresión de ingreso marginal igual al costo marginal dada en la ecuación XXVI, al reemplazar el valor del Producto Físico Marginal obtenido en la ecuación XXIX

se obtiene el valor el costo marginal como función del precio unitario de venta del producto (p) \$ 200 y de la lámina de riego (w) , cuya expresión corresponde a la ecuación XXVI. Luego, despejando w se obtuvo la lámina óptima con la siguiente expresión.

$$\text{XXX- } C_w = I_m = p (29,6 - 0,0936 w \text{ (mm)})$$

$$\text{XXXI- } W_{opt} = 0,0936^{-1}(29,6 - C_w \cdot p^{-1}) = 316,22 \text{ mm}$$

Tabla 21 Productividad del agua, ingreso marginal y costo marginal del agua

Tratamientos	Lámina aplicada	Prod marg	Ingreso Marginal	Costo Energía	Precio agua	Costo marginal del agua	
	(dapl)	(pfm)	IM	CEE	CO _w	C _w	
	w (mm)	kg ha ⁻¹ C	\$. ha ⁻¹	\$.m ⁻³	\$.m ⁻³	\$.m ⁻³	\$.mm ⁻¹
T1	214,09	9,56	1.912,24	0,12	0,06	0,18	1,80
T2	254,98	5,73	1.146,77	0,12	0,06	0,18	1,80
T0	291,64	2,30	460,50	0,12	0,06	0,18	1,80
T3	315,61	0,06	11,78	0,12	0,06	0,18	1,80
Surco	1.172,53	-80,15	-16.029,7	0,12	0,06	0,18	1,80
W Max	316,24	0,00	0	0,12	0,06	0,18	1,80
W Opt	316,23	0,0009	0,18	0,12	0,06	0,18	1,80

En la Tabla 21 se observan los resultados de la lámina que maximiza la producción, para un producto marginal cero obtenida en la ecuación XXX. La tercera columna muestra la productividad marginal del agua para las distintas láminas correspondientes a cada tratamiento, dichos valores se obtuvieron reemplazando la lámina aplicada que figuran en la segunda columna en la ecuación XXIX, luego para las láminas que maximiza la producción y la lámina óptima económica, se verifica por un lado que (pfm) es 0 en el caso de W(max) y en consecuencia el ingreso marginal es 0, asimismo para Wopt se muestra que el pfm (0,0009) constituye un ingreso marginal IM de \$0,18, igual al costo marginal que figura en la última columna, cuyo resultados se obtienen de sumar el costo de la energía y el precio hipotético del agua que figuran en las columnas 5 y 6 respectivamente conforme a la ecuación XIX.

5.4 Comparación de la eficiencia del uso del agua entre los métodos de riego tradicional por surco con el método por goteo y sus distintos tratamientos.

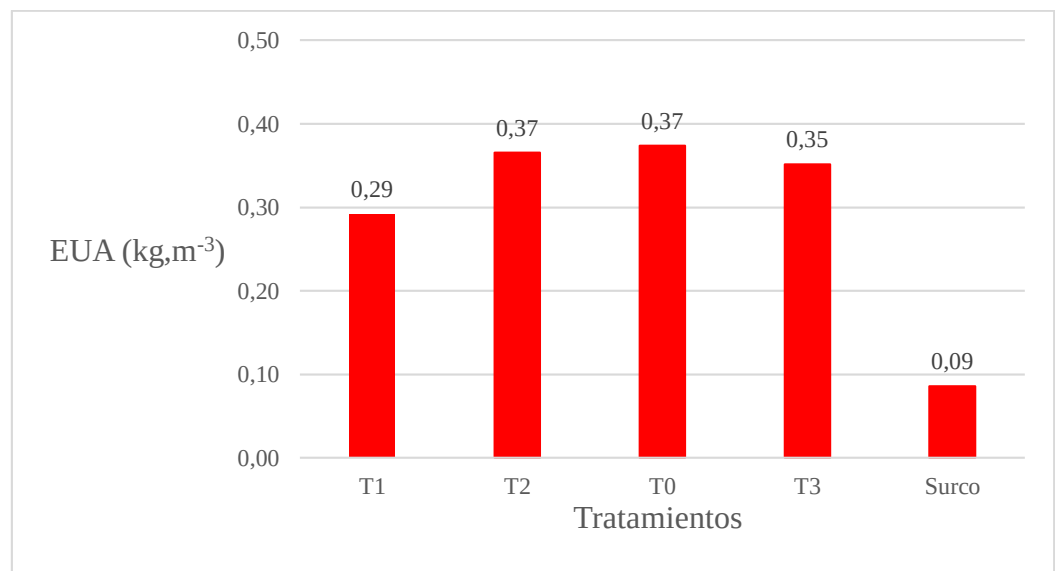
5.4.1 Cálculo de la eficiencia del uso del agua (EUA).

Con los datos de rendimiento comercial en kg obtenidos por ha y el volumen de agua aplicado expresado en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, se obtienen las Eficiencias de Uso de Agua de Riego (EUA) para las variables de peso de granos. Los resultados se muestran en la Tabla 22. Asimismo, el Gráfico 9 muestra dichos resultados para cada tratamiento.

Tabla 22 Tiempo, lámina y volúmenes de riego acumulados y medidas de eficiencias de uso del agua

Tratamientos	Tiempo riego acumulado	Lámina riego acumulado	Volumen aplicado	EUArp
	(hs)	(mm)	($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
T1	41:15:00	214,09	2.140,9	0,29
T2	50:55:00	254,98	2.549,8	0,37
T0	59:35:00	291,64	2.916,4	0,37
T3	61:15:00	315,61	3.156,1	0,35
Surco	30:34:00	1.172,52	11.725,1	0,09

Gráfico 9 Eficiencia de uso de agua de riego en peso obtenido por unidad de volumen.



6 DISCUSIÓN

6.1 Comparar los rendimientos comerciales entre el método de riego tradicional por surco y el método por goteo con sus respectivos tratamientos.

El Tratamiento con mejor desempeño corresponde a la dotación de 315,61 mm, correspondiente al Tratamiento 3 cuyo resultado de 1.129,34 kg.ha⁻¹, coincide con Sánchez (2013), quien afirma que con estas tecnologías en las condiciones locales los rendimientos esperables son del orden de los 1200 kg.ha⁻¹.

Asimismo, estos resultados concuerdan con estudios en condiciones ambientales similares pero de otras regiones productivas (Awad *et al.*, 2005 y Zheljazkov *et al.*, 2008). Ullah (2012), da cuenta que cuando los productores adquieren paquetes tecnológicos los rendimientos son similares a los de este estudio. En la misma línea los resultados obtenidos en diferentes años en el Valle Central de Catamarca por Sánchez *et al.*, (2014) y Sánchez *et al.*, (2020), también se obtienen resultados afines, alcanzando el potencial productivo.

En relación a los resultados obtenidos con la práctica predominante de riego por surco, cuyo rendimiento logrado es de 1.009,69 kg.ha⁻¹, en comparación con estudios locales recientes de Sánchez *et al.*, (2014), Sánchez *et al.*, (2020) y Sánchez *et al.*, (2021), con esta estrategia de riego no se alcanzarían los resultados conforme a la potencialidad productiva del cultivo. Esto se alinea a lo que afirman diferentes autores que al incorporar prácticas culturales (Ullah, 2012), fertilización (Sonmez, 2018) y adecuadas dotaciones de agua (Zehtab Salmasi *et al.*, 2001; Pouryousef *et al.*, 2014) se pueden obtener rendimientos conformen al potencial genético.

6.2 Analizar los resultados económicos de las alternativas del riego.

Los resultados económicos que figuran en la Tabla 12 muestran resultados positivos para la mayoría de las estrategias de riego planteadas en el presente estudio, excepto por el Tratamiento 1, lo que significa que ante cualquier planificación de riego entre los rangos estudiados que se adoptara se obtendrían beneficios, excepto por dicho tratamiento. Para determinar entre qué intervalo de producción se encontraría el óptimo para maximizar los beneficios económicos del agua, se tiene en cuenta la participación del costo del riego. Según lo establecido por Román (2001), la evaluación realizada ha dado cuenta de la eficiencia en la asignación de los recursos y permitió determinar si es o no conveniente incurrir en la inversión para adoptar la tecnificación de riego.

La Tabla 10 muestra que el costo del riego como variable es insignificante en términos relativos y en este caso se observa que, en virtud de los resultados de rendimiento obtenidos, el Tratamiento 3 muestra el mejor desempeño. El estudio coincide con lo que afirma Sánchez (2013), al determinar el costo de producción de una hectárea de anís en el Valle Central de Catamarca que los márgenes económicos mejoran sensiblemente aplicando esta tecnología para los rendimientos obtenidos.

La relación de los beneficios obtenidos con respecto a la Inversión ($B.I^{-1}$), que figura en la última columna de la Tabla 12, indica el ritmo con el que las sucesivas producciones del cultivo van a generar el recupero del monto invertido. En tal sentido valores de los Tratamientos 3 y testigo de dicho indicador cercanos a 0,6 indican que en un año se recupera el 60 % de la inversión y al cabo de dos ciclos productivos se recuperará la totalidad de los mismos, mientras que en los rendimientos generados por un riego de Tratamiento 2 con una $B.I^{-1}$ de 0,47 generarían beneficios para recuperar el capital al tercer año.

Por su parte, el flujo de fondos considerando los egresos e ingresos del Tratamiento 1 que se muestra en el anexo 9.9 en la Tabla 9.9.1, en el proceso de evaluación reportan un VAN de -\$ 38.199,99, resultados que muestran que la inversión no es rentable. Asimismo, en el análisis de flujo de fondos se puede observar que la TIR 28% no supera la tasa exigida al proyecto (34%), por lo cual no convendría realizar la inversión. Los resultados en las diferentes estrategias de riego distintos del Testigo, muestran valores positivos en cuanto al indicador VAN, siendo el Testigo y T3 los mejores, seguido por el Tratamiento 2. De conformidad a diferentes autores; Fuentes Yagüe, 1992; Gonzáles y Pagliettini, 2001; Román, 2001; Savva y Frenken, 2002; Jansson Molina, 2006; García García, 2007, se puede afirmar que para el Tratamiento 1 no conviene realizar el proyecto.

En comparación con el método de riego por surco, que es el sistema más usual por los productores (Sánchez *et al.*, 2014), se observa que aun cuando el productor pague el costo del agua al precio que lo hace la empresa potabilizadora al Estado provincial, la actividad sigue siendo rentable sin la necesidad de efectuar la inversión que significa optar por otro método de riego, puesto que con ese pago hipotético, el indicador VAN de esta estrategia es de \$396.964,18 superior al mismo indicador de la situación con riego por goteo en las condiciones de Tratamiento 3 (\$228.830,29) para una planificación a 10 años.

Es decir que manteniendo la hipótesis del pago del agua, los resultados muestran que el riego por surco sigue siendo conveniente (Assan, 2013).

Por otra parte, los valores umbrales del precio del agua reflejan en teoría el límite superior que los productores podrían pagar por este bien. Considerando estos valores en comparación con el escenario hipotético del pago del agua a precio de la empresa potabilizadora, se observa la baja incidencia que el agua como factor de producción tiene sobre los costos totales. La Tabla del anexo n°9.10.5, muestra que la situación del método de riego por surco, solo con un precio del agua superior a $\$12,30.m^{-3}$ desalienta la producción, en tanto que, para la situación del riego por goteo, es decir con inversión (T3) dicho límite es de $\$27,4.m^{-3}$ valores muy superiores a $\$0,06.m^{-3}$.

6.3 Obtener la función de rendimiento del agua en el cultivo de anís, para inferir la optimización de uso eficiente del agua.

A los efectos de realizar la programación del riego y al no disponer de datos del coeficiente de cultivo (kc) de la especie en estudio, inicialmente se usó como referencia el del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). No obstante esta estrategia muestra que la evapotranspiración obtenida de 691,71 mm, es muy superior a los 500 mm que recomienda Sánchez (2013), como lámina total de riego en condiciones y prácticas habituales en la zona de estudio. En tal sentido la marcha del contenido hídrico del suelo obtenido con gravimetría, confirma dicha sobreestimación del consumo con esta estrategia, por lo que la programación se ajusta a los datos de la humedad del suelo. Ya que no solo afectaría los indicadores económicos motivo de este estudio, sino que además se comprometería aspectos agronómicos como sanidad y densidad de plantas adecuadas, como consecuencia de lo expuesto, la determinación de las diferentes estrategias de riego en cuanto a la dotación, con cuyos datos y rendimientos logrados se obtiene la función de rendimiento evidencia la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico en la etapa reproductiva del mismo, lo que afecta directamente a la producción comercial.

6.4 Comparar la eficiencia del uso del agua entre los métodos de riego tradicional por surco con el método por goteo y sus distintos tratamientos. Y cuantificar con ello, la liberación de agua para otra finalidad.

Numerosos estudios dan cuenta que la eficiencia de uso de agua en términos de producción comercial son superiores con los métodos presurizado (Yang *et al.*, 2000; Liu y Kang, 2006; Chávez Ramírez *et al.*, 2008; Montemayor Trejo *et al.*, 2010). Simplemente porque con estos, la eficiencia de riego es mayor, es decir que se disminuye la pérdida de los recursos hídricos. Además con una correcta programación, es de esperar que no se produzcan estrés que afecten negativamente los rendimientos (Rostamza *et al.*, 2011).

En contraposición, el riego por surco, por su naturaleza y característica es menos eficiente que los tecnificados (Zhang *et al.*, 2011 y Lin *et al.*, 2012), la eficiencia de uso de agua es menor, aun cuando los rendimientos físicos no disminuyan, en comparación con el riego por goteo. No obstante los valores estables entre las distintas estrategias de riego por goteo respecto a la eficiencia de uso de agua, constituye, un indicador de la sensibilidad del cultivo a diferentes dotaciones de agua y conforme a lo que afirma Zehtab Salmasi *et al.*, (2001), donde los momentos críticos como, la emergencia de la umbela y el llenado del grano, pueden reducir apreciablemente el rendimiento y la producción de aceite esencial de anís, siguiendo también la misma línea de lo mencionado por Sánchez (2013) en cuanto a suministro de agua de riego.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta la hipótesis mediante la cual se afirma que con el uso del riego por goteo se lograrán mayores rendimientos del cultivo, además de mejorar la productividad del agua, respecto a los que se obtienen con el riego tradicional por surco y que con la optimización del uso de agua en la producción de anís en el Valle Central de Catamarca resultará económicamente viable la incorporación de esta tecnología para los pequeños productores.

Se concluye que en las condiciones locales, los mejores resultados agronómicos y económicos se obtienen sin restricciones hídricas en fases de desarrollo del cultivo, que van desde inicio de floración hasta el llenado de los granos, independientemente del método de riego utilizado. Los bajos rendimientos de anís que se obtienen en el Noroeste Argentino, irrigados principalmente con riego por surco, pueden ser atribuibles, al mal manejo del riego, ya que no se suele controlar el adecuado suministro de agua a la zona radicular, sumado a una deficiente preparación del terreno y un mal manejo de la planialtimetría, lo que resultaría en un riego desuniforme y sin garantizar el suministro a la rizósfera, lo que lleva a la disminución de la EUA, haciendo al método de riego por goteo una solución inmediata a estos problemas por todas sus ventajas y beneficios.

Si bien el estudio muestra el excelente desempeño del sistema de riego por goteo en cuanto al ahorro de agua, esto, desde el punto de vista privado del productor, no constituye un incentivo para invertir, aun cuando se incurra en el pago del agua al precio hipotético que paga la empresa potabilizadora. No obstante en la realidad no tiene incidencia el precio de la misma para que usuarios que poseen fuentes de agua superficiales y usan métodos de riego gravitacionales, a tal punto que el ingreso marginal que maximiza los beneficios se alcanza a valores óptimos de rendimiento agronómico, dando por conclusión que el aumento de los rendimientos no justifica la inversión debido al precio irrelevante del agua. Con el resultado económico de esta investigación se espera contribuir a la toma de decisiones de los productores y ampliar sus conocimientos relacionados al costo del riego y la factibilidad económica para quienes proyectan incorporar esta tecnología.

En el caso del anís, al no disponer el coeficiente de cultivo (k_c) en la literatura, se recurrió a uno de referencia, el cual resultó no ser un adecuado estimador para el cultivo, evidenciado por el monitoreo de humedad del suelo que llevo a realizar un reajuste y una nueva programación de riego a la inicialmente planificada. Ante lo expuesto se

recomienda en aspectos agronómicos, realizar estudios posteriores que permitan un mejor cálculo de los requerimientos de agua, ajuste de K_c y de la función de rendimiento del año, mediante experimentos específicos en las distintas zonas productivas de nuestro país.

Por otra parte el presente estudio refleja la importancia de monitorear la humedad del suelo a los fines de determinar el momento oportuno y lámina de riego.

Se espera brindar información para los productores de año y fundamentalmente al Estado y quienes tienen la responsabilidad de administrar el recurso agua, como planificar la programación del suministro conforme al requerimiento de los cultivos, mejorando así, la planificación del riego y por consiguiente propender a una producción más sustentable y eficiente en cuanto al uso del agua, logrando un significativo ahorro del recurso que permitiría disponer de ese bien para otros usos.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, A.; GARCÍA, N. y RODRÍGUEZ, J. 1995. Cálculo de Calendarios de Riego NEC-HID versión 2.0. Manual del Usuario. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Jiutepec, Morelos, México. 74 p.

ALI, M. H.; HOQUE, M. R; HASSAN, A. A. y KHAIR, A. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. *Agricultural Water Management* 92: 151 – 161.

ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D. y SMITH, M. 1998. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio F.A.O. Riego y Drenaje 56. Ed. F.A.O., Roma, 300 pp.

ALLEN, R. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56): Food & Agriculture Org.

ASSAN, M. 2013. Evaluación Económica del Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.) bajo diferentes estrategias de riego. Tesis de Maestría en Riego y Drenaje. Universidad Nacional de Cuyo. Publicado en Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional de Catamarca ISBN: 978-987-661-163-3

AWAD, N. M.; TURKY A. S. y MAZHAR A. A. 2005. Effects of bio-chemical nitrogenous fertilizers on yield of anise (*Pimpinella anisum* L.) and biological activities of soil irrigated with agricultural drainage water. *Egypt J Soil Sci* 45: 265–278.

AYERS R. y WESTCOT D. 1985. "Water Quality for Agriculture" - Manual FAO de Riego y Drenaje N° 29.

BALZARINI, M. G.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M.; CASANOVES, F.; DI RIENZO, J. A. y ROBLEDO, C. W. 2008. InfoStat - Software Estadístico - Manual del Usuario. Editorial Brujas. Córdoba, Argentina.

BITTELLI, M. 2010. Measuring soil water potential for wáter management in agriculture: A review. *Sustainability* 2:1226 1251.

BOS, M. G.; REPLOGLE, J. y CLEMMENS, A. 1986. Aforadores de caudal para canales abiertos. Madrid.

CABALLER, V. y GUADALAJARA N. 1998. “Valoración Económica del Agua de riego”. Ed. Mundi- Prensa. Barcelona.

CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. CNA 2002. Instituto Nacional de Estadística y Censo INDEC. Argentina.

CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. CNA 2018. Instituto Nacional de Estadística y Censo INDEC. Argentina.

CHÁVEZ RAMÍREZ, E.; GONZÁLEZ CERVANTES, G.; VELÁSQUEZ VALLE, M. A.; POTISEK TALAVERA, M. C. y MACÍAS RODRÍGUEZ, H. 2008. Relaciones entre el manejo del agua de riego, producción de nuez y crecimiento radial en nogal pecanero. *Producción Agrícola*. Agrofaz 8: 1-6.

CRUZ, R.; CARRIZO, L. y VARELA, B. 2014. Transformaciones agrarias y territoriales en el departamento Capayán (Provincia de Catamarca) entre los Censos Nacionales Agropecuarios de 1988, 2002 y 2008. Ponencia presentada en las II jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios del NOA. Septiembre 18-19, Salta, Argentina.

CRUZ, V. F.; VALDIVIA ALCALÁ, R. y SCOTT, C. A. 2002. “Productividad del agua en el distrito de riego 011, alto Rio Lerma” *Agrociencia* Vol. 36 n° 004 pp. 483-493.

CURIONI, A. y ARIZIO, O. 1997. Plantas aromáticas y medicinales Umbelíferas: Coriandro, Anís, Comino, Hinojo, Eneldo y Alcaravea (Cultivo, economía y mercado). Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur, 148 p.

DIEZ, C. y KOSTLIN, L. 2009. Persistence and change of the peasantry: A critical approach to "La morada de la vida" from contemporary Marxism. *Mundo agrario*, 10(19), 00.

DOORENBOS, J. y KASSAM, A. 1979. Efectos del Agua sobre el Rendimiento de los Cultivos. FAO. Riego y Drenaje 33. Roma, Italia. 212 p

DOORENBOS, J. y PRUITT, W. 1977. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. FAO. Riego y Drenaje 24. Roma, Italia. 194 p.

FALKENMARK, M. y LANNERSTAD, M. 2005, Consumptive water use to feed humanity-curing a blind spot, *Hydrology and Earth System Sciences*, 9: 15–28

FAO, 1987. Las necesidades de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Riego y Drenaje, N° 36. Roma, Italia.

FAO, Roma, 1993. “El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 1993”. <http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s00.htm#Contents>

FAO, 2006. Software Cropwat, para planeación y manejo del recurso hídrico.

FAO, n°38. 2013. Informe sobre temas hídricos. Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas Para La Alimentación y la Agricultura – FAO Roma, 2013. ISBN 978-92-5-307304-7 (edición impresa). E-ISBN 978-92-5-307633-8 (PDF).

FERERES, E. 2008. The future of irrigation in horticulture. *Chronica Horti*. 48:9-11.

FIorentino, R. 2005. “La Agricultura irrigada en la Argentina y su Contribución al Desarrollo de las Economías Regionales”. Banco Mundial. Buenos Aires.

FUENTES YAGÜE, J. 1992. “Tecnología del Riego”. Ed. IRYDA Madrid.

GARCIA GARCIA, J. 2007 “Evaluación económica y eficiencia del agua de riego en frutales de regadío” Serie Técnica y de Estudio 31. IMIDA. Murcia. España.

GARCIA, J.; AZORÍN, P.; ORDAZ, P. y MONREAL, F. 2005. “Análisis económico del cultivo de almendro en riego deficitario controlado (RDC)”. FRUTICULTURA PROFESIONAL N° 154 pp. 43-50.

GARRIDO, A.; PALACIOS, E.; CALATRAVA, J.; CHÁVEZ, J. y EXEBIO, A. 2004. “La importancia del valor, costo y precio de los recursos hídricos en su gestión”. FODEPAL. 2009. pp. 49.

GHIDA DAZA, C. 2009. Indicadores Económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Ediciones INTA N° 11.

GLEICK, P. 2003. Water use. Annu. Rev. Environ. Resour. 28:275-314

GONZÁLEZ, A. 1997. Planeación de los Recursos Hidráulicos, con fines de riego, en la zona andina del Ecuador (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Loja. Recuperado www.unl.edu.ec.

GONZÁLES, M. y PAGLIETTINI, L. 2001. “Los Costos Agropecuarios y sus Aplicaciones”. Ed. Fac. Agronomía UBA. Buenos Aires.

GRASSI, J. 1998. Infiltración, ascenso capilar y redistribución de agua en el suelo. En: Fundamentos de riego. CIDIAT, Mérida, Venezuela. Cap 4: 65 – 96

HERNÁNDEZ PALOMO, J. B. 2014. "Respuestas fisiológicas y eficiencia de uso de agua en un sistema hidropónico con déficit de riego y drenaje cero."

ICWE (INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT) 1992. The Dublin statement and report of the conference. Dublin – Ireland.

JANSSON MOLINA A. 2006. “Formulación y evaluación de proyectos de inversión”. Ed. UTEM. Santiago – Chile.

KUEHL, R.O. 2001. Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2a ed. México: Thomson Learning. 680 p.

LIN, Y.; ZENG, Z.; REN, C. y HU, Y. 2012. Water use Efficiency and Physiological Responses of Oat Under Alternate Partial Root – zone Irrigation in the Semiarid Areas of Northeast China. Procedia Engineering 28: 33 – 42.

LIU, H. J. y KANG, F. 2006. Effect of sprinkler irrigation on microclimate in the winter wheat field in the North China Plain. Agric. Water Manage 84: 3-19.

LLOP, A. 2010. “Valoración económica y eventual cobro de los servicios ambientales”. Curso Taller sobre bienes y servicios ambientales. Buenos Aires 2010.

MONTEMAYOR, T. J. A.; WALTER, A. H.; OLAGUE, R. J.; ROMÁN, L. A.; RIVERA, G. M.; PRECIADO, R. P. MONTEMAYOR, I. DEL R. SEGURA, C. M. A.; OROZCO, V. J. A. y YESCAS, C. P. 2010. Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1(2):145-156.

MORÁBITO, J. 2004. “Desempeño de riego por superficie en el área de riego del río Mendoza, Eficiencia actual y potencial. Parámetros de riego y recomendaciones para un mejor Aprovechamiento en un marco de agricultura sustentable (Tesis de Maestría) Mendoza. UNCuyo. Mendoza.

NAVARRO, E. 2002. “Catamarca. Regiones Fitogeográficas”. http://www.catamarcaguia.com.ar/Geografia/Reg_Fitogeograficas.php

NEAL, J. S.; FULKERSON, W. J. y HACKER, R. B. 2011. Differences in water use efficiency among annual forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. Agricultural Water Management 98: 759 – 774.

NÚÑEZ AGUILAR.; FAUSTO A. y ALVAREZ DE TOLEDO J. M. 2004. “El riego en la provincia de Catamarca”. Banco Mundial.

PENMAN, H. L. 1956. Evaporation: An introductory survey. Holanda J. Agric. Sci. 1: 9-29, 87-97, 151-153.p

PEREIRA L. S., DE JUAN VALERO J., PICORNELL BUENDIA M., TARJUELO MARTINBENITO J. 2010. “El Riego y sus Tecnologías”. CREA-UCLM. Albacete. España.

PÉREZ ROA J. 2002. “Valoración Económica del Agua”. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, CIDIAT. Mérida Venezuela. <http://www.cidiat.ula.ve>

PIZARRO F. 1996. “Riegos Localizados de Alta Frecuencia”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México.

POURYOUSEF, M., RAZZAGHIFARD, S., JAMSHIDI, K. 2014. The effect of irrigation intervals and harvesting time on grain yield and essential oil of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 45(3), 453-460. doi: 10.22059/ijfcs.2014.53541. In: National Congress on Medicinal Plants, 16- 17 May, Kish Island, pp. 315.

QURESHI, Z. y NEIBLING, H. 2009. Response of two – row malting spring barley to water cutoff under sprinkler irrigation. Agricultural Water Management 96: 141 – 148.

ROMÁN, M. 2001. “Diseño y Evaluación Financiera de Proyectos Agropecuarios” Ed. Fac. Agronomía UBA. Buenos Aires.

ROSTAMZA, M.; CHAICHI, M. R; JAHANSOUZ, M. R; ALIMADADI, A. 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. *Agricultural Water Management* 98: 1607 – 1614.

RODRÍGUEZ, J.; WEATHERHEAD, K.; KNOX, J. y CAMACHO, E. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environ. Change* 7: 149-159.

RUCOBA GARCÍA A. 2006 “Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de tomate bajo invernadero en la región centro-sur de Chihuahua”. *Rev. Mexicana de Agronegocios*, vol. X n° 019.

SÁNCHEZ, H. 2013. El cultivo de anís: aspectos a considerar para la producción de anís. Sumalao, Catamarca. Ediciones INTA, 2013. 18 pág.; ISBN 978-987-679-203-5.

SÁNCHEZ, H.; ALEMANN, G.; JOTAYAN, L.; ROMERO D.; SALDAÑO, R. y LÓPEZ MORILLO, M. 2014. Situación de los cultivos de comino y anís en la República Argentina 2010-2014 1a ed. - Sumalao, Valle Viejo Catamarca: Ediciones INTA, 2014. 12 p. : il. ; 27x19 cm. ISBN 978-987-521-564-1

SÁNCHEZ, H; SABADZIJA, G. y ZAMBONI, M. 2020. Análisis técnico económico de modelos productivos de Comino y Anís. Contexto, potencialidades y limitantes para su desarrollo en Argentina. *Archivo Digital: descarga y online* ISSN 1851 – 6955. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6876/INTA_CRCatamarca_LaRioja_EEACatamarca_Sanchez_H_Analisis_tecnico_economico_modelos_productivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SÁNCHEZ, H.; LÓPEZ, L.; ZAMBONI, M.; ALEMANN, G.; LORENZO, J.; DÁVILA CRUZ, G.; ROMERO, D.; HERRERA, J.; OVIEDO, H.; PÉREZ, O.; FERNÁNDEZ, M.; RÍOS, F. y SALDAÑO, R. 2021. Comportamiento Fenológico Del Anís En Argentina HOJA INFORMATIVA N° 20. Abril 2021

SANTA OLALLA MAÑAS, M.; LÓPEZ FUSTER, P. y CALERA BELMONTE, A. 2005. “Agua y agronomía”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

SAVVA, A. y FRENKEN, K. 2002. “Monitoring the Technical and Financial Performance of an Irrigation Scheme”. *Irrigation Manual* N° 14. FAO Sub-Regional Office for East and Southern África. Harare

SELEME, F.; GONZÁLEZ VERA, C.; JURI, C.; GONZÁLEZ BASSO, V.; DÍAZ, Y. y ABEL, M. 2012. Enfermedades en el cultivo de comino (*Cuminum cyminum* L.) en el valle central de Catamarca - Argentina *Revista* N° 20 ISSN: 1852 – 7086.

SOULIS, K.; ELMALOGLOU, S. y DERCAS, N. 2015. Elmaloglou, and N. Dercas. 2015. Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems. *Agric. Water Manage.* 148: 258-268.

SONMEZ, C. 2018. Effect Of Phosphorus Fertilizer On Some Yield Components And Quality Of Different Anise (*Pimpinella Anisum* L.) Populations. *Turkish Journal of Field Crops* 23(2):100-106 DOI:10.17557/tjfc.467468 (in Turkish)

THORNTHWAITE, C.W. 1948. “An approach toward the rationale classification of climate”. *Geogr. Rev.* 38:55-94.

ULLAH, H. 2012. Fruit yield and quality of anise (*Pimpinella anisum* L.) in relation to agronomic and environmental factors. PhD, Justus Liebig University, Giessen, Germany.

VAN DEN BOSCH, M.; LYSIAK, E.; SABADZIJA, G.; ALVARADO, P.; VERA, L.; MOSCIARO, M. y RODRÍGUEZ, M. 2011. Indicadores económicos para la gestión de establecimientos agropecuarios con cultivos plurianuales. Bases metodológicas. INTA, Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N.º 14.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2005 “Evaluación De Los Ecosistemas Del Milenio”. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Chapter 7 p 166-207. Washington, DC. 2005

YANG, X.; CHEN, F.; GONG, F. y SONG, D. 2000. Physiological and ecological characteristics of winter wheat under sprinkler irrigation condition. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 16: 35-37.

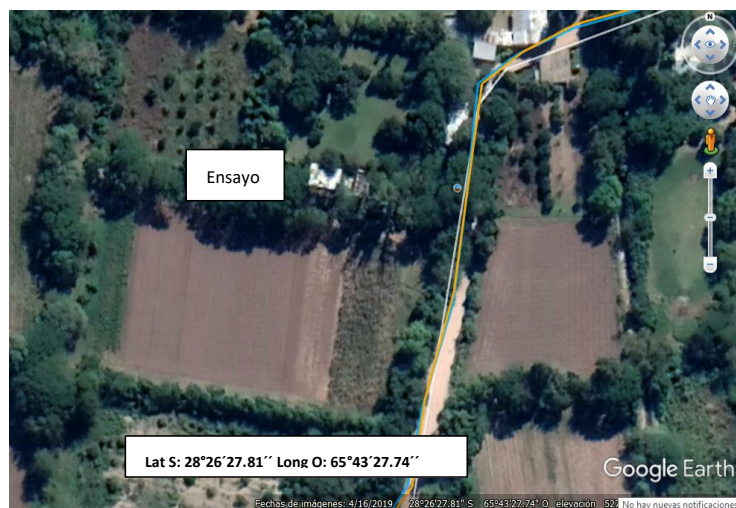
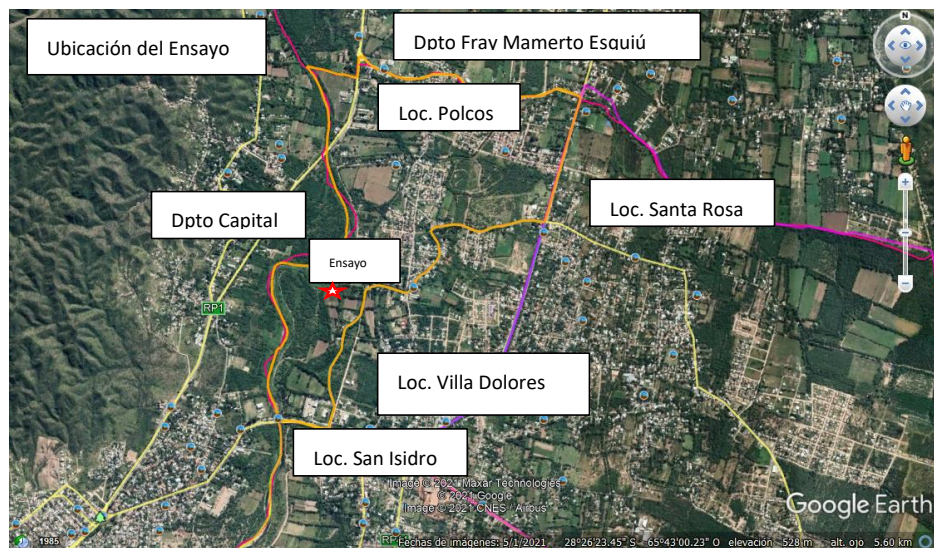
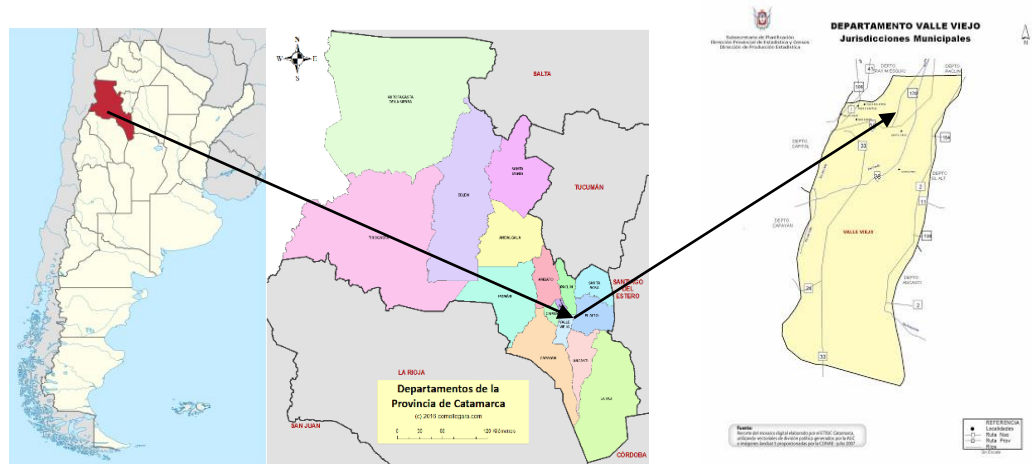
ZHANG, Y.; ZHANG, Y.; WANG, Z. y WANG, Z. 2011. Characteristics of canopy structure and contributions of non – leag organs to yield in winter wheat under different irrigated conditions. *Field Crops Research* 123: 187 – 195.

ZHELJAZKOV, V. D.; CALLAHAN, A. y CANTRELL, C. L. 2008. Yield and oil composition of 38 basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions grown in Mississippi. *J Agr Food Chem* 56: 241–245.

ZEHTAB SALMASI, S.; JAVANSHIR, A.; OMIDBAIGI, R.; ALYARI, H. y GHASSEMI GOLEZANI, K. 2001. *Acta agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae* v.49 no.1 pp. 75-81

9. ANEXOS

9.1 Ubicación del Ensayo Experimental



9.2 Ubicación del Ensayo Experimental



9.3 Esquema del Ensayo Experimental

Ensayo Experimental: TESIS VILLALOBO FRANCISCO ANDRES

Evaluación Económica del Cultivo de Anís (*Pimpinella anisum* L.) bajo diferentes estrategias de riego en el departamento Valle Viejo, Catamarca. Argentina.

MÉTODO DE RIEGO POR GOTEO

DISEÑO EXPERIMENTAL COMPLETAMENTE AL AZAR

4 TRATAMIENTOS 4 REPETICIONES

SUPERFICIE TOTAL: 336m²

SUPERFICIE UNIDAD EXPERIMENTAL: 21m²

TAMAÑO UNIDAD EXPERIMENTAL: 3 LINEAS de 10 m DE LARGO

TAMAÑO UNIDAD DE OBSERVACION: 8 m LINEALES

DENSIDAD DE PLANTACION: 0,7 m entre línea a chorrillo.

DENSIDAD DE SIEMBRA: 6 kg.ha⁻¹.

DENSIDAD DE PLANTACION: 60 pl. m lineal.

Distribución de tratamientos.			
T n°3	T n°1	T n°0	T n°2
T n°1	T n°2	T n°3	T n°0
T n°1	T n°0	T n°3	T n°2
T n°2	T n°0	T n°1	T n°3

MÉTODO DE RIEGO POR SURCO

12 LINEAS DE 60 METROS CADA UNA

SUPERFICIE TOTAL: 336m²

TAMAÑO UNIDAD EXPERIMENTAL: 12 LINEAS de 60 m DE LARGO

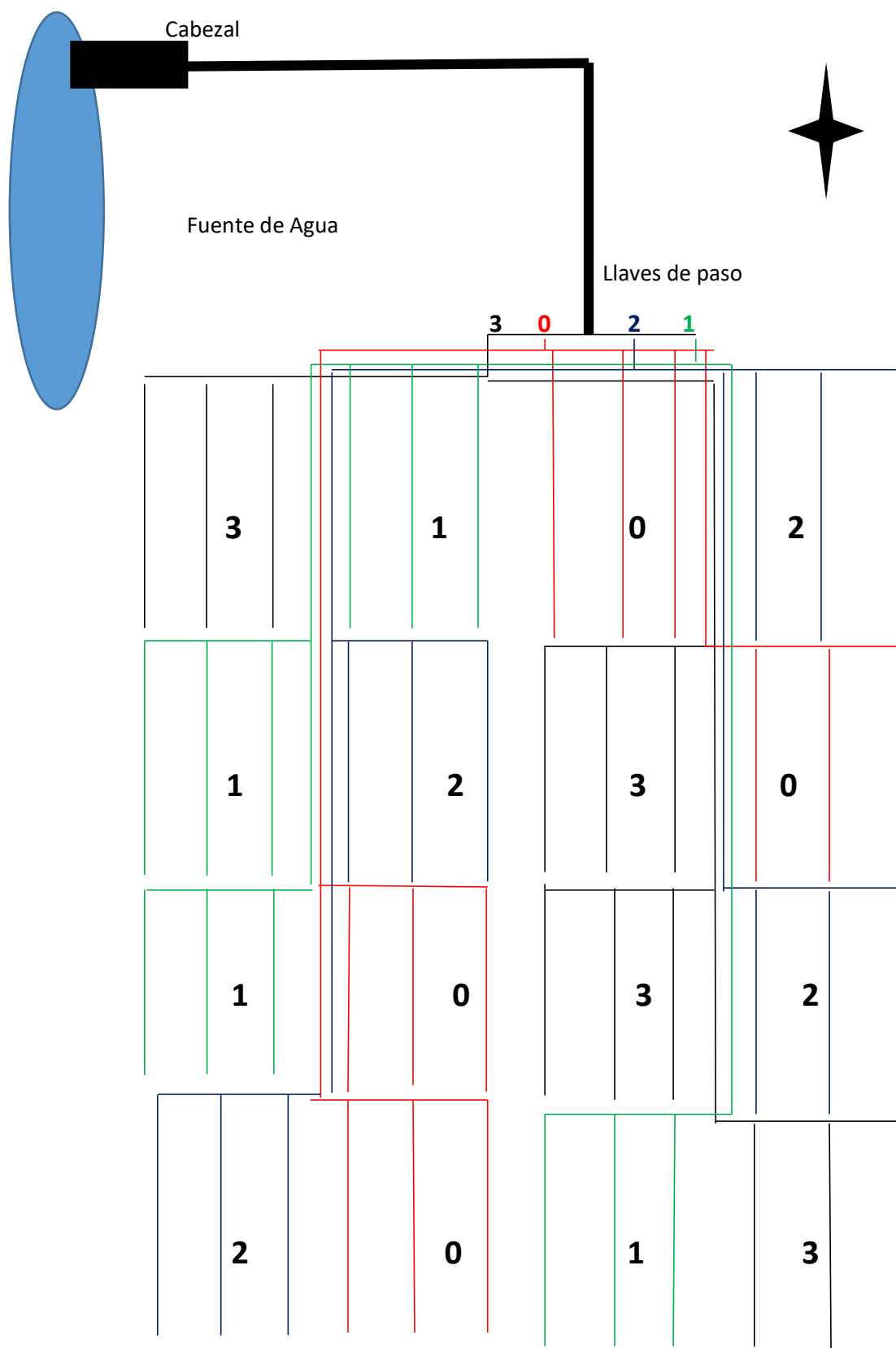
TAMAÑO UNIDAD DE OBSERVACION: 8 m LINEALES

DENSIDAD DE PLANTACION: 0,7 m entre línea a chorrillo.

DENSIDAD DE SIEMBRA: 6 kg.ha⁻¹.

DENSIDAD DE PLANTACION: 120 pl. m lineal.

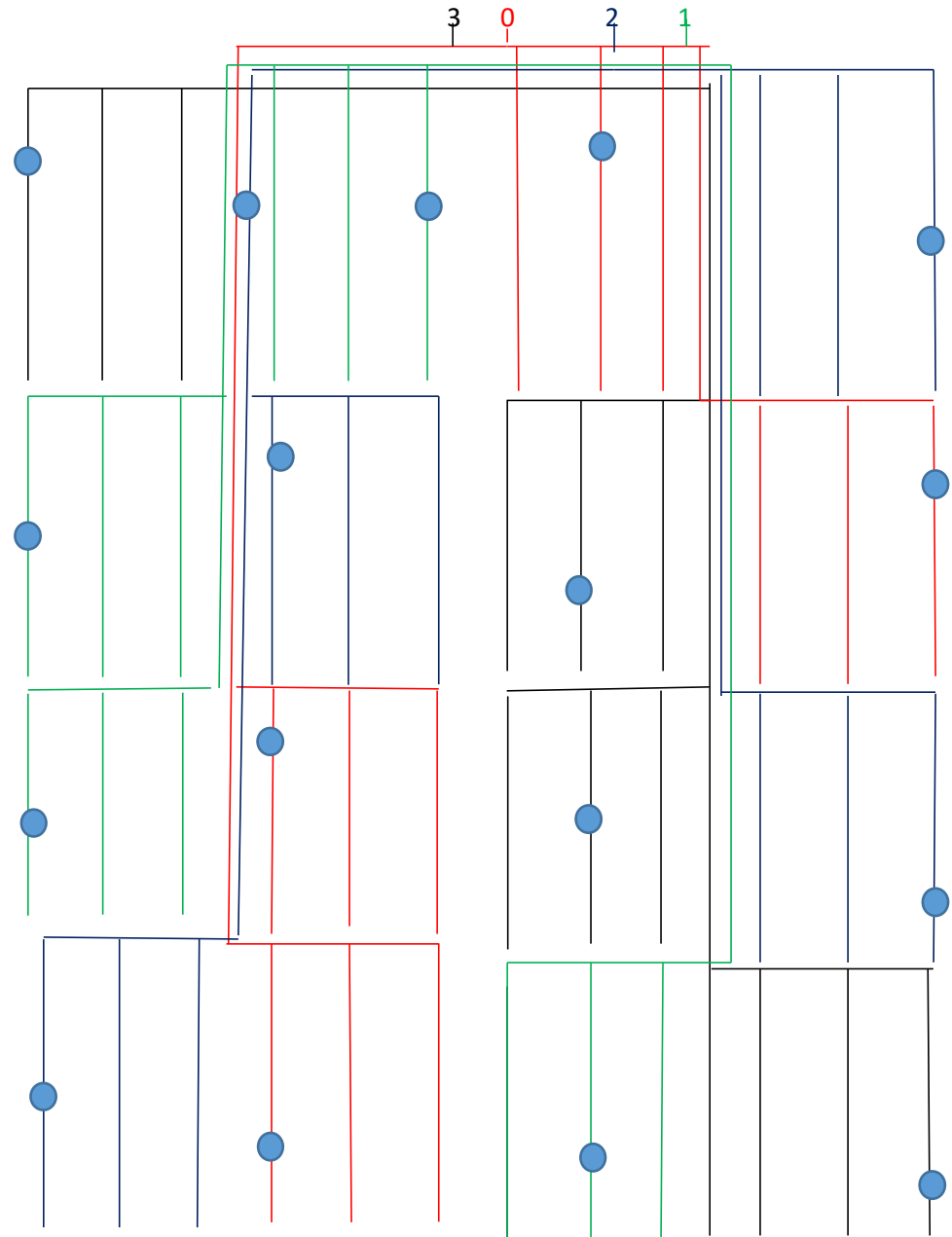
9.4 Anexo Esquema del Ensayo Experimental



9.5. Anexo Equipo de riego, evaluaciones

9.5.1 Anexo Evaluación del equipo de riego (caudal)

Muestra de puntos Control de Uniformidad



9.5.2 Anexo Evaluación de Uniformidad de Riego por Goteo Lectura de Punto de muestreo

$$\text{Coef. Uniformidad} = \frac{\text{Caudal prom. 4 caudales menores}}{\text{Caudal prom. general}} \times 100$$

Muestreo n°1 15/05/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	
L1	T3	30,5	1,83	1,95
L1	T1	28,5	1,71	1,83
L1	T1	29,0	1,74	1,83
L1	T2	30,5	1,83	1,83
L4	T1	29,5	1,77	1,83
L4	T2	29,0	1,74	1,77
L4	T0	30,5	1,83	1,77
L4	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T0	29,0	1,74	1,77
L8	T3	32,5	1,95	1,77
L8	T3	29,5	1,77	1,74
L8	T1	29,0	1,74	1,74
L12	T2	30,5	1,83	1,74
L12	T0	29,5	1,77	1,74
L12	T2	28,0	1,68	1,71
L12	T3	29,5	1,77	1,68
		29,65	1,77	1,71

Fecha: 15/05/2019

C.U = (1.71/1.77) x 100 = **96,6%**

Muestreo n°2 06/06/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	
L1	T3	29,5	1,77	1,92
L1	T1	28,5	1,71	1,89
L1	T1	29,0	1,74	1,86
L1	T2	30,5	1,83	1,83
L4	T1	29,0	1,74	1,83
L4	T2	29,0	1,74	1,77
L4	T0	30,5	1,83	1,77
L4	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T0	29,0	1,74	1,74
L8	T3	32,0	1,92	1,74
L8	T3	31,5	1,89	1,74
L8	T1	29,0	1,74	1,74
L12	T2	27,5	1,65	1,74
L12	T0	29,5	1,77	1,71
L12	T2	31,0	1,86	1,71
L12	T3	28,5	1,71	1,65
		29,59	1,77	1,70

Fecha: 06/06/2019

C.U = (1.70/1.77) x 100 = **96,02%**Muestreo n°2 12/07/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	Ord ≥ a ≤
L1	T3	29,5	1,77	1,77
L1	T1	27,5	1,65	1,92
L1	T1	29,8	1,78	1,87
L1	T2	30,0	1,80	1,87
L4	T1	29,0	1,74	1,83
L4	T2	27,0	1,62	1,8
L4	T0	30,5	1,83	1,78
L4	T0	29,5	1,77	1,77

Fecha: 12/07/2019

C.U = (1.64/1.76) x 100 = **93,01%**

L8	T0	29,3	1,76	1,77
L8	T3	32,5	1,92	1,76
L8	T3	31,2	1,87	1,74
L8	T1	29,0	1,74	1,74
L12	T2	26,5	1,59	1,72
L12	T0	29,5	1,77	1,65
L12	T2	31,2	1,87	1,62
L12	T3	28,8	1,72	1,59
		29,42	1,76	1,64

Muestreo n°2 19/08/2019

N°	Trat.	60"en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	29,5	1,77	1,77
L1	T1	29,5	1,77	1,92
L1	T1	29,8	1,78	1,91
L1	T2	30,0	1,80	1,81
L4	T1	29,0	1,74	1,8
L4	T2	28,0	1,68	1,78
L4	T0	28,5	1,71	1,78
L4	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T0	29,3	1,76	1,77
L8	T3	32,5	1,92	1,77
L8	T3	30,2	1,81	1,77
L8	T1	29,7	1,78	1,76
L12	T2	29,5	1,77	1,74
L12	T0	29,5	1,77	1,72
L12	T2	31,9	1,91	1,71
L12	T3	28,8	1,72	1,68
		29,7	1,78	1,71

Fecha: 19/08/2019

C.U = (1.71/1.78) x 100 = **96,02%**

Muestreo n°2 07/09/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	29,5	1,77	1,77
L1	T1	29,5	1,77	1,85
L1	T1	29,5	1,77	1,83
L1	T2	30,0	1,80	1,8
L4	T1	29,0	1,74	1,8
L4	T2	28,0	1,68	1,78
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T3	30,5	1,83	1,77
L8	T3	30,0	1,80	1,77
L8	T1	29,7	1,78	1,77
L12	T2	29,5	1,77	1,74
L12	T0	29,5	1,77	1,72
L12	T2	30,9	1,85	1,71
L12	T3	28,8	1,72	1,68
		29,49	1,76	1,71

Fecha: 07/09/2019

C.U = (1.71/1.76) x 100 = **97,15%**

Muestreo n°2 23/09/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	32,5	1,92	1,92
L1	T1	29,5	1,77	1,85
L1	T1	28,5	1,71	1,83
L1	T2	30,0	1,80	1,8
L4	T1	29,0	1,74	1,8
L4	T2	28,5	1,71	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L8	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T3	30,5	1,83	1,74

Fecha: 23/09/2019

C.U = (1.70/1.76) x 100 = **96,59%**

L8	T3	30,0	1,80	1,72
L8	T1	28,7	1,72	1,71
L12	T2	29,5	1,77	1,71
L12	T0	29,5	1,77	1,71
L12	T2	32,9	1,85	1,71
L12	T3	28,2	1,69	1,69
		29,61	1,76	1,70

Muestreo n°2 08/10/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	32,5	1,92	1,92
L1	T1	29,5	1,77	2,01
L1	T1	26,5	1,59	1,92
L1	T2	30,9	1,85	1,85
L4	T1	29,0	1,74	1,85
L4	T2	29,5	1,77	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	33,5	2,01	1,77
L8	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T3	26,5	1,59	1,77
L8	T3	32,0	1,92	1,74
L8	T1	28,1	1,68	1,71
L12	T2	29,5	1,77	1,68
L12	T0	29,5	1,77	1,59
L12	T2	32,9	1,85	1,59
L12	T3	26,2	1,57	1,57
		29,63	1,76	1,60

Fecha: 08/10/2019

C.U = $(1.60/1.76) \times 100 = \mathbf{90,90\%}$

Muestreo n°2 25/10/2019

N°	Trat.	60"en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	28,5	1,71	1,71
L1	T1	29,5	1,77	1,98
L1	T1	26,5	1,59	1,94
L1	T2	30,9	1,85	1,85
L4	T1	25,0	1,50	1,85
L4	T2	29,5	1,77	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	33,1	1,98	1,77
L8	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T3	26,5	1,59	1,71
L8	T3	32,4	1,94	1,68
L8	T1	28,1	1,68	1,65
L12	T2	29,5	1,77	1,59
L12	T0	27,5	1,65	1,59
L12	T2	32,9	1,85	1,57
L12	T3	26,2	1,57	1,5
		29,00	1,73	1,56

Fecha: 25/10/2019

C.U = (1.56/1.73) x 100 = **90,17%**

Muestreo n°2 01/11/2019

N°	Trat.	60"en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	28,5	1,71	1,71
L1	T1	29,5	1,77	1,98
L1	T1	26,5	1,59	1,85
L1	T2	30,5	1,83	1,83
L4	T1	28,5	1,71	1,82
L4	T2	29,5	1,77	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	33,1	1,98	1,77
L8	T0	29,5	1,77	1,77
L8	T3	26,5	1,59	1,71

Fecha: 01/11/2019

C.U = (1.56/1.74) x 100 = **92,52%**

L8	T3	30,4	1,82	1,71
L8	T1	28,1	1,68	1,68
L12	T2	29,5	1,77	1,65
L12	T0	27,5	1,65	1,63
L12	T2	30,9	1,85	1,59
L12	T3	27,2	1,63	1,59
			1,74	1,61

Muestreo n°2 09/11/2019

N°	Trat.	60" en ml	Q (lt/hr.)	Ord $\geq a \leq$
L1	T3	28,3	1,69	1,69
L1	T1	29,5	1,77	1,81
L1	T1	28,5	1,71	1,8
L1	T2	30,3	1,81	1,77
L4	T1	26,0	1,56	1,77
L4	T2	29,5	1,77	1,77
L4	T0	28,5	1,71	1,77
L4	T0	30,1	1,80	1,75
L8	T0	29,5	1,77	1,71
L8	T3	26,5	1,59	1,71
L8	T3	27,4	1,64	1,71
L8	T1	28,6	1,71	1,67
L12	T2	29,5	1,77	1,65
L12	T0	27,5	1,65	1,64
L12	T2	27,9	1,67	1,59
L12	T3	29,2	1,75	1,56
		28,55	1,71	1,61

Fecha: 09/11/2019

C.U = $(1.61/1.71) \times 100 = \mathbf{94,15\%}$

9.6 Anexo: Cuadro tarifario



CUADRO TARIFARIO MAYO 2019 - JULIO 2019- Aprobado mediante RES EnRe 068-19

LOS VALORES INDICADOS CONSTITUYEN VALORES MÁXIMOS DENTRO DEL CUAL LA DISTRIBUIDORA FACTURARÁ A SUS USUARIOS, ESTABLECIDOS EN LA LEGISLACIÓN VIGENTE. VIGENTE DESDE EL 28/05/2019

TARIFA PEQUEÑAS DEMANDAS					
T1-R	USO RESIDENCIAL	UNIDAD	VAD	MEM	TOTAL
	RESTO				
	Cargo fijo	\$/MES	33.28	293.72	327.00
	Cargo variable por consumo de energía	\$/KWh.	0.8306	2.2198	3.0504
	ELECTRODEPENDIENTES	UNIDAD	VAD	MEM	TOTAL
	Cargo fijo	\$/MES	33.28	0.00	33.28
	Cargo variable por consumo de energía	\$/KWh.	0.8306	0.0000	0.8306
T1 - G	USO GENERAL	UNIDAD	VAD	MEM	TOTAL
	Cargo fijo	\$/MES	42.16	1303.23	1345.39
	Cargo variable por consumo de energía	\$/KWh.	1.0190	2.3804	3.3994
T1 - AP	ALUMBRADO PÚBLICO	UNIDAD	VAD	MEM	TOTAL
	Cargo variable por consumo de energía	\$/KWh.	1.0812	2.8671	3.9483
T2	MEDIANAS DEMANDAS	UNIDAD	VAD	MEM	TOTAL
	Por capacidad de Suministro Contratada	\$/KW-MES	237.28	132.37	369.65
	Cargo variable por consumo de energía	\$/KWh	0.0000	1.9536	1.9536
	Cargo Fijo	\$/MES	129.29	0.0000	129.29

TARIFA GRANDES DEMANDAS								
T3	GRANDES DEMANDAS CON CONSUMOS MENORES A 300 KW							
	Nivel de Tensión de Suministro:	UNIDAD	Baja Tensión			Media Tensión		
			VAD	MEM	TOTAL	VAD	MEM	TOTAL
	Por Capacidad de Suministro Contratada en Hs.Pico	\$/KW-MES	355.97	146.89	502.86	142.07	136.98	279.05
	Por Capacidad de Suministro Contratada en Hs. F. de Pico	\$/KW-MES	217.24	0.00	217.24	165.23	0.00	165.23
	Cargo Fijo	\$/MES	654.31	0.00	654.31	671.32	0.00	671.32
	Cargo Variable por Consumo de Energía							
	Período Horas Punta	\$/KWh.	0.0000	2.5024	2.5024	0.0000	2.2743	2.2743
	Período Horas Resto	\$/KWh.	0.0000	2.3933	2.3933	0.0000	2.1752	2.1752
	Período Horas Valle Nocturno	\$/KWh.	0.0000	2.2854	2.2854	0.0000	2.0771	2.0771
	Por Consumo de Energía Reactiva							
	Recargo por cada centésimo de Tg> 0.62 por la							
	energía reactiva en exceso del 62% de la E. Activa	%						
T4	RIEGO AGRÍCOLA CON CONSUMOS MENORES A 300 KW							
	Nivel de Tensión de Suministro:	UNIDAD	Baja Tensión			Media Tensión		
			VAD	MEM	TOTAL	VAD	MEM	TOTAL
	Por Capacidad de Suministro Contratada en Hs.Pico MEM	\$/KW-MES	0.00	169.04	169.04	0.00	139.41	139.41
	Por Capacidad de Suministro Contratada en Hs.Pico Exced.	\$/KW-MES	371.58	0.00	371.58	144.53	0.00	144.53
	Por Capacidad de Suministro Contratada en Hs. F. de Pico Exced.	\$/KW-MES	230.86	0.00	230.86	168.25	0.00	168.25
	Cargo Fijo	\$/MES	654.31	0.00	654.31	671.32	0.00	671.32
	Cargo Variable por Consumo de Energía							
	Período Horas Punta	\$/KWh.	1.9210	2.5023	4.4233	0.6639	2.2743	2.9382
	Período Horas Resto	\$/KWh.	1.9210	2.3932	4.3142	0.6639	2.1752	2.8391
	Período Horas Valle Nocturno	\$/KWh.	1.9210	2.2853	4.2063	0.6639	2.0771	2.7410
	Por Consumo de Energía Reactiva							
	Rec. por C/KVAR excedido P/Pot.>100kW cos fi>= 0,85	\$/KVAR			0.01			
	Rec. por C/KVAR excedido P/Pot.>100kW cos fi>= 0,95	\$/KVAR			0.01			

9.7 Anexo: Evapotranspiración

9.7.1 Anexo: Evapotranspiración diaria

Evapotranspiración diaria Etc															
Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)	Fecha	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)	Fecha	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)	Fecha	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)
14/5/2019	3,25	0,4	1,3	1/6/2019	1,78	0,4	0,712	1/7/2019	2,54	0,4	1,016	1/8/2019	1,970	0,617	1,215
15/5/2019	4,32	0,4	1,728	2/6/2019	1,58	0,4	0,632	2/7/2019	1,61	0,4	0,644	2/8/2019	2,160	0,627	1,355
16/5/2019	4,35	0,4	1,74	3/6/2019	2,18	0,4	0,872	3/7/2019	2,54	0,4	1,016	3/8/2019	3,060	0,638	1,953
17/5/2019	3,84	0,4	1,536	4/6/2019	3,36	0,4	1,344	4/7/2019	1,43	0,4	0,572	4/8/2019	4,460	0,649	2,895
18/5/2019	2,1	0,4	0,84	5/6/2019	1,61	0,4	0,644	5/7/2019	1,35	0,4	0,54	5/8/2019	3,820	0,660	2,521
19/5/2019	1,96	0,4	0,784	6/6/2019	1,59	0,4	0,636	6/7/2019	2,17	0,4	0,868	6/8/2019	2,510	0,671	1,684
20/5/2019	1,83	0,4	0,732	7/6/2019	1,73	0,4	0,692	7/7/2019	1,92	0,4	0,768	7/8/2019	2,250	0,682	1,534
21/5/2019	1,62	0,4	0,648	8/6/2019	2,26	0,4	0,904	8/7/2019	1,62	0,4	0,648	8/8/2019	1,960	0,692	1,357
22/5/2019	1,37	0,4	0,548	9/6/2019	1,75	0,4	0,7	9/7/2019	1,57	0,4	0,628	9/8/2019	2,050	0,703	1,442
23/5/2019	1,63	0,4	0,652	10/6/2019	1,55	0,4	0,62	10/7/2019	1,8	0,4	0,72	10/8/2019	3,930	0,714	2,807
24/5/2019	1,7	0,4	0,68	11/6/2019	1,82	0,4	0,728	11/7/2019	1,84	0,4	0,736	11/8/2019	2,430	0,725	1,762
25/5/2019	1,58	0,4	0,632	12/6/2019	1,33	0,4	0,532	12/7/2019	1,48	0,4	0,592	12/8/2019	2,620	0,736	1,928
26/5/2019	1,62	0,4	0,648	13/6/2019	1,53	0,4	0,612	13/7/2019	2,150	0,411	0,883	13/8/2019	4,610	0,747	3,442
27/5/2019	1,54	0,4	0,616	14/6/2019	1,55	0,4	0,62	14/7/2019	1,840	0,422	0,776	14/8/2019	4,630	0,757	3,507
28/5/2019	1,77	0,4	0,708	15/6/2019	1,31	0,4	0,524	15/7/2019	1,620	0,432	0,701	15/8/2019	2,670	0,768	2,051
29/5/2019	2,13	0,4	0,852	16/6/2019	1,24	0,4	0,496	16/7/2019	2,970	0,443	1,317	16/8/2019	2,440	0,779	1,901
30/5/2019	1,85	0,4	0,74	17/6/2019	1,35	0,4	0,54	17/7/2019	2,740	0,454	1,244	17/8/2019	2,520	0,790	1,991
31/5/2019	2,01	0,4	0,804	18/6/2019	1,31	0,4	0,524	18/7/2019	2,280	0,465	1,060	18/8/2019	5,060	0,801	4,052
				19/6/2019	1,4	0,4	0,56	19/7/2019	2,380	0,476	1,132	19/8/2019	3,710	0,812	3,011
				20/6/2019	1,99	0,4	0,796	20/7/2019	1,750	0,487	0,852	20/8/2019	4,120	0,822	3,389
				21/6/2019	2,93	0,4	1,172	21/7/2019	1,760	0,497	0,876	21/8/2019	4,780	0,833	3,983
				22/6/2019	1,77	0,4	0,708	22/7/2019	2,610	0,508	1,327	22/8/2019	2,750	0,844	2,321
				23/6/2019	1,64	0,4	0,656	23/7/2019	5,430	0,519	2,819	23/8/2019	6,030	0,855	5,156
				24/6/2019	1,91	0,4	0,764	24/7/2019	1,660	0,530	0,880	24/8/2019	3,920	0,866	3,394
				25/6/2019	2,14	0,4	0,856	25/7/2019	2,060	0,541	1,114	25/8/2019	4,210	0,877	3,691
				26/6/2019	3,13	0,4	1,252	26/7/2019	1,730	0,552	0,954	26/8/2019	4,570	0,887	4,056
				27/6/2019	1,28	0,4	0,512	27/7/2019	2,930	0,562	1,648	27/8/2019	4,990	0,898	4,483
				28/6/2019	1,3	0,4	0,52	28/7/2019	3,120	0,573	1,789	28/8/2019	6,930	0,909	6,301
				29/6/2019	1,59	0,4	0,636	29/7/2019	1,960	0,584	1,145	29/8/2019	4,930	0,920	4,536
				30/6/2019	1,52	0,4	0,608	30/7/2019	1,870	0,595	1,113	30/8/2019	3,980	0,931	3,705
								31/7/2019	2,180	0,606	1,321	31/8/2019	5,570	0,942	5,245

9.7.2 Anexo: Evapotranspiración diaria

Evapotranspiración diaria Etc											
Septiembre				Octubre				Noviembre			
	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)	Fecha	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)	Fecha	Eto (mm.d ⁻¹)	Kc	Etc (mm.d ⁻¹)
1/9/2019	4,580	0,952	4,362	1/10/2019	5,940	1,050	6,237	1/11/2019	8,130	0,988	8,032
2/9/2019	5,160	0,963	4,971	2/10/2019	4,620	1,048	4,842	2/11/2019	5,710	0,986	5,630
3/9/2019	3,990	0,974	3,887	3/10/2019	6,020	1,046	6,297	3/11/2019	5,730	0,984	5,638
4/9/2019	4,220	0,985	4,157	4/10/2019	3,950	1,044	4,124	4/11/2019	6,260	0,982	6,147
5/9/2019	5,240	0,996	5,218	5/10/2019	4,930	1,042	5,137	5/11/2019	6,970	0,980	6,831
6/9/2019	5,330	1,007	5,366	6/10/2019	6,520	1,040	6,781	6/11/2019	6,860	0,978	6,709
7/9/2019	3,410	1,017	3,470	7/10/2019	5,590	1,038	5,802	7/11/2019	6,910	0,976	6,744
8/9/2019	4,690	1,028	4,823	8/10/2019	7,030	1,036	7,283	8/11/2019	9,590	0,974	9,341
9/9/2019	4,360	1,039	4,531	9/10/2019	8,570	1,034	8,861	9/11/2019	7,260	0,972	7,057
10/9/2019	2,660	1,050	2,793	10/10/2019	8,350	1,032	8,617	10/11/2019	9,080	0,970	8,808
11/9/2019	2,620	1,050	2,751	11/10/2019	7,070	1,030	7,282	11/11/2019	8,970	0,968	8,683
12/9/2019	3,830	1,050	4,022	12/10/2019	6,130	1,028	6,302	12/11/2019	8,500	0,966	8,211
13/9/2019	5,810	1,050	6,101	13/10/2019	5,630	1,026	5,776	13/11/2019	6,640	0,964	6,401
14/9/2019	5,730	1,050	6,017	14/10/2019	3,880	1,024	3,973	14/11/2019	8,780	0,962	8,446
15/9/2019	4,470	1,050	4,694	15/10/2019	3,460	1,022	3,536	15/11/2019	10,460	0,960	10,042
16/9/2019	4,450	1,050	4,673	16/10/2019	3,930	1,020	4,009	16/11/2019	9,720	0,958	9,312
17/9/2019	3,480	1,050	3,654	17/10/2019	4,430	1,018	4,510	17/11/2019	10,540	0,956	10,076
18/9/2019	5,370	1,050	5,639	18/10/2019	5,170	1,016	5,253	18/11/2019	8,600	0,954	8,204
19/9/2019	5,710	1,050	5,996	19/10/2019	6,670	1,014	6,763	19/11/2019	9,130	0,952	8,692
20/9/2019	5,440	1,050	5,712	20/10/2019	6,140	1,012	6,214	20/11/2019	8,540	0,950	8,113
21/9/2019	5,190	1,050	5,450	21/10/2019	6,460	1,010	6,525				
22/9/2019	7,800	1,050	8,190	22/10/2019	7,960	1,008	8,024				
23/9/2019	8,610	1,050	9,041	23/10/2019	6,550	1,006	6,589				
24/9/2019	4,960	1,050	5,208	24/10/2019	8,880	1,004	8,916				
25/9/2019	5,740	1,050	6,027	25/10/2019	8,480	1,002	8,497				
26/9/2019	9,360	1,050	9,828	26/10/2019	10,450	1,000	10,450				
27/9/2019	10,240	1,050	10,752	27/10/2019	7,400	0,998	7,385				
28/9/2019	5,570	1,050	5,849	28/10/2019	7,240	0,996	7,211				
29/9/2019	9,660	1,050	10,143	29/10/2019	7,570	0,994	7,525				
30/9/2019	6,340	1,050	6,657	30/10/2019	5,920	0,992	5,873				
				31/10/2019	8,180	0,990	8,098				

9.8 Anexo: Diseño de Equipo de Riego por goteo para una hectárea

Materiales necesarios para un cabezal de fertirriego.	Cantidad	Materiales necesarios para las unidades de operación: 10 sectores de riego (*)	Cantidad
Válvula de retención PVC con filtro, 1"	1	Tee PVC 040	13
Curva HH, 1"	4	Llave esférica 1"	12
Unión Doble, 1"	3	Manguito roscado 1" M a 040 PVC H	24
Llave de paso esclusa	1	Válvula de aire dual	2
Tee polipropileno, 1"	2	Manómetro	1
Buje reducción 1" x 3/4"	8	Codo 040 PVC	24
Niple 3/4"	8	Tapas 040 PVC	12
Venturi 3/4"	1	Teflón	1
Unión doble 3/4	2	Pegamento PVC	5
Llave esférica PVC 3/4	2	Pomo sella juntas	1
Filtro de anillas 3/4 o 1"	1	Caño PVC 040 K4 x 6m (gris para riego)	101
Bomba centrífuga 1/2 Hp Z1 Czerweny	1	Cinta goteo (goteros cada 20 cm) (*)	20400
Caño polipropileno, 1" x 4m	2	Arranque goma PVC a manguera 16	410
		Manguera 16	350
		Conectores manguera 16 a cinta de riego	410

(*) Se puede regar en 10 operaciones de 1050 metros de cinta de riego.

30 líneas de 35 metros. Aproximadamente 1,1ha/días

9.9.2 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T2

Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el tratamiento T2												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal		0										
Estanque Reservorio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			299,8	299,8	299,8	299,8	299,8	299,8	299,8	299,8	299,8	299,8
Agua			273,0	273,0	273,0	273,0	273,0	273,0	273,0	273,0	273,0	273,0
Comercialización			1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3
Subtotal			1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1	1738,1
Total de Egresos		-248784,8	49969	49969	49969	49969	49969	49969	49969	49969	49969	49969
Ingresos												
Venta del producto			186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440
Total de Ingresos		0	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440
Flujo de Fondos		-248784,8	136471	136471	136471	136471	136471	136471	136471	136471	136471	136471
Act 34%= 0,34		-248784,84	101844	76003,2	56718,8	42327,5	31587,7	23572,9	17591,7	13128,1	9797,11	7311,28
VAN	131097,61											
TIR > VAN		54%	127543,3	119199,3	111401,2	104113,3	97302,16	90936,6	84987,48	79427,55	74231,35	69375,1

9.9.3 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T0

Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el tratamiento T0												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal												
Estanque Reservoirio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9
Agua			295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0	295,0
Comercialización			1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1
Subtotal			2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0	2009,0
Total de Egresos		-248784,8	50240	50240	50240	50240	50240	50240	50240	50240	50240	50240
Ingresos												
Venta del producto			218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095
Total de Ingresos		0	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095
Flujo de Fondos		-248784,8	167855	167855	167855	167855	167855	167855	167855	167855	167855	167855
Act 34%= 0,34		-248784,84	125265	93481,5	69762,3	52061,4	38851,8	28993,9	21637,2	16147,2	12050,1	8992,64
TIR > VAN	218458,66											
TIR > VAN		67%	156874,2	146611,4	137020	128056,1	119678,6	111849,2	104531,9	97693,39	91302,24	85329,19

467243,50

9.9.4 Anexo: Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el Tratamiento T3

Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el tratamiento T3												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal												
Estanque Reservoirio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7
Agua			309,4	309,4	309,4	309,4	309,4	309,4	309,4	309,4	309,4	309,4
Comercialización			1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7
Subtotal			2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7	2056,7
Total de Egresos		-248784,8	50287	50287	50287	50287	50287	50287	50287	50287	50287	50287
Ingresos												
Venta del producto			221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8
Total de Ingresos		0	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869
Flujo de Fondos		-248784,8	171581	171581	171581	171581	171581	171581	171581	171581	171581	171581
Act 34%= 0,34		-248784,84	128046	95556,6	71310,9	53217,1	39714,2	29637,5	22117,5	16505,6	12317,6	9192,26
TIR > VAN	228830,29											
TIR > VAN		69 %	160356,5	149865,8	140061,5	130898,6	122335,2	114331,9	106852,3	99861,94	93328,91	87223,28

9.10 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN

9.10.1 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua Tratamiento n°2

Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el tratamiento T2												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal												
Estanque Reservorio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			299,8	684,9	684,9	684,9	684,9	684,9	684,9	684,9	684,9	684,9
Agua			47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0	47075,0
Comercialización			1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3	1165,3
Subtotal			48540,1	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2	48925,2
Total de Egresos		-248784,8	96771	97156	97156	97156	97156	97156	97156	97156	97156	97156
Ingresos												
Venta del producto			186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440
Total de Ingresos		0	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440	186440
Flujo de Fondos		-248784,8	89669	89284	89284	89284	89284	89284	89284	89284	89284	89284
Act 34%= 0,34		-248784,84	66917,4	49723,9	37107,4	27692,1	20665,7	15422,2	11509,1	8588,88	6409,61	4783,29
VAN	34,68											
TIR > VAN		34%	83803,09	77984,29	72882,52	68114,5	63658,41	59493,84	55601,72	51964,23	48564,7	45387,57

9.10.2 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el Tratamiento n°0

Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el tratamiento n°0												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal												
Estanque Reservorio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9	350,9
Agua			78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0	78750,0
Comercialización			1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1	1363,1
Subtotal			80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0	80464,0
Total de Egresos		-248784,8	128695	128695	128695	128695	128695	128695	128695	128695	128695	128695
Ingresos												
Venta del producto			218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095
Total de Ingresos		0	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095	218095
Flujo de Fondos		-248784,8	89400	89400	89400	89400	89400	89400	89400	89400	89400	89400
Act 34%= 0,34		-248784,84	66716,7	49788,6	37155,7	27728,1	20692,6	15442,3	11524,1	8600,05	6417,95	4789,52
VAN	70,76											
TIR > VAN		34%	83551,79	78085,79	72977,37	68203,15	63741,26	59571,27	55674,09	52031,86	48627,9	45446,64

9.10.3 Anexo: Análisis de Sensibilidad del VAN en función del precio del agua para el Tratamiento n°3

Flujo de Fondos del proyecto de inversión con ingresos y egresos para el tratamiento												
	Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos												
Inversión												
Cabezal		14616,28										
Equipo de Riego		109472,46										
Accesorios		3156,1										
Casilla Cabezal												
Estanque Reservorio		121540										
Subtotal		248784,84										
Costos Fijos												
Insumos			12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6	12530,6
Servicios			12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300	12300
Mano de obra			23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400	23400
Subtotal			48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6	48230,6
Costos Variables												
Electricidad			360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7	360,7
Agua			82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0	82500,0
Comercialización			1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7	1386,7
Subtotal			84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4	84247,4
Total de Egresos		-248784,8	132478	132478	132478	132478	132478	132478	132478	132478	132478	132478
Ingresos												
Venta del producto			221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8	221868,8
Total de Ingresos		0	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869	221869
Flujo de Fondos		-248784,8	89391	89391	89391	89391	89391	89391	89391	89391	89391	89391
Act 34%= 0,34		-248784,84	66709,5	49783,2	37151,7	27725,1	20690,4	15440,6	11522,8	8599,13	6417,26	4789
VAN	43,90											
TIR > VAN		34%	83542,77	78077,36	72969,49	68195,79	63734,38	59564,84	55668,08	52026,24	48622,66	45441,73

9.11 Anexo: Análisis de suelo y agua.

9.11.1 Anexo: Análisis de agua

San Fernando del Valle de Catamarca, 30 de setiembre de 2019

ANÁLISIS DE AGUA

Interesado/s: Ing. Agr. Francisco Villalobo

Provincia: Catamarca - Villa Dolores - Valle Viejo

M n°	1	
Característica		
C.E. $\mu\text{S/cm. a } 25^\circ \text{ C}$	215	
RAS	0,99	
pH	7,7	
	meq/l	ppm
Calcio (Ca^{++})	1,81	36,32
Magnesio (Mg^{++})	0,39	4,71
Sodio (Na^+)	1,04	23,92
Potasio (K^+)	Trazas	Trazas
Boro	x	X
Carbonatos (CO_3^-)	-	-
Bicarbonatos (HCO_3^-)	1,80	109,84
Sulfatos (SO_4^-)	0,25	12,06
Cloruros (Cl^-)	0,20	7,09
TDS (mg/l)	137,6	
Dureza ($\text{CO}_3\text{Ca ppm}$)	110,28	
$\text{CO}_3 \text{ Na}_2$ residual (meq/l)	-	

Recepción de la Muestra: 31/ 08/20 (-) Elemento no hallado

(x) Elemento no realizado

Métodos:

La determinaciones analíticas en laboratorio, fueron: el potencial hidrógeno o pH, determinado en peachímetro; conductividad eléctrica, conductímetro; sodio y potasio, por fotometría en llama, calcio y magnesio por titulación con EDTA; Boro por el método curcumina; carbonato y bicarbonato, por titulación con ácido sulfúrico; cloruro, por el método de Mohor;

sulfato, método Cromato de Bario,; se calcularon: la relación de absorción de sodio (RAS), carbonato de sodio residual (CSR), total de sólidos disueltos (TSD) y dureza.

Interpretación:

De acuerdo con la conductividad eléctrica y la relación de absorción de sodio (RAS), según la clasificación de Riverside, consideramos a la muestra del tipo **C1S1**, es decir, “salina baja” y Baja peligrosidad sódica”, donde:

C1: Puede usarse para la mayor parte de los cultivos en casi todos los suelos sin que sea probable que se desarrollen condiciones de salinidad que puedan afectar a los rendimientos normales.

Salvo en los casos de suelos muy poco permeables donde se requerirá una cierta lixiviación provocada de intento, la practica rutinaria del riego mantiene la salinidad en niveles muy bajos.

S1: Baja peligrosidad sódica: Según las clases de peligrosidad salina de C1 a C5. Puede usarse en casi todos los suelos sin peligro que el nivel de sodio intercambiable suba demasiado. Sin embargo, plantas muy sensibles al sodio, tanto frutales de caroso, pueden llegar a acumular cantidades nocivas de éste catión.

El pH de la muestra es “Levemente Alcalina” (7,4 – 7,8).

En cuanto a la toxicidad por aniones, no existen problemas, ya que las concentraciones halladas de cloruros y sulfatos, están dentro de los valores considerados “aceptables para el riego”, en el caso de los bicarbonatos, puede traer aparejado deficiencias de hierro en plantas muy sensibles; considerando que a partir de los 1,5 meq/l puede afectar la adecuada absorción y translocación de éste nutriente.

La dureza, expresada en ppm. de CO_3Ca , clasifica a la muestra como “Blanda” (70 – 140 ppm).

El contenido de carbonato de sodio residual es inexistente, éste índice indica el riesgo de formación de carbonato de sodio en el suelo.

El total de sólidos disueltos de las muestras es 137,6 mg/l.

En consecuencia podemos clasificar a la muestra como **Excelente para el riego**



Ing. Agr. Ana Lilia Alurralde

A/C Laboratorio Suelo

9.11.2 Anexo: Análisis de suelo

San Fernando del Valle de Catamarca, 18 de Febrero de 2019.

ANALISIS DE SUELO

Interesado/s: In. Agr. Francisco Villalobo

Provincia: Catamarca - Villa Dolores - Valle Viejo

1 – Introducción

El objetivo de éste trabajo es describir las propiedades morfológicas, químicas y de fertilidad del suelo a fin sugerir las medidas de manejo más convenientes para el mejor aprovechamiento del suelo y conservación del recurso, de acuerdo a su capacidad de uso.

2 - Materiales y Métodos

El trabajo consta de tres etapas, una de campo y otras posteriores de laboratorio y gabinete. En el campo se realizó la descripción del perfil del suelo (calicata) y toma de muestras. Se adjunta planilla de datos e imágenes de localización y perfil de suelo. En el perfil se determinó la sucesión de capas u horizontes del suelo por medio de la descripción de las propiedades morfológicas del mismo. Estas son color, textura, estructura, consistencia, presencia de carbonatos, de raíces, humedad, cementaciones y otras. Posteriormente se tomaron muestras de cada horizonte para su análisis en laboratorio. Las determinaciones analíticas en laboratorio en suelo, fueron: Textura, método de la pipeta; el potencial hidrógeno o pH determinado en peachímetro en relación 1: 2,5 con agua; conductividad eléctrica del extracto de saturación, carbonatos por el método del calcímetro de Collins, nitrógeno total por el micrométodo de Kjeldah; fósforo por Olsen; materia orgánica por Walkley Black; sodio y potasio por fotometría en llama, calcio y magnesio por titulación con EDTA, cálculo del índice RAS y potasio disponible a través del Delta F.

Lote del ensayo de Anís Muestra de Suelo

Descripción	Perfil	Perfil
Profundidad cm.	0-25	25-50
Clase textural	Franco	Franco
% Arena	42,6	43,5
% Limo	42,4	41,2
% Arcilla	15	15,3

PH (1:2,5 en agua)	7,9	7,7
Carbono orgánica %	1,37	0,96
Materia orgánica %	2,37	1,66
Carbonatos	ausencia	ausencia
Nitrógeno total (%)	0,09	0,08
Fosforo ppm	11,33	4,59
K soluble (meq/l)	0,99	0,21
Calcio + Magnesio interc. (meq/100gr)	9,6	9,6
R.A.S	2,7	3,2
Na soluble (meq/l)	4,43	5,78
DF	-2520	-3450

3- Interpretación:

3 – 1. Propiedades Morfológicas

El pozo en estudio se realizó en un lote de aproximadamente 1000 m² de suelo desnudo y recién rastrado con disco. El relieve es normal con una pendiente alrededor del 1%, con bajo escurrimiento y moderada permeabilidad, no se evidencian efectos de erosión, no se observan rocas ni piedras en superficie. En el pozo de observación se distinguieron cuatro horizontes o capas, llegando hasta el metro veinte de profundidad. Los límites de ellas fueron abruptos y rectos, la diferencia para determinarlos fue principalmente la textura y la presencia de carbonatos ante la reacción con ácido clorhídrico al 10%. Se encontró seco en toda su profundidad, presentando abundantes raíces medias, finas y muy finas hasta los ochenta y tres centímetros. Los suelos de este perfil en general son de color pardos, presentándose en seco, 10 YR 6/3. En húmedo los colores presentes fueron del tipo 10 YR 4/3. Las texturas (proporción de arena, limo y arcilla) determinadas al tacto, mostraron que los suelos poseen texturas desde franco arenoso en superficie mermando el contenido de arena con la profundidad a franco. Se ha observado estructura (agrupación de partículas primarias en partículas secundarias, agregados), granular de clase fina y muy fina y grado débil, en superficie; y bloques subangular y angular de clases media y fina de grado moderado a fuerte. Las consistencias (resistencia a la deformación o ruptura) en seco, fue blanda en superficie fortaleciéndose a medida que se profundizaba; en mojado los suelos son, ligeramente adhesivos y plásticos. Se encontró poca a moderada efervescencia por la presencia de carbonatos en todo el perfil aumentando con la profundidad. El horizonte 2, es decir entre los quince y cuarenta y dos centímetros existe una leve compactación de suelo.

3 – 2. Propiedades Químicas

La salinidad encontrada en el suelo clasificó a las muestras como escasamente salinas (2 - 4 dS/m). El índice RAS se encuentra en niveles bajos (< 15), por consiguiente se los clasifica como no sódicos.

El pH del suelo en los dos primeros horizontes es moderadamente alcalino (7,9 – 7,7). La distribución de los carbonatos en el perfil es pobre (< 0,5%) y al igual que el pH va disminuyendo a moderado. En cuanto a la fertilidad del suelo, es bueno, ya que se trata de un suelo con un contenido de materia orgánica moderado a alto (1,6 – 2,5 %), el nitrógeno es bajo (0,09 -0,08%). El contenido de fósforo asimilable es adecuado (> 10 ppm) a medio (5 - 10 ppm). La disponibilidad de potasio soluble según el delta F, es muy buena a buena.

4- Conclusión

De acuerdo a lo antes expuesto, podemos destacar que el lote estudiado no presenta impedimentos ni limitaciones físicas severas para el buen desarrollo del cultivo de aromáticas. Se trata de un suelo de textura moderada, con una buena proporción en los porcentajes de arena, limo y arcilla, que logran un suelo franco. Cabe destacar que con éstas texturas la capacidad de retención de agua y nutrientes es muy buena, ya que los nutrientes son moderadamente retenidos disminuyendo las pérdidas por volatilización y/o lixiviación, y al mismo tiempo presentan buenas condiciones para la relación suelo:aire:planta. No se detectaron riesgos peligrosos de salinidad ni sodicidad. Con respecto a los pH, debe tenerse en cuenta que un rango adecuado para la buena disolución y absorción de los nutrientes se encuentra alrededor de 6 a 7; de lo contrario, los nutrientes alojados en el suelo no se encuentran disponibles para ser tomados por la planta, de allí la gran importancia de mantener éste valor dentro del rango indicado, el cual se encuentra un poco alto con respecto a lo ideal, por lo que se sugiere bajar el valor de pH con aplicación de guano mezclado con azufre elemental, utilizar fertilizantes acidificantes, de tal forma de mejorar las condiciones al menos en lo que abarca la zona radicular. Desde el punto de vista de la fertilidad, se trata de un suelo con moderados a altos niveles en cuanto a contenidos de materia orgánica, buenos de fósforo y potasio, y bajos niveles de nitrógeno. Por ello se recomienda la incorporación de materia orgánica (guano, compostado, lombricompost, material verde, etc. mezclados con azufre elemental) de manera de mejorar las condiciones físico- químicas, a lo cual debe reforzarse con fertilización mineral especialmente con aportes de nitrógeno para abastecer los requerimientos del cultivo y lograr una buena producción.



Ing. Agr. Ana Lilia Alurralde

A/C Laboratorio Suelo