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 Objetivo 1: Obtener la función de rendimiento del agua en el cultivo de melón, a partir de resultados experimentales

4.1.1 Ubicación y material vegetal

El ensayo consistió en evaluar el efecto sobre el rendimiento comercial de la aplicación de diferentes láminas de riego sobre un cultivo de melón Cultivar Honey Dew, para posteriormente determinar el mejor rendimiento económico en las condiciones locales.

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Catamarca, situado en la localidad de Colonia del Valle departamento Capayán en el Valle Central de la provincia de Catamarca, entre los meses de setiembre de 2011 y Diciembre de 2011.-

El Predio de 72 ha de superficie se encuentra localizado a los 28°39'14.52" latitud Sur y 65°51'27.86" longitud Oeste y 449 msnm, distante a 21 km dirección sur de la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca.

Clima

Caracteriza a la zona un clima árido de sierras y bolsones, que por las características topográficas y ubicación de las sierras definen la formación de microclimas, en general las lluvias son muy concentradas en los meses estivales, con una media anual de 350 mm, inviernos y primaveras muy secos, con vientos muy frecuentes y moderados del sector noreste durante mediados de invierno y toda la primavera (Navarro E. 2002).

Características edáficas

Los suelos se caracterizan por poseer baja capacidad para la retención de humedad, escaso tenor de materia orgánica y bajo grado de mineralización, con un importante porcentaje de arena en su composición (Navarro E. 2002). Las características físico – químicas del suelo donde se desarrollo el estudio se encuentran descritas en el punto 10, ANEXOS, así como el análisis de la calidad del agua con fines de riego.

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

4.1.2 Ensayo experimental: Producción de Melón con riego por goteo en distintos niveles.

Tratamientos

Se efectuaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones. Los mismos consistieron en distintos niveles de riego; T100 es el testigo sobre el cual se aplicó el total del requerimiento teórico ETc. T133 correspondió a la aplicación del 133% de la lámina aplicada en el testigo, T66 y T33 correspondieron al 66% y 33% del requerimiento teórico del testigo, todas las restricciones se efectuaron en la fase final del cultivo.

Método de Riego

Se utilizó un equipo de riego por goteo para todos los tratamientos con laterales en cada hilera de plantación con goteros incorporados distanciados a 1 m y con una descarga teórica de 3,6 $l.h^{-1}$. 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%.

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 conjunto de 4 tanques de PVC de 1,10 m^3 de capacidad cada uno conectados en serie y solidarios entre sí, que a su vez alimentaban el equipo motobomba del cabezal. Estos a su vez fueron provistos con agua en forma permanente proveniente del sistema de distribución de agua de la Colonia, sirviendo las tuberías del mismo sistema como fuente de reserva del recurso. El cabezal del equipo contó con una llave de paso que conecta a los tanques con la electrobomba monofásica de 1,5 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 3,6 $l.h^{-1}$

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

Manejo del riego

Con la finalidad de establecer la dosis y oportunidad adecuada, la planificación del riego se efectuó en función de variables climáticas a partir de la estimación de la evapotranspiración de referencia. Para ello se procedió a ajustar el Programa computacional ETo Calculator 3.1 (Raes 2009) cuyo protocolo funcional fue conforme a la metodología de (Allen et al. 1998). Asimismo, para la determinación del coeficiente kc de cultivo se consideraron cuatro fases fenológicas diferentes.

Por otra parte, se monitoreó el contenido de humedad del suelo semanalmente mediante el método gravimétrico con la finalidad de corregir desajustes en la estimación del consumo en base a datos climáticos.

a) Determinación de la evapotranspiración del cultivo ETc

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

I $$ETc\ máx\ (mm.día^{-1}) = Kc \times ETo\ (mm.día^{-1})$$

Donde ETc máx correspondió a la máxima evapotranspiración del cultivo en estudio, en este caso del melón expresado como altura de agua en mm diarios; Kc correspondió al coeficiente del cultivo para las condiciones locales y cuyo valor adimensional varía con la etapa fenológica y ETo a la evapotranspiración de referencia.

b) 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 fase fenológicas del cultivo; fase inicial, de desarrollo, de mediado de temporada y 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 5 setiembre y 4 de octubre, 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.

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

II $$Kc\ ini = kci1 + \frac{Ip - 10}{40 - 10} * (Kci2 - kci1) * fw$$

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); Ip, es la infiltración Promedio obtenida para humedecimientos parciales y Fw expresa fracción de humedecimiento.

III $$Ip = kc\ tab * ETo * \frac{IR}{fw}$$

Donde, Kc tab, es valor tabulado para el cultivo (Allen et al. 1998: 110 -114). ETo es la evapotranspiración de referencia($mm.d^{-1}$), IR es la frecuencia de riego expresado en días y Fw es la fracción de humedecimiento que para el estudio se estimó en % de acuerdo a cuadro (Allen et al. 1998:149)

En la fase de desarrollo, sigue a la fase inicial y llega hasta la cobertura vegetativa total de la superficie, correspondientes al día 29 de Octubre, el valor de Kc des se obtuvo mediante la siguiente expresión.

IV $$Kdes = Kc\ ini + (i - j)/k) * (Kc\ med - Kci)$$

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 kc 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 16 de noviembre, y la fase final desde esta fecha hasta la cosecha entre el 6 y 15 de diciembre.

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

V $$Kfin = Kc\ med + (i - l)/m) * (Kc\ ini - Kmed)$$

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

(i) *Estimación de la evapotranspiración de referencia ETo*

Para la estimación de los datos de evapotranspiración de referencia se utilizó el programa ETo Calculator versión 3.1, (Raes 2009). El programa obtiene los datos siguiendo el procedimiento de Allen et al., (1998).

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

VI

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T+273} \times U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \times U_2)}$$

γ	Constante Psicrometrica
Δ	Pendiente de la curva de presión de vapor
Rn	radiación neta sobre la sup del cultivo
Ra	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 "PEGASUS" ubicada en el mismo campo experimental de la facultad de Ciencias Agrarias, la cual es administrada por el personal de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola.

Monitoreo de la humedad del suelo

Se extrajo muestras del suelo con el uso de barreno, a distintas profundidades, 25, 50 y 80 cm, 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 Cº durante 48 horas y se efectuaron mediciones del peso seco de la muestra; el contenido gravimétrico de humedad se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

VII

$$W(\%pp) = \frac{Mh - Ms}{Ms - T} . 100$$

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.

4.1.3 Diseño Experimental

La superficie del ensayo fue de 1.080m^2 y constó de 20 parcelas elementales de 45m^2 cada una que incluyeron, 5 hileras de cultivo de 6m distanciadas 1,5m y con plantas a 1m. La unidad observacional estuvo constituida por la hilera central

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

de cada parcela sirviendo el resto como bordura. La distribución fue completamente al azar con 4 tratamientos de riego y 5 repeticiones.

4.1.4 Manejo del cultivo

Siembra

La siembra se realizó el día 05 de setiembre de 2011 en líneas distanciadas 1,5m entre sí y 1m entre golpe de forma manual, generando una densidad de 6.667 plantas por ha. Las unidades experimentales consistieron en cinco hileras de 6m de longitud siendo la central la unidad de recolección de datos.

Manejo agronómico del cultivo

1) Preparación del terreno: Durante los meses de agosto y setiembre del año 2011 se realizó desmalezado mecánico mediante el pasado de rastra de discos dos veces cruzadas perpendiculares entre sí, luego se efectuó un cincelado con dos pasadas diagonales, luego se bordeó y regó para promover la germinación de las malezas y almacenar agua en el perfil del suelo. Se efectuó la aplicación de un herbicida pre - siembra (Glifosato) a razón de de 4 $l.ha^{-1}$, finalmente se formó la cama de siembra, consistente en rastreado, nivelado y surcado.
2) Instalación del equipo de riego: una vez preparado el terreno se procedió a la instalación de equipo de riego. Antes de la siembra se aplicó un riego por surco para llevar el terreno a capacidad de campo. Se determinó dicho parámetro y se procedió a la siembra.
3) Siembra: se efectuó el 5 de setiembre, en forma manual de la forma típica realizada en la zona, a una distancia de 1m entre golpe y 1.5 m de distancia entre hileras, se colocan 3 semillas por golpe a una profundidad de entre 2 y 3 cm.
4) Desmalezado: conforme a las necesidades fueron realizados trabajos de limpieza y desmalezado mediante el uso de herramientas manuales, principalmente el escardillo.
5) Tratamientos sanitarios: en general, el cultivo no sufrió ataques importantes de plagas y/o enfermedades, no obstante se efectuaron aplicaciones de Mercaptotión 50% a razón de 5 $cc.l^{-1}$ mediante pulverizadoras a mochila de 20 L ante la eventual aparición de hormigas invasoras, posterior a cada

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

evento de lluvia, se aplicaron preventivamente Carbendazim 50 y Abamectin 1.8 a razón de 5 cm^3 y 10 cm^3 cada 10 l de agua respectivamente.

6) 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: 2,27 $mm.h^{-1}$), asimismo se tuvo en cuenta la fracción de agotamiento teórica según la FAO de 45% del agua útil para este cultivo y las condiciones locales. El manejo del riego 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 utilizó como variable de ajuste, los tiempos de riego ya que los emisores y el distanciamiento entre ellos en los laterales fueron iguales para cada tratamiento.
7) Fertilización: se efectuaron 2 aplicaciones con fertilizantes a través del sistema de riego por goteo, 7,7 kg de nitrato de potasio; 7 kg de nitrato de amonio y 5,5 Kg de fosfato diamónico, lo que equivale a una fertilización con 140 kg nitrógeno; 70 kg de fósforo y 180 kg de potasio expresado por ha.
8) La cosecha fue efectuada en forma manual en tres pasadas y se consideraron los frutos de forma normal con peso mínimo de 0,8 kg como comerciales, conforme a las costumbres de los productores de la zona y el mercado local. Se midieron número, peso y tamaño, longitudinal y ecuatorial de los frutos comerciales, número y peso de los frutos descartables. En este último caso la gran mayoría de los frutos no comerciales correspondieron a que los frutos no alcanzaron el tamaño y peso mínimo para su comercialización.

4.1.5 Evaluación de resultados agronómicos

Las variables de rendimiento y de tamaño longitudinal (cm) y ecuatorial (cm) de los frutos se evaluaron con la metodología aplicada por Gil et al. (2000). En el rendimiento se consideraron los frutos comerciales y descartables, entre estos los deformes y con rajadura. En cada tratamiento se evaluó rendimiento en $kg.ha^{-1}$; donde se distinguió por aptitud entre comerciales y no comerciales, número de frutos y peso del fruto de cada categoría.

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

4.1.6 Función de rendimiento del agua en el cultivo de melón

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

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

VIII $$Q = a + b \times w - c \times w^2$$

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 igual a 0 la productividad marginal.

IX $$\partial Q / \partial w = pfm = 0$$

4.2 Objetivo 2. Calcular indicadores económicos ex post de las distintas estrategias de riego.

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 al mes de julio de 2011, en tanto que los precios de ventas correspondieron a diciembre del mismo año en el mercado local.

X $$B = I - CT$$

XI $$I = p \times Q$$

XII $$CT = Ga + CFe + MO + r$$

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 6,15% a un plazo de 6 meses correspondiente a la capitalización mensual de un interés nominal anual del 12 % vigente para depósitos a plazos fijos en la entidades bancarias privadas, y se consideró el costo de oportunidad de la mano de obra familiar (MO).

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

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.

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

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.

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

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.

XV $$MB = I - GFf - CFe - venta$$

4.3 Objetivo 3. Determinar los umbrales de rentabilidad del agua y cultivo en situación de escasez hídrica.

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 VIII se asumió que la cantidad producida es función del agua.

XVI $$Q = f(W)$$

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

XVII $$I = p \times f(W)$$

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

XVIII $$\partial I/\partial w = p \times \partial Q/\partial w = Im$$

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

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.

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

XIX $$\mathbf{Cw} = \boldsymbol{Cee} + \mathbf{COw}$$

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

XX $$\mathbf{Cw} = \boldsymbol{IM}$$

Reemplazando en la ecuación XX el Valor de IM de la ecuación XVIII y despejando w de la expresión resultante XXI se obtuvo la lámina óptima desde el punto de vista económico.

XXI $$\mathrm{Cw} = \mathrm{p} \times \partial \mathrm{Q} / \partial \mathrm{w}$$

4.4 Análisis de factibilidad económica de un proyecto de inversión

La evaluación da cuentas 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.

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

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

4.4.1 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.

Flujo de Caja

Para su determinación se calculó los ingresos que el funcionamiento del proyecto generará mediante la venta de productos obtenidos como resultado del Proyecto, asimismo los costos fijos de funcionamiento y los costos variables incluidos aquí el costo del riego, todo proyectado a 10 años.

Tasa de descuento o de actualización

Es la tasa que se utiliza para homogenizar 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 12 %, equivalente al rendimiento financiero en entidades privadas.

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 correspondiente con geo membrana.

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.

$$VAN = \sum_{t=0}^{n} \left(\frac{FF_t}{(1+i)^t} \right) - K$$

XXII

Donde FF_t corresponde al flujo de fondo en el período t, i es la tasa de descuento, K la inversión inicial y n el horizonte de evaluación.

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3

4.4.2 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.

4.5 Situación Actual

Para determinar la conveniencia de ejecutar el proyecto, resulta necesario comparar el escenario actual con la situación con el proyecto. A los efectos de contar con las características del sector en la situación actual se llevo a cabo una encuesta estratificada a los productores minifundista de la zona de estudio, cuya superficie de producción de melón no supera las 2 ha.

Los datos relevantes para este estudio en particular, fueron superficie cultivada, manejo del cultivo, rendimientos, comercialización. Respecto al riego, los datos relevados fueron, turnados, tiempo de riego, caudales, mano de obra.

Editorial Científica Universitaria – Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Catamarca
ISBN: 978-987-661-163-3