

CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE ACONCAGUA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

CARRERA: INGENERÍA EN AGRONOMÍA



**“USO DE LISÍMETROS DE DRENAJE ARTESANALES PARA
DETERMINAR EL KC DE LOS PRINCIPALES ESTADOS
FENOLÓGICOS DE LA UVA DE MESA CV. THOMPSON
SEEDLESS EN EL VALLE DE ACONCAGUA.”**

Escrito de tesis presentado como parte de los
requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO.

Profesor Guía:

Waldo Lira Dellachiesa

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

ERNESTO HUMBERTO RODRIGUEZ MALDONADO

San Felipe, Chile

2012

CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE ACONCAGUA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA

CARRERA: INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**“ES POSIBLE UTILIZAR LISÍMETROS DE DRENAJE
ARTESANALES DE BAJO COSTO PARA CALCULAR EL KC DE
LOS PRINCIPALES ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA UVA DE
MESA CV. THOMPSON SEEDLESS CON CONDUCCIÓN EN
PARRÓN ESPAÑOL EN EL VALLE DE ACONCAGUA.”**

**Escrito de tesis presentado como parte de los
requisitos del proceso de titulación para
optar al título de**

- **INGENIERO AGRÓNOMO**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Evaluador Sr.....
Prof. Evaluador Sr.....
Prof. Evaluador Sr.....

ÍNDICE DE MATERIAS

	Contenidos	Página
1.0	INTRODUCCIÓN	1
1.1.1	La vid en Chile.	1
1.1.2	Hipótesis.	2
1.1.3	Objetivos generales.	2
1.1.4	Objetivos específicos.	2
2.0	ANTECEDENTES GENERALES	3
2.1.1	Los lisímetros.	3
2.1.2	Correlación entre la ET medida en lisímetros y la evaporación. medida mediante instrumentos y Formulas empíricas.	4
2.1.3	Estimación de tasa de riego.	5
2.1.4	Resumen los 4 mejores métodos de estimación de evapotranspiración.	5
2.1.5	Coeficiente de bandeja (Kb).	8
2.1.6	Estimación de Kc por el Método FAO.	9
2.1.7	Los factores que afectan los valores de Kc son. ...	11

ÍNDICE DE MATERIAS

Contenidos	Página
2.1.8 Importancia del coeficiente de cultivo (K_c).	12
3.0 MATERIALES Y MÉTODOS.	14
3.1.1 Ubicación del ensayo y características...	14
3.1.2 Cabezal de riego.	15
3.1.3 Sistemas de control del riego de los lisímetros.	19
3.1.4 Descripción de lisímetros.	19
3.1.5 La composición del volumen de sustrato en el lisímetro.	20
3.1.6 Medición de caudal de goteros en lisímetros.	23
3.1.7 Metodología en aforo de goteros.	23
3.1.8 Tambor metálico para acumular el agua drenada.	25
3.1.9 Metodología de medición en lisímetros y tambor decantador.	25
3.2.1 Tasa de riego en el ensayo.	27
3.2.2 Metodología para la obtención de ETo.	27
3.2.3 Metodología de cálculo de K_c con lisímetros.	28
3.2.4 Metodología para la medición con radiómetro.	31

ÍNDICE DE MATERIAS

Contenidos	Página
3.2.5 Metodología empleada para calcular el Kc mediante las mediciones con el radiómetro.	32
3.2.6 Metodología para el cálculo de diferencia porcentual entre Kc de lisímetros y Kc (2001) y Kc GUROVICH, L. (1989).	36
3.2.7 Antecedentes climatológicos.	37
3.2.8 Ubicación estaciones meteorológicas” Escuela Agrícola San Felipe.	37
4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	38
4.1.1 Evolución semanal de ETo (Bandeja Clase A).	38
4.1.2 Evolución semanal de ETc. obtenida a través de los lisímetros del ensayo.	39
4.1.3 Evolución semanal de ETc. (radiómetro).	41
4.1.4 Comparación de evolución semanal de ETc. (lisímetros-radiómetro).	43
4.1.5 Evolución del porcentaje de sombreado (Ps %) generado por el parrón.	45
4.1.6 Evolución de Kc obtenido con radiómetro.	46

ÍNDICE DE MATERIAS

Contenidos	Página
4.1.7 Relación porcentaje de sombra (Ps. %) y Kc radiómetro.	47
4.1.8 Evolución de Kc obtenido con lisímetros.	49
4.1.9 Relación entre el porcentaje de sombreado (Ps. %) y el Kc obtenido de los lisímetros.	51
4.2 Comparación de Kc obtenidos con radiómetro y lisímetros.	53
4.2.1 Comparación porcentual de Kc (lisímetros – radiómetros).	55
4.2.2 Comparación porcentual de Kc (lisímetros – INIA).	56
4.2.3 Comparación porcentual de Kc (lisímetros – GUROVICH, L) .	57
5.0 CONCLUSIÓN.	59
6.0 RESUMEN.	60
6.0 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.	61

INDICE DE CUADROS

N° Cuadro	Descripción	Página
Cuadro N° 1	Comparación de la evapotranspiración medida: lisímetros, bandeja, ecuaciones empíricas.	4
Cuadro N° 2	Datos climatológicos necesarios para la determinar el ETo.	7
Cuadro N° 3	Coefficiente de bandeja, INIA, 2005.	9
Cuadro N° 4	Ubicación de goteros en lisímetros.	22
Cuadro N° 5	Medidas y dimensiones de tambor decantador.	25
Cuadro N° 6	Mediciones de tarro decantador.	27
Cuadro N° 7	Ejemplo obtención de ETo. semanalmente (ejemplo).	28
Cuadro N° 8	Ejemplo Caudal extraído y absorbidos en lisímetros.	29
Cuadro N° 9	Ejemplo Caudal extraído por día planta entre mediciones.	29
Cuadro N° 10	Ejemplo de planilla de cálculo usada para determinar la evapotranspiración lisímetros.	30
Cuadro N° 11	Evapotranspiración potencial, mm/día. (ETo) obtenido con Bandeja clase A.	30

INDICE DE CUADROS

N° Cuadro	Descripción	Página
Cuadro N° 12	Coefficiente de cultivo (Kc) obtenido con lisímetros de drenaje a partir de la ETo evapotranspiración por planta.	31
Cuadro N° 13	Comparación de coeficientes de cultivo obtenidos a través de radiómetro y lisímetros de drenaje.	55
Cuadro N° 14	Comparación de coeficientes de cultivo obtenidos a través de lisímetros de drenaje – INIA.	56
Cuadro N° 15	Comparación de coeficientes de cultivo obtenidos a través de lisímetros de drenaje – GUROVICH. (lisímetros – GUROVICH, L) .	57

INDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Descripción	Página
Figura Nº 1	Secuencia general y la proporción de las etapas de crecimiento mencionadas (FAO.)	11
Figura Nº 2	Vista aérea del predio Santa Griselda, lugar donde se ubicó el ensayo.	14
Figura Nº 3	Letrero ubicado en parrón del ensayo, el cual indica su uso experimental y características.	15
Figura Nº 4	Vista de uno de los lisímetros desde la superficie.	15
Figura Nº 5	Tablero eléctrico, programador, utilizado para controlar el riego de los lisímetros del ensayo.	16
Figura Nº 6	Bomba de 1,5 HP. usada para regar los lisímetros y cuartel del ensayo.	16
Figura Nº 7	Filtro de arena del cabezal de riego con sus manómetros de entrada y salida.	17
Figura Nº 8	Filtro de malla, válvulas solenoides y caudalímetros del cabezal de riego.	17
Figura Nº 9	venturi del cabezal del riego para la inyección de inyección de fertilizantes disueltos en el tambor.	18

INDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Descripción	Página
Figura Nº 10	Tranque acumulador que provee agua la parrón del ensayo.	18
Figura Nº 11	Caudalímetros ubicado en el parrón del ensayo que cuantifica el caudal de entrada a los tres lisímetros.	19
Figura Nº 12	Dibujo representativo del lisímetro que se utilizo en el ensayo.	20
Figura Nº 13	Vista superficial de uno de los lisímetros, con malla raschel sobre su superficie.	22
Figura Nº 14	Líneas de riego con goteros y sus respectivas arañas ancladas al suelo.	23
Figura Nº 15	Elementos utilizados para aforar los goteros de los lisímetros: probetas y canaleta acumuladora de PVC.	24
Figura Nº 16	Vista espejo de agua en el interior del tambor decantador del lisímetro.	25
Figura Nº 17	Tambor decantador, medido desde el espejo de agua.	26
Figura Nº 18	Radiómetro utilizado para medir la radiación fotosintéticamente activa (PAR).	32
Figura Nº 19	Primera medición radiómetro...	33

INDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Descripción	Página
Figura Nº 20	Segunda medición radiómetro...	34
Figura Nº 21	Tercera medición radiómetro...	34
Figura Nº 22	Cuarta medición radiómetro...	35
Figura Nº 23	Quinta medición radiómetro...	35
Figura Nº 24	Esquema de las principales mediciones de PAR entre plantas e hileras.	36
Figura Nº 25	Evolución semanal de ETo de la Bandeja Clase A .	39
Figura Nº 26	Promedio semanal de ETc. obtenidos a partir del Kc de lisímetros.	41
Figura Nº 27	Promedio semanal de ETc. del parrón obtenido a partir de Kc de radiómetro.	43
Figura Nº 28	Comparación entre el promedio semanal de ETc. del parrón obtenido a partir de Kc lisímetros y radiómetros.	44
Figura Nº 29	Evolución del porcentaje de PAR en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless.	46

INDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Descripción	Página
Figura Nº 30	Evolución de Kc calculado a través de las mediciones de luz interceptada (radiómetros) en la var. Thompson Seedless.	47
Figura Nº 31	Evolución del porcentaje de sombra (Ps %) y Kc obtenido por radiómetro en la variedad Thompson Seedless.	49
Figura Nº 32	Evolución de Kc obtenidos con lisímetros de drenaje en la variedad Thompson Seedless.	51
Figura Nº 33	Evolución del porcentaje de sombra (Ps. %) y Kc obtenido de lisímetros en la variedad Thompson Seedless.	53
Figura Nº 34	Evolución de Kc obtenidos con radiómetro y lisímetros en la variedad Thompson Seedless.	54

INDICE DE ANEXOS

Nº Anexo	Descripción
Anexo Nº 1	Características edafoclimaticas del ensayo.
Anexo Nº 2	Registro de mediciones PAR.

Anexo 1. Características edafoclimáticas del ensayo

Suelo: El suelo del sector del ensayo corresponde a la serie Pocuro, fase 1. Para conocer las propiedades físicas del suelo y su descripción se realizaron muestreos de suelo y dos calicatas. Estos resultados se presentan en los siguientes cuadros.

Profundidad del Horizonte	Descripción del suelo calicata 1
0-18 cm	Textura: Franco. Estructura: bloques subangulares finos y medios. Color: 10 YR 3/2
18-38	Franco, estructura granular, crotobinas comunes, 10YR 3/2
38-70	Franco. Bloques angulares medios, oxidaciones escasas. 10 YR3/3
70-105	Franco a Franco Arcillo Limoso, bloques angulares, 7,5 YR 3/2.

Descripción del suelo, sector sur del cuartel del ensayo.

Profundidad del Horizonte	Descripción del suelo calicata 2
0-23 cm	Textura: Franco. Estructura: bloques subangulares finos y medios. Color: 10 YR 3/2
23-47	Franco, bloques subangulares finos, crotobinas comunes, 10YR 3/2
47-57	Arenoso franco fino. Bloques angulares medios. 10 YR3/3
57-105	Franco Limoso, bloques angulares finos y medios, 10 YR 3/3.

Descripción del suelo, sector norte del cuartel del ensayo.

1.0 INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Vitis vinífera* presenta una superficie en el mundo según cifras de la FAO (2009), de 7,41 millones de hectáreas en el año 2008, registrando un 2,4% de crecimiento durante la década 1999-2008. De acuerdo a la información entregada por la OIV, Chile ocupa el 8° lugar como mayor productor mundial de uva de mesa con 0,83 millones de toneladas (ODEPA, 2010).

Los doce mayores exportadores mundiales de uva de mesa concentran más de 80% de las Exportaciones, siendo Chile el líder del grupo, con una participación de 23% (ODEPA, 2010; CIC.2010).

La superficie plantada de vid en Chile alcanzó en 2007 las 53.926 hectáreas, siendo el frutal más relevante. La estimación de los últimos catastros e intercatastros frutícolas de Cirén (2008 y 2010), correspondientes a la variedad Thompson Seedless indican que es la variedad que cubre la mayor superficie plantada con parronales de uva de mesa a nivel nacional correspondiente a 15.971 hectáreas.

Los coeficientes de cultivo utilizados en el valle de Aconcagua con frecuencia se han obtenido de información extranjera, es por esto que el conocimiento de la evapotranspiración de los cultivos, a nivel local es esencial para un manejo eficiente del riego de las distintas etapas de los cultivos (YAKOSOVI, 1994).

Es por esto la importancia de los lisímetros en la obtención de información local respecto al cálculo y medición el agua perdida del suelo, ya sea, en la forma de drenaje, evaporación o transpiración de las plantas que crecen en el. (CIFUENTES, 1971). Los lisímetros que se emplearan en el ensayo presentaran ventajas tales como: económicos en cuanto a materiales y prácticos en la metodología de mediciones, lo cual si dan buen resultado se podrían utilizar a mayor escala con los beneficios que implica.

1.1.2 Hipótesis

La hipótesis planteada en este estudio considera que:

“Es posible utilizar lisímetros de drenaje artesanales de bajo costo para calcular el Kc de los principales estados fenológicos de la uva de mesa cv. Thompson Seedless con conducción en parrón español en el Valle de Aconcagua.”

Objetivos

1.1.3 Objetivo general

- ✓ Determinar el Kc para los principales estados fenológicos entre brotación y cosecha en *Vitis vinífera* cv. Thompson Seedless.

1.1.4 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la evapotranspiración existente durante los principales estados fenológicos entre brotación y cosecha.
- ✓ Determinar la relación existente entre el índice de área foliar (IAF) y el Kc en este cultivo.

2.0 ANTECEDENTES GENERALES

2.1.1 Los lisímetros

Son dispositivos destinados a medir el agua perdida del suelo encerrado en un receptáculo, ya sea, en la forma de drenaje, evaporación o transpiración de las plantas que crecen en él. Se aprovecha además para determinar el contenido de sales solubles y nutrientes que el suelo pierde por lixiviación (CIFUENTES, 1971).

A continuación se enumeran los objetivos de los lisímetros en todas sus aplicaciones (CIFUENTES, 1971):

1. Obtener medidas directas de evaporación y transpiración, permitiendo estudiar los factores que afectan dichos procesos.
2. Proporcionar una medida absoluta y exacta del flujo evaporativo, como una primera etapa en la interpretación de fenómenos físicos encerrados en la atmósfera adyacentes. El flujo evaporativo es solo uno de los tres principales fenómenos de transporte –flujo de vapor de calor y flujo de impulso y se puede ser medido en forma directa con satisfactoria exactitud.
3. Servir como un factor de comparación para la evaluación indirecta de métodos de medida o predicción de la evapotranspiración.
4. Servir como un factor de comparación en la evaluación de instrumentos diseñados para medir precipitaciones en la forma de lluvia o rocío.
5. Medir exactamente las pérdidas de evaporación de agua desde un suelo desnudo como consecuencia del ascenso capilar.
6. Estudiar la lixiviación de los diferentes nutrientes del suelo.
7. Determinar la cantidad de agua que escurre a través del suelo por drenaje.
8. Como medio para determinar las cantidades de agua, fertilizantes y nutrientes que es necesario agregar al suelo.

2.1.2 Correlación entre la ET medida en lisímetros y la evaporación medida mediante instrumentos y Formulas empíricas.

CIFUENTES (1971) indica en los resultados de sus ensayos, que los coeficientes de correlación de los diversos métodos empleados (Cuadro 1), varían desde 0,732 a 0,856 y se mostraron altamente significativos a niveles de 1% de seguridad. Ello significa en forma general, una estrecha correlación entre la evapotranspiración medida y la evapotranspiración calculada mediante los diferentes métodos (Cuadro 1).

Cuadro 1 .Comparación de la evapotranspiración medida en lisímetros con la evaporación de bandeja, la balanza y la obtenida mediante algunas ecuaciones empíricas (CIFUENTES, 1971).

Instrumento o formula	Ecuación de regresión	Coefficiente de correlación	Error estándar
Balanza evapor.	$y= 0,9512 x + 1,6568$	0,75	0,48
balanza U.S.W.B.	$y= 1,0567 x + 0,7261$	0,806	0,46
Blaney y Criddle	$y= 3,7548 x - 10,2226$	0,791	0,12
Thornthwaite	$y= 3,3333 x - 1,5679$	0,732	0,13
Papadakis	$y= 2,0035 x - 2,0127$	0,856	0,26
Grassi y Christiansen	$y= 1,0685 x + 0,4701$	0,745	0,42

2.1.3 Estimación de tasa de riego

La información necesaria para determinar los requerimientos hídricos de la vid o evapotranspiración máxima del cultivo (ETc.), con fines de programación de riego o de diseño de equipos ,son la evaporación potencial (ETo) y los coeficientes de cultivo (Kc), de acuerdo a la siguiente expresión :

$$ETc.= ETo * Kc$$

La ETo se conoce como la evapotranspiración de referencia y corresponde al agua usada por un cultivo de pasto corto y uniforme, que cubre completamente el suelo y con un suministro de agua adecuado .La ETo es una medida de demanda de evapotranspiración potencial o de referencia pueden ser determinada a través del método de PENMAN y MONTEITH *et al* (1998) o utilizado el método de la bandeja de evaporación clase A. (<http://www.inia.cl/mediosbibliotecaboletines/NR27126.pdf>).

Cabe destacar que para obtener valores reales de evapotranspiración se requiere de estaciones experimentales con equipos especiales; por esta razón es muy difícil la obtención de dichos valores, para los distintos cultivos y zonas climáticas del país. Sin embargo, para solucionar los problemas derivados de escasos de datos, desde 1945 existen una serie de formulas empíricas basadas en relación entre el uso-consumo y clima, desarrolladas y adaptadas para lugares específicos, por lo que es difícil obtener una formula universal (TOSSO, 1974).

La evapotranspiración potencial (ETo) se puede determinar por distintas formulas, cuyo uso depende de la disponibilidad de datos en las estaciones meteorológicas (Cuadro 2).

2.1.4 NORUM, (1993).Resumen los 4 mejores métodos para estimar la evapotranspiración:

1. BLANEY-CRIDDLE: El método original involucra el uso de una formula derivada empíricamente que solo requiere como dato la temperatura a determinadas horas diurnas .debido a que el uso-consumo de los cultivos también está influenciado por la humedad relativa, viento e insolación, debe ser corregida para conseguir predicciones mas adecuadas (DOORENBOS Y PRUITT,1976).

2. Radiación: El método también involucra una formula derivada empíricamente, en este caso se requiere de mediciones de temperatura del aire, radiaciones y nubosidad .generalmente es más adecuada que la de BLANEY-CRIDDLE. , cuando se aplica en lugares de difícil acceso, como lo son zonas ecuatoriales, en islas pequeñas o gran altitud (DOORENBOS Y PRUITT ,1976).

3. PENMAN: En este método ,se requiere de la disponibilidad de temperatura ,humedad ,viento e insolación o radiación .de los métodos usados , se cree que es el más adecuado ,

pero se requiere de instalaciones climatológicas mas complejas .su formula constas de una parte empírica , la que se refiere a la función del viento , y una parte que se puede derivarse teóricamente ,donde se considera el balance de energía .por esta razón se le denomina método “ combinado”, (DOORENBOS Y PRUITT, 1976).

4. Bandeja evaporometrica: En este caso se obtiene la evapotranspiración, medida de la superficie de agua libre desde un recipiente o bandeja especial construida de metal, y es usada para los efectos de radiación, vientos, temperatura y humedad .La ventaja de este método se basa en la facilidad de visualización .De un modo análogo, la planta responde a las mismas variables climáticas, pero diversos factores importantes pueden introducir cambios significativos en la perdida de agua (DOOREMBOS Y PRUITT, 1976).

Cuadro 2. Datos climatológicos necesarios para la determinación de la ETo, de acuerdo a los principales métodos de cálculo.

Método	T°	H°	Viento	Insolación	Radiación	Evaporación	Condiciones Locales
Blaney-Criddle	*	O	O	O			O
Radiación	*	O	O	*	(*)		O
Penman	*	*	*	*	(*)		O
Bandeja Clase A		O	O			*	*

datos medidos; o datos estimados; () cuando se puede disponer de ellos pero no son indispensables.

Fuente DOORENBOS y PRUITT (1976).

De todos los métodos para estimar la evapotranspiración potencial (ET_o), el de la bandeja evaporimétrica es el más usado en Chile y su uso es común en todas las estaciones meteorológicas del mundo (DÍAZ, 1988).

Existen varios tipos y modelos en diversas condiciones de instalación, pero el más utilizado en el mundo es el evaporimétrico de Bandeja Clase A, que muestra las más altas correlaciones entre evaporación de bandeja (E_b) y la evapotranspiración potencial (ET_o), medida con lisímetro (JENSEN Y MIDDLETON, 1965; PRUITT, 1966; CHRISTIANSEN, 1968).

DOORENBOS Y PRUITT (1976) informan que si bien la evaporación de bandeja y la evapotranspiración responden a las mismas variables climáticas, existen diferencias debido al origen de las estructuras evaporantes; a pesar de ello, estima que con una buena instalación y mantenimiento la bandeja en condiciones y medio normalizados, se justifica su empleo para predecir las necesidades de agua de los cultivos.

Para estimar la evapotranspiración potencial (ET_o) se debe aplicar un coeficiente de bandeja (K_b), determinado empíricamente. Este coeficiente refleja los efectos de las condiciones de instalación sobre la evapotranspiración potencial. Así la evaporación de bandeja se relaciona con la evapotranspiración potencial de la siguiente manera (DOORENBOS y PRUITT, 1976):

$$ET_o = K_b * E_b$$

Siendo,

ET_o: evapotranspiración potencial, mm/día.

E_b: evaporación de bandeja, mm/día.

K_b: coeficiente de bandeja.

2.1.5. El coeficiente de bandeja (K_b)

Estos varían en función del viento, humedad relativa, distancia a barlovento de la cubierta verde y las condiciones de instalación dependiendo de estas condiciones, NORUM (1993),

recomienda aplicar el valor de Kb en un Rango entre 0.35 a 0.85 para corregir los valores de ETo.(Cuadro 3)

Cuadro 3. Coeficientes bandejas (INIA, 2005)

Humedad relativa (%)								
Sobre forraje verde de poca altura					Sobre barbecho seco			
Viento (m/día)	Distancia* (m)	Bajo <40	Medio 40-70	Alto >70	Distancia (m)	Bajo <40	Medio 40-70	Alto >70
Ligero menos de 175	1	0.55	0.55	0.75	1	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
Moderado 175-425	1	0.50	0.60	0.65	1	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
Fuerte 425 -700	1	0.45	0.50	0.60	1	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.50
Más Fuerte más de 700	1	0.40	0.45	0.50	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.60	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.40

* Distancia desde la bandeja hasta el límite de forraje o barbecho, medida desde barlovento (desde donde viene el viento).

2.1.6 Estimación del Kc por el Método FAO

Etapas del crecimiento del cultivo

A medida que el cultivo se desarrolla, el valor de Kc correspondiente a un cultivo determinado, también variara a lo largo del periodo de crecimiento del mismo. Este periodo de crecimiento puede ser dividido en tres etapas:(Figura 1) (FAO ,1997).

1° Etapa inicial

Durante el periodo inicial el área foliar es pequeña y la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación en el suelo. Por lo tanto, el valor de Kc durante el periodo inicial (Kc ini) es alto cuando el suelo se encuentra húmedo debido al riego o

lluvia, y es bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca. El tiempo que tardara el suelo en secarse dependerá del intervalo de tiempo entre eventos que humedezcan al suelo, del poder evaporante de la atmosfera (ET_o) y de la magnitud del evento de humedecimiento. (FAO ,1997).

2° Etapa de mediados de temporada

La etapa de mediados de temporada comprende el periodo de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la ET_o de referencia.

Durante la etapa de mediados de temporada, el coeficiente K_c alcanza su valor máximo. El valor de K_c en esta etapa (K_c med) es relativamente constante para la mayoría de los cultivos y prácticas culturales. (FAO ,1997).

3° Etapa de finales de temporada

La etapa final o tardía de crecimiento comprende el periodo entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el calculo de los valores de K_c y ET_c. finaliza cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas.

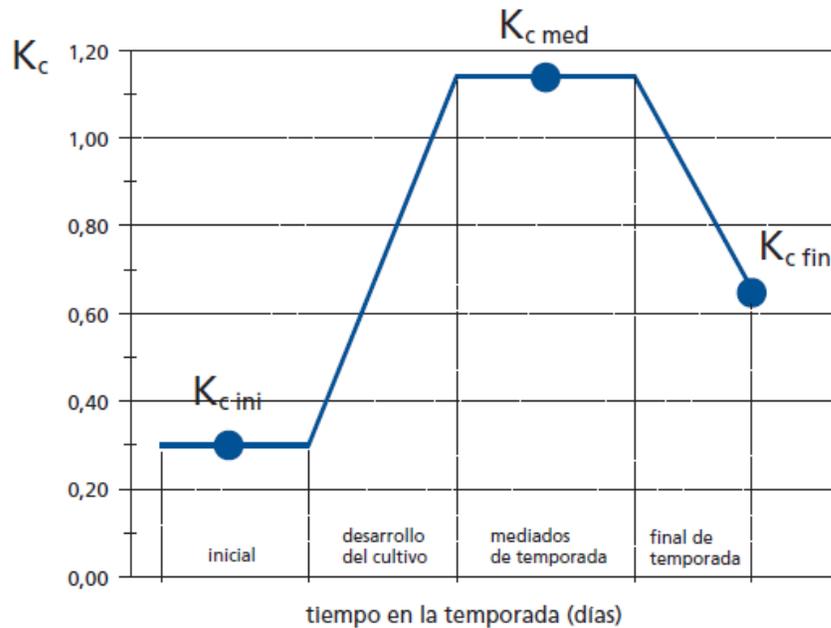


Figura 1. Secuencia general y la proporción de cada una de las etapas de crecimiento mencionadas, correspondiente a diferentes tipos de cultivos (FAO ,1997).

2.1.7 Según FAO (1997) los factores que afectan los valores de Kc. son:

- ✓ Sistema de conducción.
- ✓ Tipo de manejo.
- ✓ Lugar.
- ✓ Características del cultivo.
- ✓ Fechas de siembra.
- ✓ Ritmo de crecimiento.
- ✓ Desarrollo del cultivo.
- ✓ Duración del periodo vegetativo.
- ✓ Condiciones de nutrición.
- ✓ Frecuencia de la lluvia o riego, especialmente en la primera etapa de crecimiento.

2.1.8 Importancia del coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo Kc permite estimar la evapotranspiración del parronal, obtenida de una estación meteorológica automática o de una bandeja clase A, donde el Kc establece la relación entre evapotranspiración real del cultivo, llamada también uso-consumo (ETc.) de acuerdo a la siguiente expresión (DOORENBOS y PRUITT,1976):

$$ETc. = ETO * Kc$$

Donde,

ETc.: evaporación de cultivo, mm/día.

ETo: evaporación potencial, mm/día.

Kc: coeficiente cultivo.

Los coeficientes Kc se obtienen en forma experimental y resumen el comportamiento de los cultivos en el sistema suelo-atmosfera , e integran factores tales como las características propias de la especie, etapas del desarrollo fenológico ,condiciones climáticas predominantes .El ritmo de desarrollo de la planta es importante, ya que el Kc varia a través del ciclo fenológico ,tomando los mayores valores cuando el cultivo alcanza su máximo índice de área transpirante .El valor del Kc representa la evapotranspiración de un cultivo en condiciones optimas y que producen rendimientos máximos (DOORENBOS y PRUITT,1976).

Los coeficientes de cultivo utilizados en el valle de Aconcagua con frecuencia se han obtenido de información extranjera, normalmente con sistemas de conducción diferentes a los utilizados en nuestro país (básicamente en california) no existiendo información generada localmente, es por esto que el conocimiento de la evapotranspiración de los cultivos (ETc.). A nivel local es esencial para un manejo eficiente del riego ajustando el volumen y la frecuencia del riego a los requerimientos de las distintas etapas de los cultivos. Un manejo correcto del riego permite apuntar a rendimientos altos, con estabilidad entre años, y a una calidad óptima del producto cosechado, haciendo posible un uso

racional del agua y de la energía, minimizando el desperdicio de ambos recursos y la contaminación del medio ambiente. Asimismo este dato es fundamental para un correcto diseño de los sistemas de riego. (YAKOSOVI,1994).

En parras cv. Thompson Seedless conducidas en cruceta californiana, utilizando lisímetro de pesada, en el centro agrícola de Kearney, Universidad de California .Se obtuvieron coeficientes de cultivos validos para las variedades Perlette y Flame Seedless en le Valle de Cochella y Thompson Seedless en la parte sur del Valle de San Joaquín .Sin embargo, se sugirió que estos coeficientes deben aumentarse entre un 20 y un 30% en el sistema de conducción de parronal español. (YAKOSOVI ,1994; ver cuadro 4).

3.0 MATERIALES Y MÉTODO

3.1.1 Ubicación del ensayo y caracterización del lugar del ensayo.

Lugar del Ensayos: Este trabajo se realizó en el predio Santa Griselda, perteneciente a la empresa Agrícola Don Ernesto Ltda. Este lugar se ubica 2 Km. al poniente de la ciudad de Los Andes (Figura 2). Latitud: 32.49" S; Longitud: 70.37" W; Elevación: 793 m.



Figura 2. Vista aérea del predio Santa Griselda, lugar donde se ubicó el ensayo.

Parrón para el ensayo: El ensayo se realizó en un cuartel de parrón español de 94,5 x 27,5 m., plantado en octubre de 2007 a una distancia de 3,5 x 2,5 m. (Figura 3). En el centro de este parrón se ubicaron tres lisímetros con la variedad Thompson Seedless, injertada sobre patrón Harmony (Figura 4).



Figura 3. Letrero ubicado en el parrón del ensayo, el cual indica su uso experimental y características.



Figura 4. Vista de uno de los lisímetros desde la superficie.

3.1.2 Sistema de Riego: Al parrón del ensayo se le instaló un sistema de riego por goteo con tablero eléctrico y programador automático independiente del resto del predio (Figura 5). Su cabezal también se compone de motobomba de 1,5 HP (Figura 6), filtro de arena, manómetros (Figura 7), filtro de malla, caudalímetros, válvulas solenoides (Figura 8), succión e inyección de fertilizantes con venturi (Figura 9) se regó con agua de canal previamente acumulada en un tranque (Figura 10), posee dos líneas de goteo por hilera

(Figura 13), El cuartel está dividido en dos sectores de riego, con emisores de 2,4 L/H cada

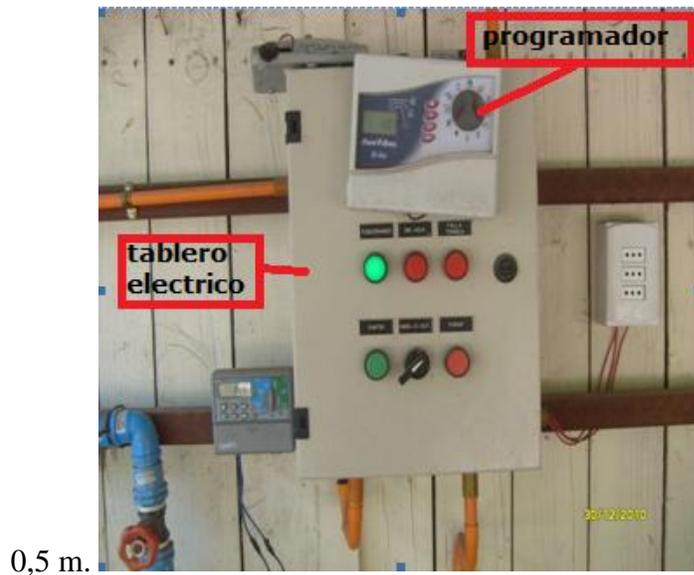


Figura 5. Tablero eléctrico y programador utilizado para controlar el riego de los lisímetros del ensayo.



Figura 6. Bomba de 1,5 HP, usada para regar los lisímetros y el cuartel del ensayo.



Figura 7. Filtro de arena del cabezal de riego con sus manómetros de entrada y salida.

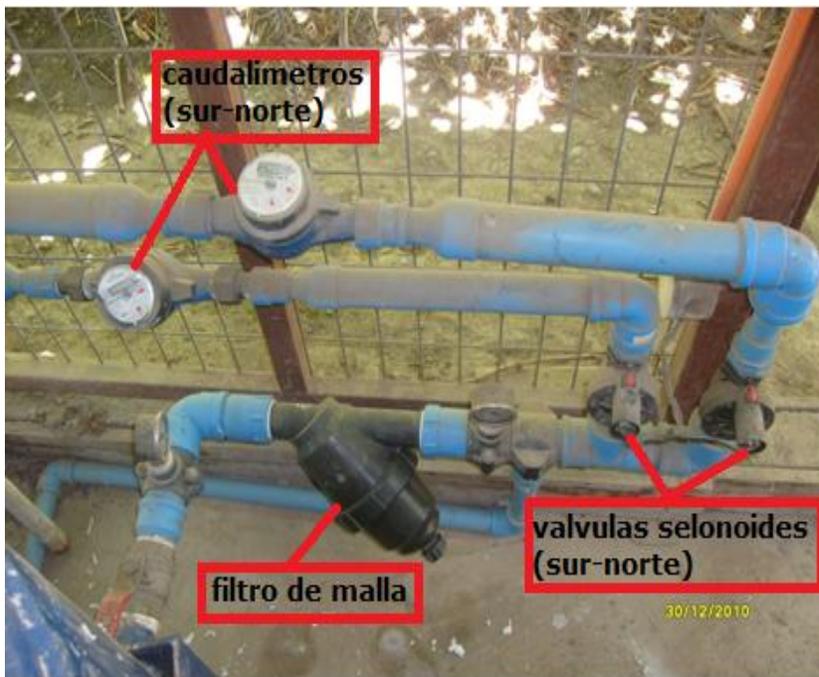


Figura 8. Filtro de malla, válvulas solenoides y caudalímetros del cabezal de riego.



Figura 9. Venturi del cabezal de riego para la inyección de fertilizantes disueltos en el tambor.



Figura 10. Tranche acumulador que provee agua al parrón del ensayo.

3.1.3 Sistemas de control del riego de los lisímetros.

La medición del caudal entregado a los tres lisímetros, se realizó a través un caudalímetro común MAIPO-MT II, con una sensibilidad de 0,0001m³ (1 litro) (Figura 11).



Figura 11. Caudalímetro ubicado en el parrón del ensayo que cuantifica el caudal de entrada a los tres lisímetros.

3.1.4 Descripción de los lisímetros.

Se usaron tres lisímetros en el ensayo, cada lisímetro se compone de un estanque de plástico, con capacidad de 1 m³, de forma cubica, sus medidas son: 97cm. alto x 93cm. ancho x 102cm. largo (Figura 12 y 13). La base del estanque presenta una concavidad con forma de canaleta, la cual recepciona el agua que percola, conduciéndola hacia una salida con llave de paso, que desemboca en un tambor metálico. Este tarro de 200 litros se encuentra enterrado a una profundidad de 150 cm. Sobre la superficie de los lisímetros se instala una malla raschel con el objetivo de disminuir pérdidas de agua por evaporación desde la superficie (Figura12).

3.1.5 La composición del volumen de sustrato en el lisímetro (Figura 13):

- 1° En la zona alta del lisímetro, compuesto por arena natural de lampa (suelo arenoso).
- 2° En la zona baja del Lisímetro aproximadamente unos 20 cms. de grava.
- 3° Entre la grava y la arena se colocó una capa de geotextil (permeable).

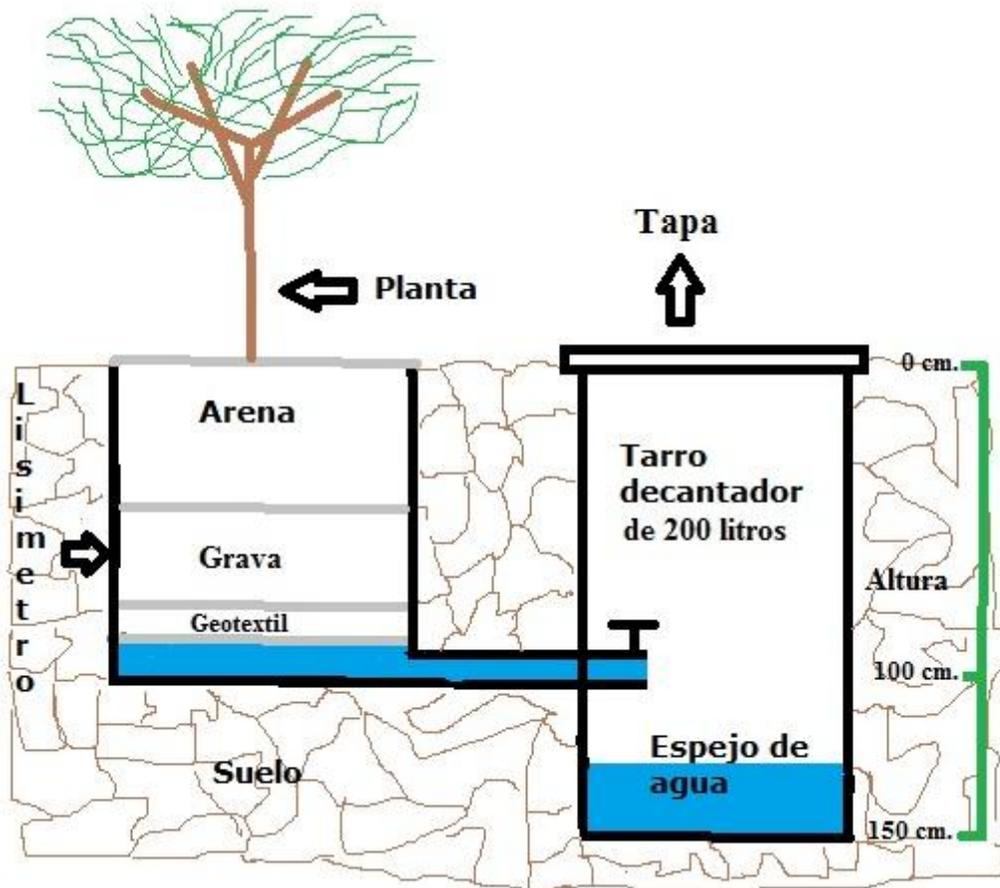


Figura 12 .Dibujo representativo del lisímetro que se utilizo en el ensayo.

		Oeste											
	P	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	
Sur	1°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	17°
	2°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	16°
	3°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	15°
	4°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	14°
	5°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	13°
	6°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	12°
	7°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	11°
	8°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	10°
	9°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	9°
	10°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	8°
	11°	Θ	Θ	Θ	Θ	LC	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	7°
	12°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	LN	Θ	Θ	Θ	Θ	6°
	13°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	5°
	14°	Θ	Θ	LS	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	4°
	15°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	3°
	16°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	2°
	17°	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	Θ	1°
		H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	P
		Este											

P	Posición de planta
LS	Lisímetro sur
LC	Lisímetro centro
LN	Lisímetro norte
Θ	Plantas
Θ	Medición PAR-sur
Θ	Medición PAR-norte
H	Hilera

Figura 18. Esquema del ensayo con la ubicación los de lisímetros y de las zonas de medición de PAR. Con el radiómetro (sectores coloreados).



Figura 13. Vista superficial de uno de los lisímetros, con malla raschel sobre su superficie.

Para regar cada planta de los lisímetros se colocaron tres líneas de goteros: una el centro y los otras dos a 15 cm de este. Cada línea posee una cantidad variable de goteros, los cuales se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Ubicación de goteros en lisímetros.

Lisímetro	N° de línea	Ubicación en el contenedor del lisímetro	N° Goteros por línea	Total de goteros/planta
	1	Sur	2	
SUR (1)	2	Centro	3	7
	3	Norte	2	
	1	Sur	2	
CENTRO (2)	2	Centro	4	8
	3	Norte	2	
	1	Sur	2	
NORTE (3)	2	Centro	3	7
	3	Norte	2	

3.1.6 Medición de caudal de goteros en Lisímetros.

Cada gotero está conectado a una araña, las cuales distribuyeron equitativamente el agua en la superficie y perfil del suelo en cada lisímetro a través de los microplazas. (Figura 14).

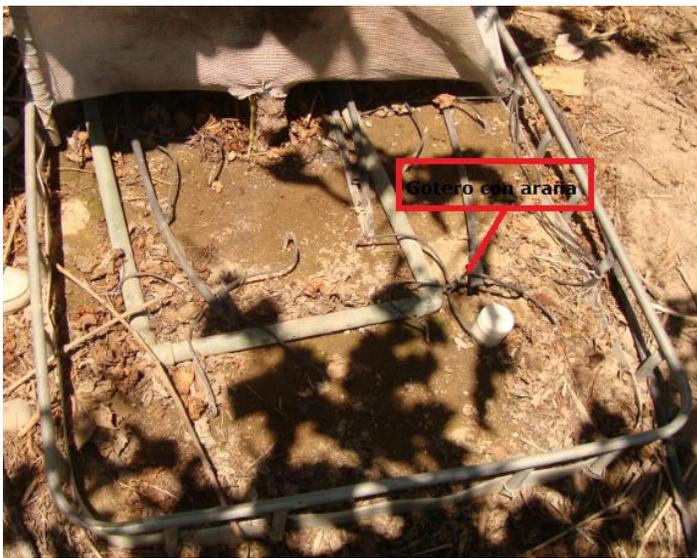


Figura 14. Líneas de riego con goteros y sus respectivas arañas ancladas al suelo.

3.1.7 Metodología en aforo de goteros.

El aforo de caudal se realizó mediante la utilización de una canaleta de PVC de 50 mm. de diámetro x 1 m. con los extremos tapados y un orificio de 10 mm. en la base de uno de sus extremos para desaguarla a través de un tapón de goma (Figura 15).

La canaleta de PVC se colocó bajo el total de goteros correspondientes a cada línea de riego durante 36 segundos. El volumen de agua depositado en el recipiente fue posteriormente vertido en un vaso precipitado o probeta, a través del orificio existente en el fondo de la canaleta.

El caudal de los goteros se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Caudal gotero (L/h)} = \frac{3600 \text{ seg.} \times Q_{ac}}{N^{\circ} \text{ Goteros} \times 36 \text{ seg.} \times 1000 \text{ mm}^3/\text{l}}$$

Donde:

Qac: caudal acumulado en la canaleta (mm.)

N° Goteros: número de goteros aforados simultáneamente.



Figura 15. Elementos utilizados para aforar los goteros de los Lisímetros: probetas y canaleta acumuladora de PVC.

3.1.8 Tambor metálico para acumular el agua drenada.

Cuadro 5. Medidas y Dimensiones del tambor decantador

Sector/N° Tambor	Diámetro(m)	Altura (m)	Área (m2)	Volumen (m3)	Volumen (lts.)
Sur/1°	0,565	1,348	0,25	0,3	337,8
Centro/2°	0,565	1,318	0,25	0,3	330,3
Norte/3°	0,565	1,344	0,25	0,3	336,8



Figura 16. Vista espejo de agua en el interior del tambor decantador del lisímetro.

3.1.9 Metodología de medición en lisímetros y tambor decantador.

La metodología consistió en regar los lisímetros con una reposición de un 130% de la evapotranspiración estimada del cultivo. El agua que llegará a los Lisímetros pasará primero a través de un caudalímetro. Parte de ella fue retenida por el suelo y evapotranspirado y la otra parte percoló y fluyó hacia la canaleta en el fondo del estanque del lisímetro, desde donde pasó a través de la llave de paso, al tambor metálico de 200 litros.

Se cuantificó el volumen de agua acumulada de los tambores de la siguiente manera:

Se cuidó que el volumen de agua que se almacenaba en el interior del tambor metálico sobrepasara el nivel de la llave de paso en su interior, por lo cual este debiese ser vaciado periódicamente y todos los viernes en la tarde, para que no ocurrieran problemas en las mediciones, debido a que el volumen de agua de los estanques plásticos no pudiera percolar adecuadamente hacia los tambores metálicos (Figura 17). Antes del vaciado se midió con una huincha de 3 metros marca (power tape) la altura desde el fondo del estanque hasta el espejo de agua después del vaciado se vuelve a medir la altura. Luego el volumen percolado se obtiene multiplicando el área del tambor por la altura y se dividió por la altura

y se dividió por los días entre las mediciones. Los datos obtenidos se ingresaron a planilla de mediciones (Cuadro 6).



Figura 17. Tambor decantador, medido desde el espejo de agua.

Cuadro 6. Mediciones de volumen de agua acumulada en el tambor decantador.

Fecha	Hora	Volumen		Altura agua cm		
		Caudalímetro	Lisímetro	antes vaciado	extraído Lts	después vaciado
21-oct	15:00	66992	Norte	107	27,5650788	118
			Centro	108	22,5532463	117
			Sur	114	32,5769113	127
26-oct	14:30	664076	Norte	96	85,7023358	130,2
			Centro	91	93,2200845	128,2
			Sur	93,8	91,2153515	130,2

El volumen de agua extraído de los tambores se medirán, con baldes d 20 litros aforados para chequear los cálculos anteriores.

3.2.1 Tasa de riego en el ensayo.

El volumen de agua a aplicar en el sector del cuartel en el cual se ubican los lisímetros se ajusta semanalmente según la ETc.

Como $ETc. = ETo \times Kc$

Se calculo semanalmente el Kc y la ETo, a partir de los datos entregados de la Bandeja evaporometrica Clase A., de la estación meteorológica de la Escuela Agrícola de San Felipe (Cuadro 8).

3.2.2 Metodología para la obtención de ETo.

La ETo fue calculada para el periodo comprendido entre 01 de agosto del 2010 y 04 de Abril de 2011. Los datos obtenidos de la evaporación de bandeja diaria durante los últimos 7 días, son sumados y divididos por el total de días acumulados, para así resultar el promedio evaporado de la semana. El promedio de evaporación de bandeja (Eb) es multiplicado por el coeficiente de bandeja (Kb) obteniendo así el ETo (Cuadro 7) según la siguiente fórmula: $ETo = Kb * Eb$

Cuadro 7 .Ejemplo de obtención de ETo semanalmente (Ejemplo)

Día	Eb últimos 7 días	Fecha
1	6,8	20,01,2011
2	7,3	21,01,2011
3	7,3	22,01,2011
4	7,7	23,01,2011
5	7	24,01,2011
6	6,8	25,01,2011
7	6,9	26,01,2011
Prom Eb		
=	7,1	
Prom ETo		
=	5,7	

Eb: Evaporación de bandeja. Kb: 0.8

3.2.3 Metodología de cálculo de Kc con lisímetros

La metodología que se empleo para la obtención de Kc a través de lisímetros se realiza a través de los siguientes pasos y formulas:

- El primer paso consistió en diferenciar los caudales de agua que se percolan y los que se absorben a través de la planta, mediante el aforo del tambor recolector (Figura 16 -Cuadro 6) a través la siguiente formula y el cuadro 8 resumen.

- **Diferencia Lts** = (Volumen percolado – Lts/Eb/absorbidos)

A continuación la forma de calcular el volumen percolado que se vierte en el tambor recolector.

Donde

- Altura agua (cm) antes vaciado : aav
- Altura agua (cm) después vaciado :adv

$$(Aav - adv) * 2505,91 \text{cm}^2 / 1000$$

Cuadro 8. Ejemplo de caudal extraído y absorbidos en lisímetros.

		Volumen		Altura agua cm	Altura agua cm	Volumen
Fecha	Hora	Caudalimetro	Lisimetro	antes vaciado	después vaciado	extraído Lts
12-nov	16:11	6783992	Norte	107,8	130,1	55,88

- El segundo paso consiste en determinar la cantidad de litros absorbidos por la planta por día, a través de la siguiente formula y cuadro 8 resumen.

- **Diferencia/día** = diferencia Lts

Días entre mediciones

Cuadro 9. Ejemplo de caudal extraído por día planta entre mediciones.

Días entre mediciones	Volumen extraído Lts	Volumen Aplicado riego Lts	Diferencia Lts. Absorbidos	Diferencia Lts. día
3	55,88	73,92	18,4	6

➤ EL tercer paso consiste en determinar la evapotranspiración por planta día en una superficie (m²) a través de la siguiente formula.

- **Eb/día/sector** = Diferencia /día

Marco de plantación (2.5 x 3, 5)

➤ El cuarto paso es obtener un promedio de evapotranspiración por día entre los tres lisímetros, a través de la siguiente formula y cuadro 9 resumen.

- **Promedio evaporación (mm/día)** = (ETc./día/sector = sur ,centro o norte)

Cuadro 10. Ejemplo de planilla de cálculo usada para determinar la evapotranspiración lisímetros.

Diferencia Lts			ETc./día (mm/m²/día)	MP 2,5 x3,5		Promedio
día	Fecha	DDB	Norte	Centro	Sur	evaporación (mm/día)
6	12-nov	49	0,7	0,3	0,4	0,5

➤ El quinto paso corresponde a la obtención del Kc a través de la obtención del ETo promedio semanal calculado a partir de la evaporación de bandeja clase A de la Escuela Agrícola San Felipe (Cuadro 11).Al presentar la evapotranspiración por lisímetros y dividirla por la ETo de bandeja clase A, se obtienen los Kc para cada semana del año.(Cuadro 12)

- **Kc** = Etc./mm/día) lisímetros

ETo. (Estación meteorológica)

Cuadro 11. Evapotranspiración potencial, mm/día. (ETo) obtenido con bandeja clase A.

Mes	Semana	FECHA	EVAPORACIÓN	Kb	ET0	Promedios ET0
			BANDEJA			
Agosto	31	02,08,2010	1,2	0,8	0,96	
		03,08,2010	1,4	0,8	1,12	
		04,08,2010	1,4	0,8	1,12	
		05,08,2010	1,2	0,8	0,96	1,01
		06,08,2010	1,4	0,8	1,12	
		07,08,2010	1,2	0,8	0,96	
		08,08,2010	1,0	0,8	0,8	

Cuadro 12. Coeficiente de cultivo (Kc) obtenido con lisímetros de drenaje a partir de la ET0 y evapotranspiración por planta.

	Ev/día (mm/m2/día)	ET0	Kc
Fecha	Norte		Norte
12-nov	0,7	4,1	0,17

- El sexto paso corresponde graficar los Kc de acuerdo a los estados fenológicos, semana año.

3.2.4 Metodología para la medición con radiómetro.

El periodo de mediciones comprendió entre el 21 de octubre de 2010 y el 29 de marzo de 2011.

Los lisímetros están ubicados en las hileras 12-14- 16 de sur a norte. la mediciones se realizan con radiómetro. (Anexo 2, Figura 18 y 24)

La primera y última medición se realiza a pleno sol, antes de comenzar las subsiguientes. En ambas se deben registrar la hora de medición. (Anexo 2)

Las mediciones de **PAR (Radiación fotosintéticamente activa)** se realizaron entre las hilera 11 y 12, correspondiendo a la medición de la zona sur y entre las hilera 16 y 17 correspondiendo a la zona norte. En las dos mediciones se comenzó a medir a partir de la cuarta planta desde los bordes este y oeste, considerando 13 plantas, con tres mediciones

por cada una, sumando treinta y nueve mediciones por cada zona: sur y norte (Anexo 2, Figura 18 y 24).



Figura 18. Radiómetro utilizado para medir la radiación fotosintéticamente activa (PAR)

3.2.5 Metodología empleada para calcular el Kc. mediante las mediciones con el radiómetro.

Después de haber registrado las 39 mediciones obtenidas con el radiómetro en una planilla Excel (anexo 2), estas fueran sumadas y divididas por el número de mediciones totales (39), obteniendo así el promedio de radiación no interceptada. Las dos mediciones obtenidas con el radiómetro a pleno sol son sumadas y divididas por el total de estas (2), obteniéndose el promedio PAR a pleno sol. Al obtener los promedios PAR, se puede obtener el porcentaje de PAR no interceptada, la cual se expresa en la siguiente fórmula:

$(\text{Promedio PAR} / \text{PAR pleno sol}) \times 100 = \% \text{ luz PAR no interceptada.}$

Luego $\text{PAR interceptada} = 100 - \% \text{ PAR no interceptada.}$

El porcentaje de PAR interceptada permite a obtener el Kc a través de la siguiente fórmula empírica de WILLIAMS *et al* (2003).

$\text{Par interceptada} * 100 * 0,017 = \mathbf{Kc}$

Luego se calcula la $ET_c = E_{To} \times K_c$ (radiómetro)

Mediante la ET_c se programo el riego semanalmente.

El instrumento se situá bajo los brazos o follaje.

Se realizan tres mediciones por planta:



Figura 19. 1° En el punto 0,0 mts. Sobre hilera, posicionándose en el tronco.



Figura 20. 2° En el punto 1/3 tercio sobre hilera, posicionándose al costado del tronco.



Figura 21. 3° en el punto 1/3 Sobre hilera, posicionándose al costado del tronco.



Figura 22. 4°. El instrumento se sitúa entre hilera, tomando como base los alambres del centro apuntando la vara hacia el norte, en forma horizontal a la altura de los hombros del operador. Este procedimiento se realiza al igual que el anterior en los tres puntos hacia el costado.



Figura 23. 5°. El instrumento se sitúa en el centro de la entre hilera, apuntando la vara hacia el tronco de la vid, en forma horizontal a la altura de los hombros del operador, este procedimiento se realiza al igual que el anterior en los tres puntos hacia el costado.

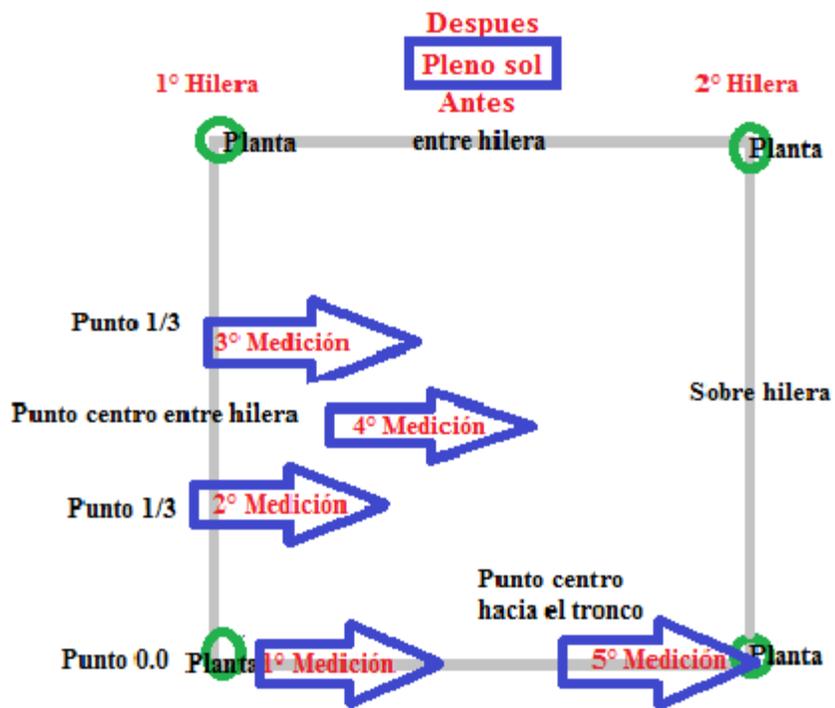


Figura 24. Esquema de las principales mediciones de PAR entre plantas e hileras.

3.2.6 Metodología para el cálculo de diferencia porcentual entre Kc de lisímetros y Kc INIA (2001) y Kc GUROVICH, L. (1989).

El calculo indica la diferencia porcentual entre coeficientes de cultivos ,se realiza tomando en consideracion el Kc de lisimetro como 100% ,en relación al Kc adaptado por INIA y GUROVICH, L., dando como resultando el porcentaje que corresponde al Kc INIA y GUROVICH, L. respecto al 100 % ,este resultado porcentual se descuenta al 100% para asi indicar la diferencia respetiva en porcentaje, siendo este mayor o menor respecto al Kc de lisimetro,expresado en la siguiente formula:

$$\% \text{ correspondiente respecto al } 100\% = 100 * \frac{\text{Kc comparado}}{\text{Kc Lisimetro}}$$

$$\% \text{ correspondiente respecto al } 100\% - \frac{100\%}{\text{-----}}$$

Diferencia porcentual (%) mayor o menor al Kc base lisimetro

3.2.7 Antecedentes climatológicos

Los datos climáticos para obtener ETo. se obtuvieron desde la estación meteorológica de la Escuela Agrícola en la ciudad de San Felipe (ubicada alrededor de 15 km al poniente del ensayo).

3.2.8 Ubicación de estación meteorológica “Escuela Agrícola San Felipe”

Sus coordenadas son:

Latitud: 32.8 S - **Longitud:** 70.7 W - **Elevación:** 672 m.

(Escuela Agrícola San Felipe.2012).

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y discusiones de las evaluaciones.

4.1.1 Evolución semanal de ETo (Bandeja Clase A)

En la Figura 25 se muestra la ETo para el periodo comprendido entre 01 de agosto del 2010 y 04 de Abril de 2011 . En ella se aprecia que a partir del estado del Brote de 30 cm. la ETo era de 2,66 mm/día. Luego esta ascendió a una tasa de ETo de 0,12 mm/semana hasta el estado de Floración con 4,18 mm/día. donde aumentó rápidamente durante la segunda semana se noviembre manteniendose luego relativamente constante desde mediados de Noviembre con 5,39 mm./día hasta la primera quincena de Enero con 5,78 mm./día. El máximo valor de ETo de la temporada se alcanzó la tercera semana del mes de Diciembre con 5,92 mm/día ; a fines de enero (semana 5) comenzó a descender muy cercano al estado de Cosecha con una ETo de 4, 49 mm/día. En Post-Cosecha la ETo fue disminuyendo desde Febrero en adelante. hasta llegar a 3,2 mm./día en la cuarta semana de Marzo. (ver Figura 25).

Al comparar estos valores de evapotranspiración de referencia (ETo) con los presentados por INIA (2010) en la zona de Aconcagua a traves de una Bandeja Clase A, se aprecia que los valores son muy cercanos en los principales estados fenológicos : Floración con una ETo de 4,2 mm./día; Envero con una ETo de 5,6 mm./día; Cosecha con ETo 4,8 mm./día y Post- Cosecha con una ETo de 3.8 mm/día.

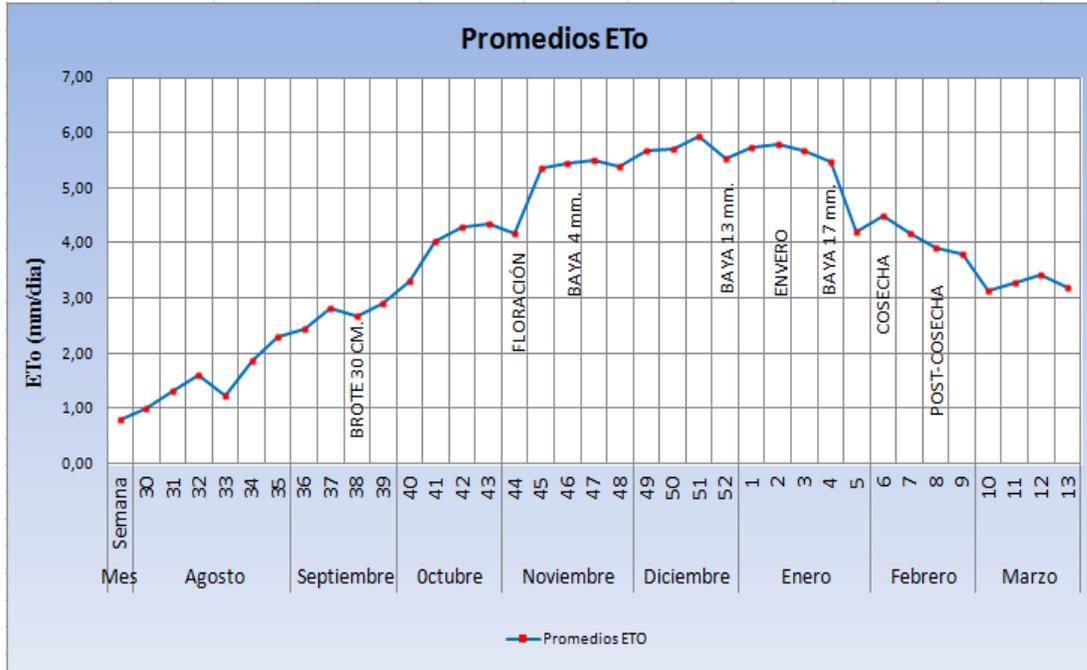


Figura 25. Evolución semanal de la evapotranspiración de referencia (ETo) de la Bandeja Clase A de la Estación Meteorológica de Escuela Agrícola San Felipe (Temporada 2010-2011).

4.1.2 Evolución semanal de ETc. obtenida a través de los lisímetros del ensayo.

En la figura 26 se muestran los resultados del cálculo de la ETc obtenida usando los Kc promedio del lisímetro para el periodo comprendido entre 01 de agosto del 2010 y 04 de Abril de 2011. Comenzando la temporada, se observa que entre el estado de Brote de 30 cm. (ETc 0,80 mm/día) y el de Floración que ocurrió la primera semana de noviembre (ETc 1,34 mm/día), la ETc aumentó lentamente a una tasa de 0,2 mm/semana. Desde la semana número (45), que corresponde a la segunda semana del mes de Noviembre se presentó una ETc 1,72 mm/día, produciendose un aumento brusco a una tasa de ETc de 0,38 mm/semana hasta el estado de Baya de 4 mm. en el cual alcanzo una ETc 5,44 mm/día; Desde la tercera semana de noviembre (46) se mantuvo mas o menos constante, a una tasa de ETc de 0,12 mm/semana, hasta la tercera semana (51) de Diciembre, donde alcanzó el segundo valor de ETc mas alto de la temporada con un ETc = 6,75 mm/día desde la semana (52) en el estado de Baya de 13 mm. con un ETc 6,30 mm./día al estado de Baya de 17 mm en la semana (4) de Enero,cuando se presento el valor de ETc mas alto de la

temporada con ETc 6,77 mm/día ,con una tasa de ETc de 0,35 mm/semana desde la semana 52 Diciembre a la semana 4 de Enero. A partir de la semana 5 en adelante la ETc disminuyó hacia el estado de cosecha ETc 4,13 mm/día manteniéndose mas o menos constantes en Post- Cosecha ETc 3,59 mm/día, hasta fines marzo. Los promedios mensuales de ETc mas altos se presentaron en promedio, en los meses de Diciembre con una ETc de 5,88 mm./día y Enero con una ETc de 6,26 mm/día (ver figura 26)

Al comparar los valores de ETc obtenidos por INIA 2010 en la zona de Aconcagua, medidos con lisímetros de drenaje, en la temporada 2009-2010; se aprecia que existen diferencias en los valores de los principales estados fenológicos: Floración con una ETc de 2,8 mm./día, con una diferencia de 1,13 mm/día respecto al ensayo; Envero con una ETc de 7,9 mm./día, con una diferencia de 1,46 mm/día respecto al ensayo; desde Cosecha a Post-Cosecha se mantiene constantes con ETc 8,0 mm./día,siendo esta diferencia la mas alta con 4,4 mm/día respecto al ensayo, debido a que en dicha temporada 2009-2010 las temperaturas medias altas se mantuvieron mas constantes durante el periodo de enero a marzo.

Al comparar los pik de evapotranspiración de cultivo (ETc) calculado con lisímetros en el mes de Enero y la evapotranspiración de referencia (ETo) calculado a partir de la estación meteorologica en el mes de Diciembre, se indica que la diferencia respecto al mes de pik de la evapotranspiración es producto de las variables climaticas y de cultivo que son tomadas en conjunto o individualmente para los respectivos calculos de ETc. y ETo.

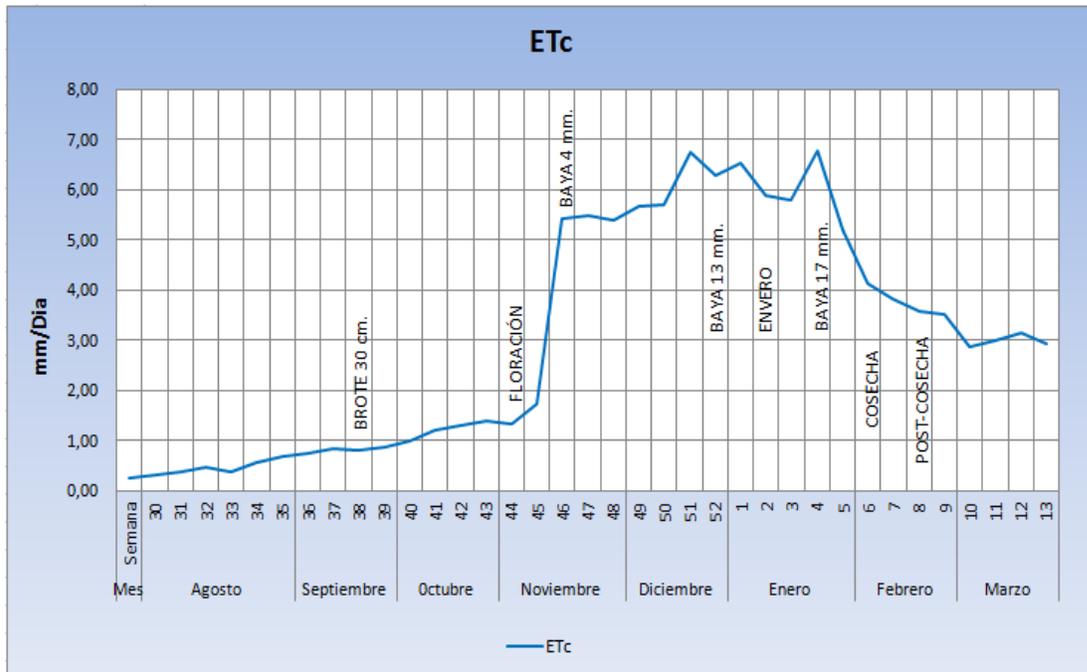


Figura 26. Promedio semanal de la evapotranspiración de cultivo (ETc) del parron , en Aconcagua temporada (2010-2011), ETc. obtenidos a partir del Kc de los lisímetros del ensayo y la ETo de la Escuela Agrícola San Felipe.

4.1.3 Evolución semanal de ETc. (Radiómetro)

En la figura 27 se muestran los resultados del cálculo de la ETc obtenida usando los Kc calculado en base a los valores de intercepción de luz obtenidos con el Radiómetro para el periodo comprendido entre 01 de agosto del 2010 y 04 de Abril de 2011. Comenzando la temporada, se observa que a partir del estado del Brote de 30 cm. con una ETc de 0,88 mm/día, incrementandose levemente a una tasa de ETc de 0,29 mm/semana, hasta el estado de Floración correspondiente a la primera semana de Noviembre con ETc de 3,26 mm/día desde Floración se produce un aumento significativo con una tasa de ETc de 0,79 mm/semana de ETc. hasta el estado de Baya de 4 mm. ETc de 6,91 mm./día. En la cuarta semana (47) de Noviembre ; en adelante se mantuvo mas o menos constante con una tasa de ETc de 0,46 mm/semana , hasta la segunda semana (50) de Diciembre con una ETc de 7,25 mm./día , a partir de esta fecha se presentó un aumento brusco de ETc hacia la tercera semana de Diciembre (51), en la que alcanzó el segundo valor de ETc mas alto de la temporada (9,35mm./día). Desde el estado de Baya de 13 mm. en la semana (52) del mes

de Diciembre con una ETc de 8,74 mm./día, la ETc se mantuvo constante a una tasa de ETc de 0,37 mm/semana. En el estado de Baya de 17 mm en la semana (4) de Enero con una ETc de 8,74 mm/día .

En el estado de Envero ,en la semana (2) de Enero, se presento el valor de ETc mas alto de la temporada con 9,48 mm/día ;A partir de la semana (5) de Enero ,comienza a disminuir la ETc ligeramente hacia el estado de Cosecha con una ETc de 6,84 mm/día ; manteniendose mas o menos constantes en su disminución hacia el estado de Post- Cosecha con una ETc de 6,40 mm/día y fines de marzo con una ETc de 5,25 mm/día (ver Figura 27). Los promedios mensuales de ETc mas altos se presentan en los meses de Diciembre con una ETc de 7,67 mm/día y Enero con una ETc de 9,06 mm/día.

Al comparar los valores de ETc obtenidos por lisímetros de drenaje (tesis) , con los valores de ETc del radiómetro se observan que el comportamiento del ETc es muy semejante , no asi lo valores, que se presentan, siendo estos mas altos que los obtenidos por lisímetros , debido a que son obtenidos a partir de diferentes Kc, respecto al calculo de ETc.

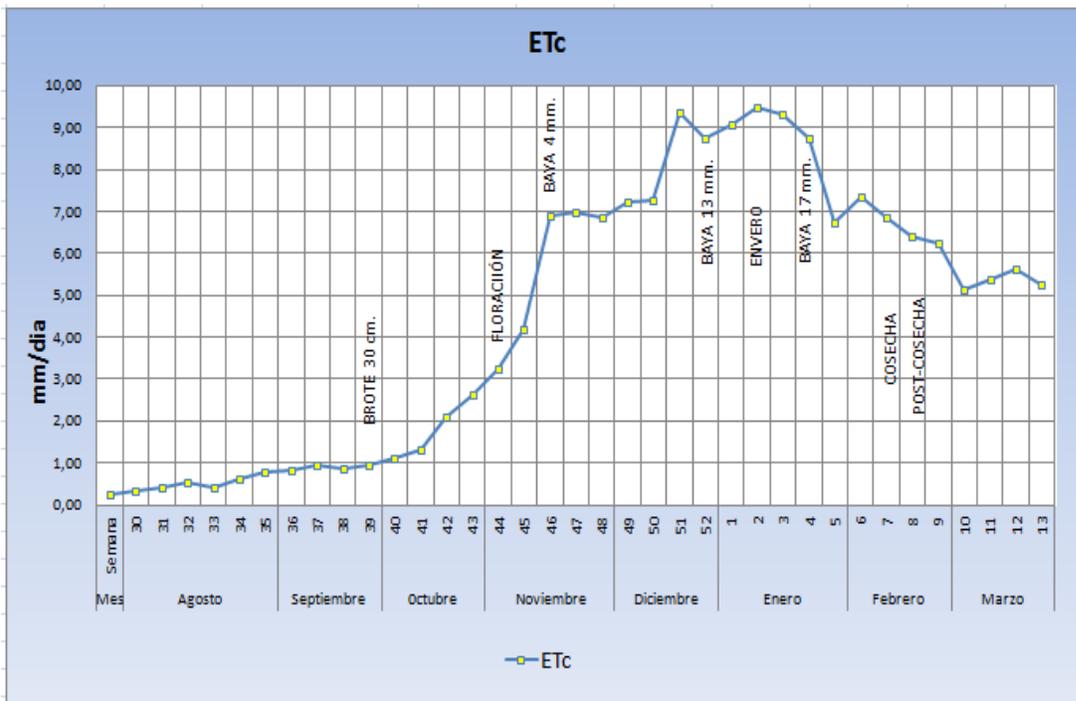


Figura 27. Promedio semanal de la evapotranspiración de cultivo (ETc) del parrón , en Aconcagua temporada (2010-2011), ETc. obtenido a partir de Kc de radiómetros.

4.1.4 Comparación de evolución semanal de ETc. (lisímetros-radiómetro)

En la Figura 28 se observa que existe una sobreestimación del ETc obtenido a través de radiómetros , respecto a los ETc obtenidos en base a los lisímetros ,en los principales estados fenológicos de la vid: Brote 30 cm. 10 %; Floración 88%;Baya de 4 mm. 144%; Baya de 13 mm. 39%; Envero 39%; Baya de 17 mm. 61%; Cosecha 29%; Post- Cosecha 78%.

El promedio de sobreestimación es un 53 % respecto al cálculo de la ETc obtenida utilizando radiómetros, por sobre el ETc obtenida a través de lisímetros en la temporada.

El calculo que indica la diferencia entre ETc, se realizó tomando el ETc de lisímetro como 100% en relacion al ETc de radiómetro, expresado en la siguiente formula:

$$\% \text{ Diferencia} = 100 \times \left(\frac{\text{ETc Radiómetro}}{\text{ETc Lisímetros}} \right)$$

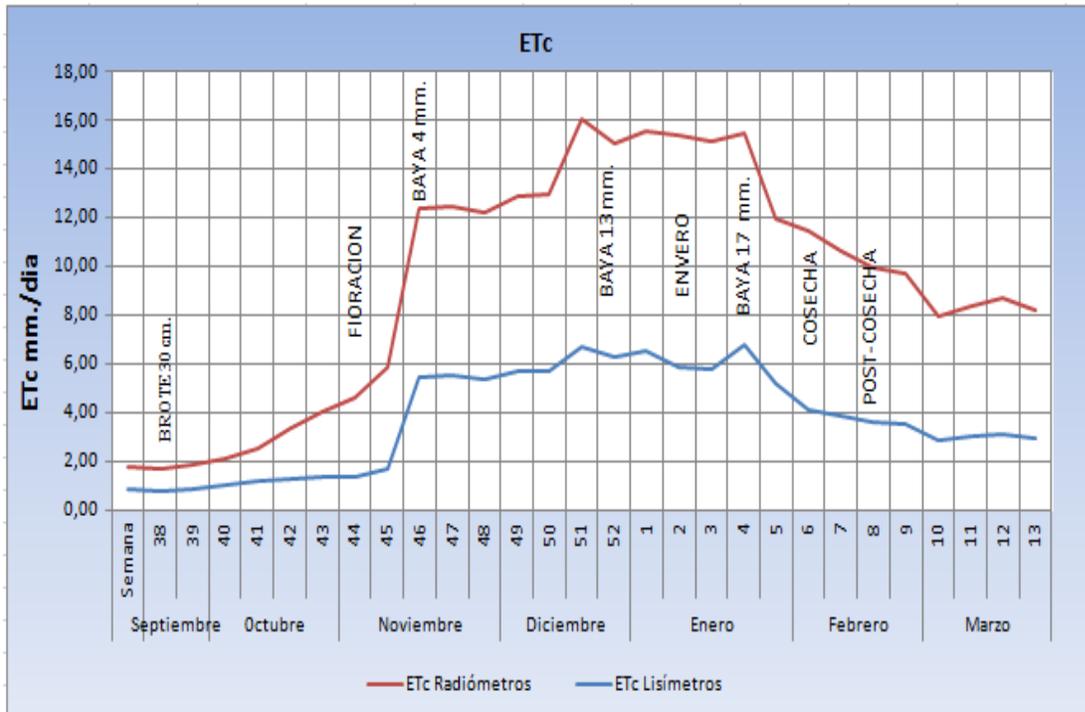


Figura 28 . Comparación entre el promedio semanal de la evapotranspiración de cultivo (ETc) del parrón , en Aconcagua temporada (2010-2011), ETc. obtenido a partir de Kc lisímetros y radiómetros.

4.1.5 Evolución del porcentaje de sombreado (Ps %) generado por el parrón.

Mediante la relación entre la radiación fotosintéticamente activa (PARbp) bajo el parrón y la radiación incidente sobre la canopia (PARi) ,determinando el porcentaje de sombra, al medio día ,despejado. expresado en la siguiente formula:

$$\text{Sombriamiento \%} = 1 - \left(\frac{\text{PARbp}}{\text{PARi}} \right) * 100$$

Las mediciones de radiación interceptada (% sombra) se promediaron por estado fenológico, comenzando por el estado de brote de 30 cm. ,con 28 % de sombra ,desde ahy en adelante los porcentajes de sombra ascendieron rápidamente hasta el estado de baya 13,0 mm. con 94,0 % de sombra , manteniendose constantes hasta el estado de madurez ,donde

alcanzó su máximo valor con un 97 % de sombriamiento, presentando una leve una baja en el porcentaje de sombra en el estado de baya d 17 mm. con un 94,2 % de sombra ,debido a que en la semana dos y tres se realizó un manejo de deshoje o poda en verde que disminuyó el area foliar .

Las mediciones efectuadas permiten visualizar al radiómetro como una herramienta válida para cuantificar el porcentaje de sombra y así poder dar instrucciones más objetivas al momento de realizar las labores de deshoje u otras de manejo del follaje.

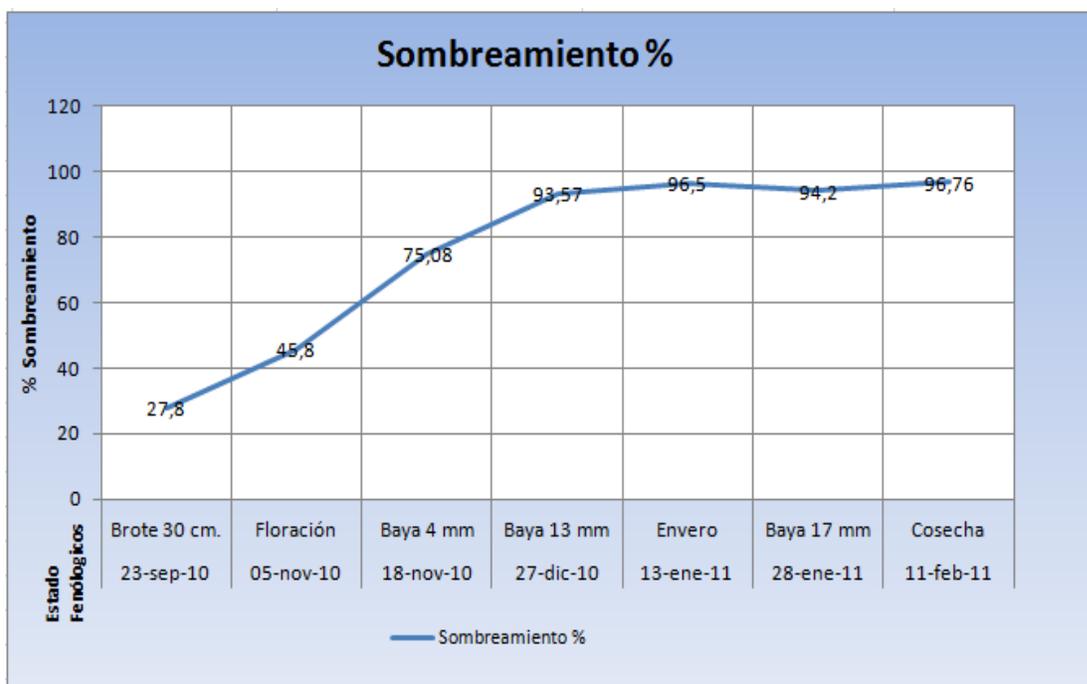


Figura 29. Evolución del porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, en el valle de Aconcagua, con sistema de conducción en español. Temporada 2010-2011.

4.1.6 Evolucion de Kc obtenido con Radiómetro.

Los valores de Kc son proporcional al porcentaje de sombra proyectado al area foliar expuesta.

Para el cálculo de los valores de coeficientes de cultivo (Kc) a través de un radiómetro de barra, que midió la radiación fotosinteticamente activa (PAR) interceptada, al medio día, y se uso la siguiente formula de WILLIAMS *et al* (2003).

$$\% \text{ Par interceptada} * 100 * 0,017 = \mathbf{Kc}$$

Los Kc se calcularon en los principales estado fenológico del cutivar Thompson Seedless y se presentan en la figura 30. En ella se observa una curva ascendente a partir del estado de brote 30cm. (Kc = 0,47) ; hasta el estado de baya de 13 mm. en el cual se alcanzo un Kc de 1,58.

Desde el estado de envero o pinta (Kc = 1,64), en adelante los valores se mantuvieron practicamente constantes hasta el estado de Cosecha (Kc = 1,64), siendo estos los valores de Kc mas altos y que acurrieran en los meses de Enero y Febrero. La baja existente en el valor de Kc , en el estado de baya de 17 mm.(Kc = 1,60), se debio a que en la semana 2 y 3 de Enero se realizó un manejo de deshoje o poda en verde que disminuyó el area foliar.

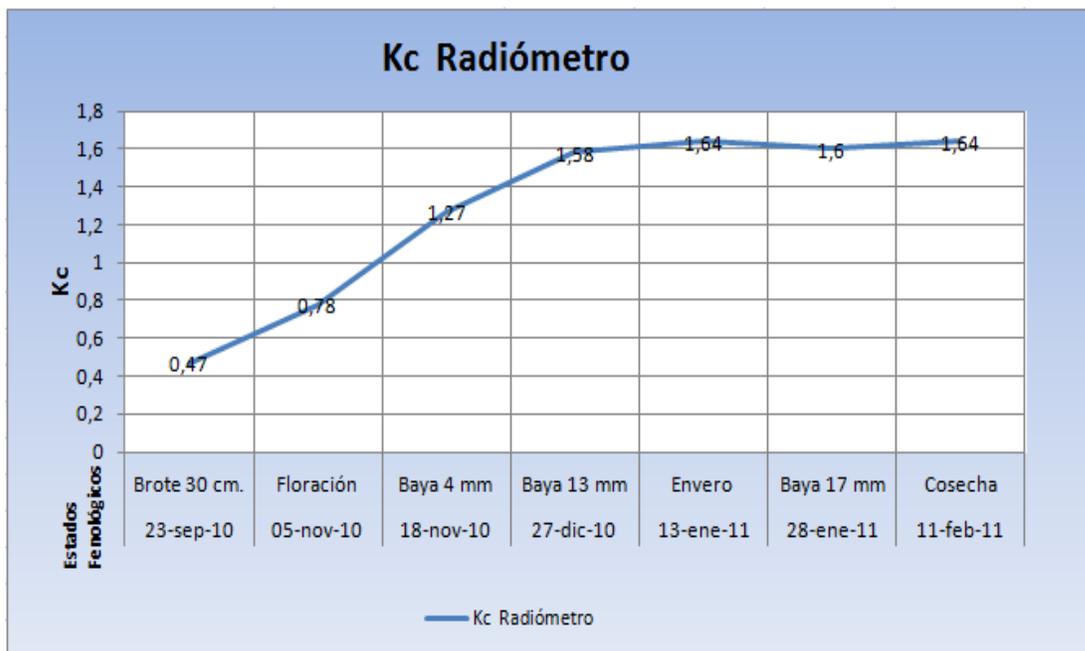


Figura 30. Evolución del Kc calculado a través de las mediciones de luz interceptada (radiómetros) en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, en el valle de Aconcagua, temporada 2010-2011.

4.1.7 Relación porcentaje de sombra (Ps %) y Kc Radiómetro.

Los valores de Kc y Ps % (porcentaje de sombreado) son directamente proporcionales debido a que los dos dependen de la cantidad de hojas en su valor. Los Kc y Ps % obtenidos se promediaron en relación a los principales estados fenológicos del cultivar Thompson Seedless, se obtuvieron dos curvas paralelas ascendentes a partir del estado de brote de 30cm. (0,47 Kc) Ps 28 %; a estado de baya de 13 mm.(1,58 Kc) , desde el estado de envero o tinta (1,64 Kc), en adelante los valores se mantuvieron constantes hasta el estado de madurez (1,64 Kc), siendo estos los mas altos.

Al comparar la relación obtenida en este estudio, se aprecia que es similar a la obtenida en Thompson Seedless por INIA (2010), a través de Radiómetro y lisímetros de drenaje, representada en la ecuación $Kc = 0,011 * S\% + 0,088$. Como también utilizando el método de Eddy covarianza por INIA (2012), representada en la ecuación $(0,0137 \times S\% - 0,014)$, Se ha visto el mismo tipo de relación lineal entre el Kc y el porcentaje de sombra (%S) en: WILLIAMS Y AYARS (2005a), trabajando con lisímetros de pesada de alta precisión en uva de mesa, obtuvieron una relación de $Kc = 0,017 * S\% - 0,008$. Bananero (SANTANA *et*

al., 1993), Clementinas (CASTEL, 1997), Durazneros (JOHNSON *et al.*, 2000; GOODWIN *et al.*, 2006) y Olivos (TESTI *et al.*, 2004).

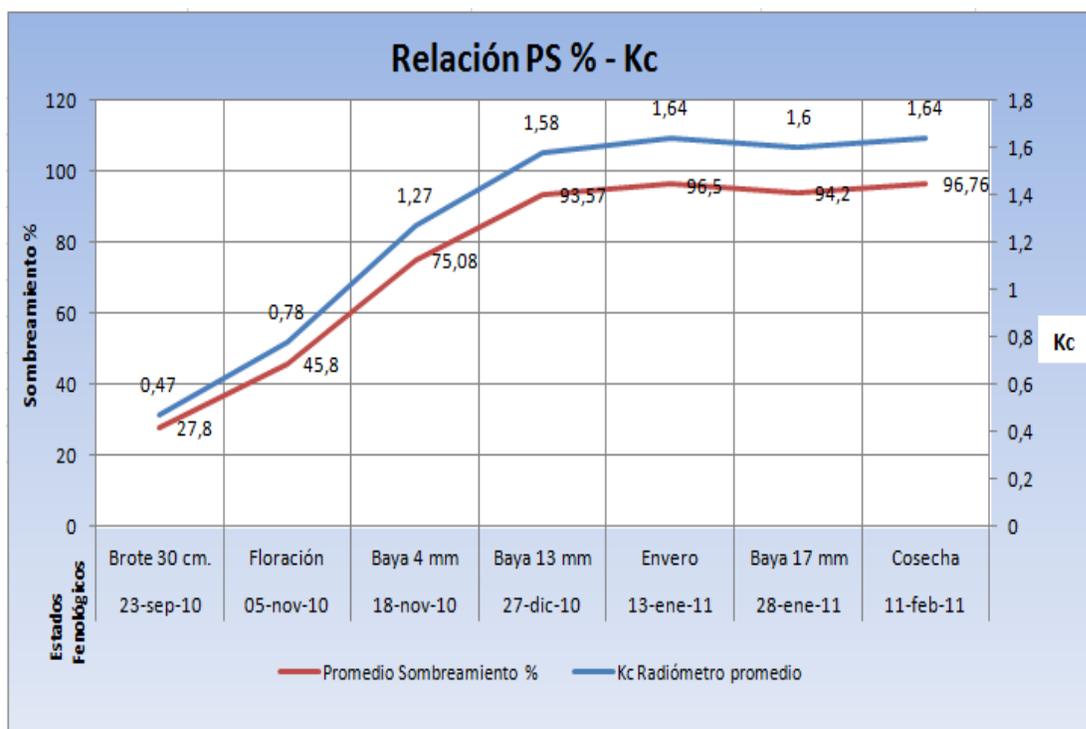


Figura 31. Evolución del porcentaje de sombreado (Ps %) y Kc obtenido por radiómetro en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, con sistema de conducción en español. Temporada 2010-2011.

4.1.8 Evolucion de Kc obtenido con lisímetros.

Con la información recopilada en la temporada 2010-2011, se calcularon los valores de coeficientes de cultivo (Kc), de acuerdo a la evapotranspiración (ETc) (mm/día/m²) por planta, correspondientes a la diferencia entre el balance Hídrico del agua aplicada y el agua drenada, aforada durante el periodo. El ETo se obtuvo a partir de una bandeja de evaporación Clase A de la Estacion Meteorologica de San Felipe, utilizando para el calculo ,un coeficiente de bandeja (Kb) de 0,8.

El valor ETc (mm/día/m²-MP./planta) se dividió por el ETo . Obteniendo así el Kc.

$$Kc = \frac{ETc \text{ (mm) / día}}{ETo}$$

Los Kc obtenidos se promediaron en relación a los principales estados fenológicos del cultivar Thompson Seedless (brote 30 cm; floración; baya de 4 mm.,13 mm.17 mm; envero y cosecha).

Desde brote de 30cm. (0,30 Kc), hasta Floración (0,32 Kc); los valores de Kc fueron aproximadamente constantes. A partir del estado de Floración (0,32 Kc) a estado de baya de 4 mm. (1,0 Kc), se observa un aumento significativo de Kc , debido al aumento del area foliar y la evapotranspiración .En el estado de baya de 13 mm. presenta el segundo valor mas alto (1,14 Kc) .Luego existió una pequeña baja en el Kc en el estado Envero (1,02 Kc) ,debido probablemente a que en la semana 2 y 3 de Enero se realizo un manejo de deshoje o poda en verde que disminuyó el area foliar activa.(Figura 32).

En el estado de Baya de 17 mm. (Kc 1,24) se alcanzó el máximo valor de Kc, declinando cercano al estado de Cosecha y Post – Cosecha (0,92 Kc), producto de la disminución del riego y coincidiendo con la senescencia del follaje y la disminución de la evapotraspiración.

Al comparar estos resultados con las etapas propuestas por FAO (1997), se observaron semejantes en su desarrollo lineal graficado respecto al desarrollo del cultivar.

Se ha visto el mismo tipo de relación lineal graficada, en la obtención de coeficientes de cultivo (Kc) en: LUCIA PUPPO (2004), MARIO GARCÍA. (2004). trabajando con lisímetros de Pesada en Duraznero y REQUENA, A.; G. NORDENSTRÖN; E. CASTILLO 2010 en lisímetros de Drenaje en Manzano.

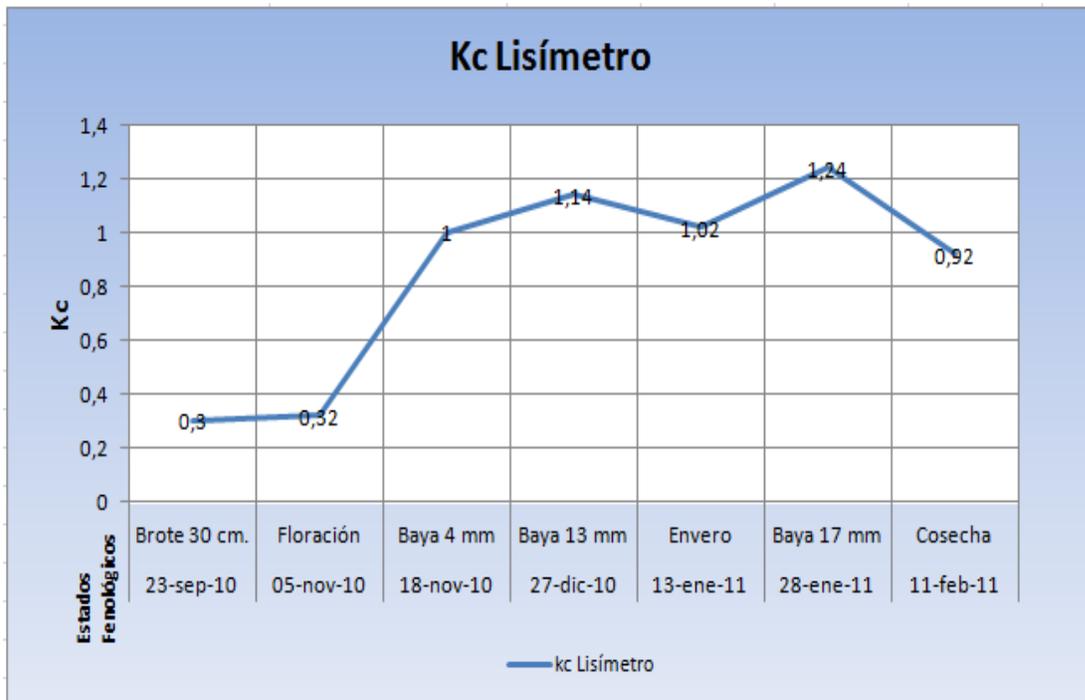


Figura 32. Evolución de Kc obtenidos con lisímetros de drenaje en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, en el valle de Aconcagua, temporada 2010-2011.

4.1.9 Relación entre porcentaje de sombreado (Ps %) y el Kc obtenido de los lisímetros.

Los valores de Kc y Ps % presentan una tendencia casi directamente proporcional debido a que los dos dependen de la cantidad de hojas en su valor, siendo más marcada y constante los Ps % debido a que el follaje presenta un crecimiento constante en su desarrollo, respecto al Kc su valor depende de la ETc. (mm/día) del lisímetro en su cálculo, presentándose algo más irregular en su valor respecto al Ps %. debido a que la ETc. depende de variables climáticas como la: radiación, temperaturas del aire, humedad atmosférica, velocidad del viento, y que el Ps % depende de factores del cultivo como: la densidad de follaje, edad de la planta, marco de plantación, altura de planta (FAO, 1997).

Los Kc y Ps % obtenidos se promediaron en relación a cada estado fenológico del cultivar Thompson Seedless, resultando estos proyectados en forma ascendentes a partir del estado de brote 30 cm. (0,30 Kc) Ps 28 %; a estado de baya de 4 mm. (1,0 Kc – Ps 75,08 %),

desde el estado de baya de 13 mm.(1,14 Kc – Ps 93,57 %) , hasta el estado de Baya de 17 mm (1,24 Kc – Ps 94,2 %) donde alcanzó su máximo valor ,producto del alza de las temperaturas y consecuentemente a un aumento en la evaporación debido a que en la semana 2 y 3 se realizó un manejo de deshoje o poda en verde .indirectamente de la disminución del área foliar en ese estado.

Al comparar los valores de coeficientes de cultivo (Kc) y el porcentaje de sombreado (Ps %) obtenidos por INIA (2010) en la Valle de Aconcagua, se aprecia que existen diferencias en los valores en los principales estados fenológicos : floración 0.6 Kc - Ps 30%; envero 0,70 Kc – Ps 70% y cosecha con 1,20 Kc – Ps 80%, presentándose estos superiores en relación a los obtenidos por el ensayo.

La relación lineal graficada obtenida en este estudio es similar a la obtenida por (INIA, 2010), en el valle de Aconcagua en el cv. Thompson Seedless utilizando el método de Eddy covarianza en este mismo proyecto ($0,0137 \times S\% - 0,014$), .WILLIAMS Y AYARS (2005a), trabajando con lisímetro de pesada de alta precisión en uva de mesa, obtuvieron una relación de $Kc = 0,017 * S\% - 0,008$. Se han visto relaciones lineales similares a esta entre el Kc y el porcentaje de sombra (%S) en Bananero (SANTANA *et al.*, 1993), Clementinas (CASTEL, 1997), Durazneros (JOHNSON *et al.*, 2000; GOODWIN *et al.*, 2006) y Olivos (TESTI *et al.*, 2004).

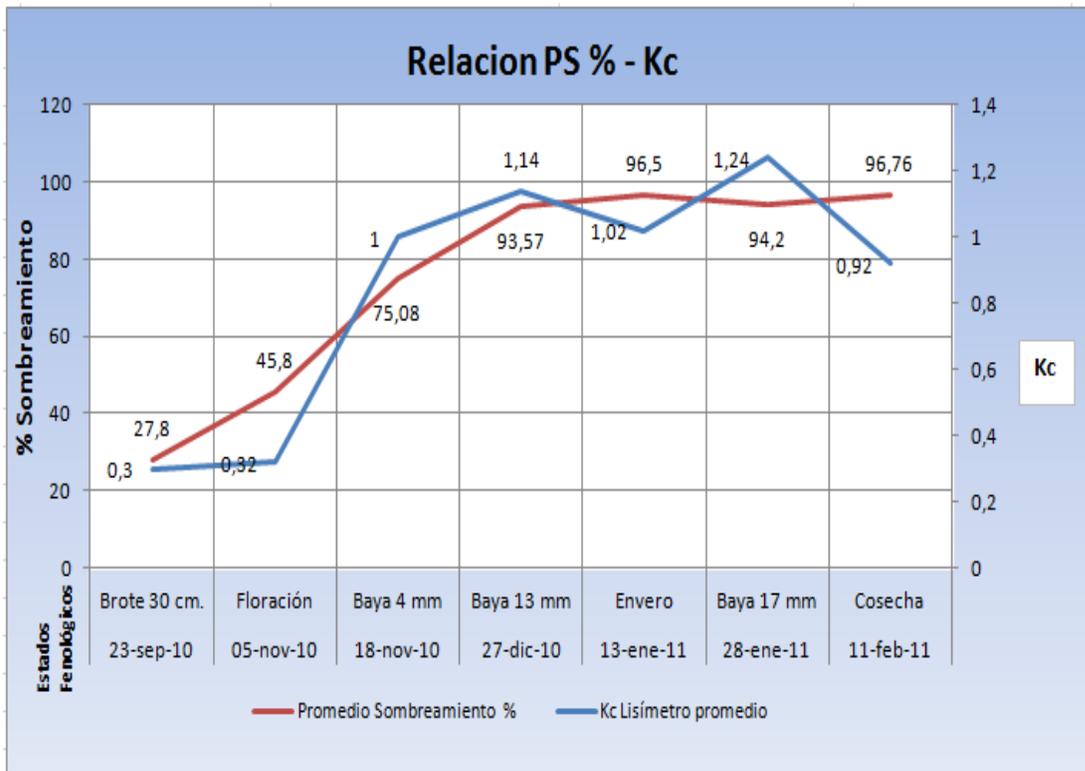


Figura 33. Evolución del porcentaje de sombra (Ps %) y Kc obtenido de lisímetros en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, con sistema de conducción en español. Temporada 2010-2011.

4.2 Comparación de Kc obtenidos con radiómetro y lisímetros.

Respecto al cálculo de Kc , a través del uso de radiómetro y lisímetros ,se aprecia que los dos presentan diferencias de Kc por estado fenológico ,debido a que la obtención en cada caso es por diferentes metodos y dependen de variables climáticas como la: radiación, temperaturas del aire, humedad atmosférica, velocidad del viento y de los factores del cultivo como: altura de cultivo, reflejo, cobertura del suelo, características radicales, resistencia a la transpiración, volumen de canopia, en la obtención sus resultados (Figura 34).

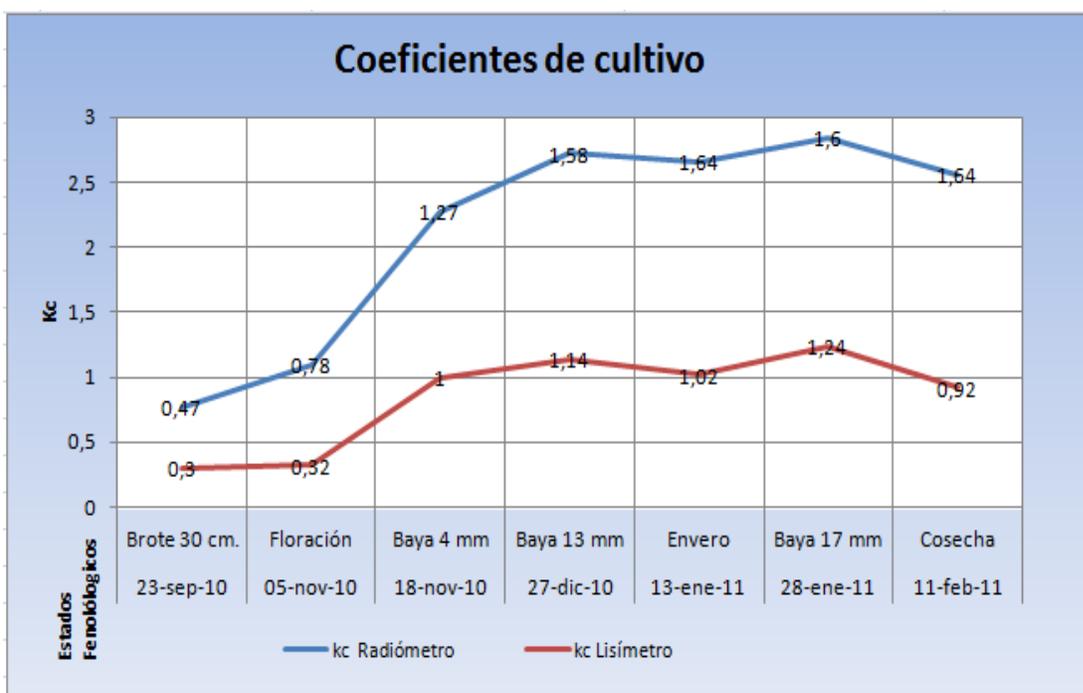


Figura 34. Evolución de Kc obtenidos con radiómetro y lisímetros en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, en el Valle de Aconcagua, con sistema de conducción en español. Temporada 2010-2011.

4.2.1 Comparación porcentual de Kc (lisímetros –radiómetros).

Cuadro 13. Comparación de Coeficientes de cultivo (Kc) obtenidos a través de radiómetro y lisímetros de Drenaje, en relación a los estados fenológicos de la variedad Thompson Seedless, con sistema de conducción en español. Temporada 2010-2011.

Fechas	Estados Fenológicos	Kc Radiómetro	Kc Lisímetro	Diferencia %
23-sep-10	Brote 30 cm.	0,47	0,3	156,67
05-nov-10	Floración	0,78	0,32	243,75
18-nov-10	4 mm	1,27	1	127,00
27-dic-10	13 mm	1,58	1,14	138,60
13-ene-11	Envero	1,64	1,02	160,78
28-ene-11	17 mm	1,6	1,24	129,03
11-feb-11	Madurez	1,64	0,92	178,26
			Promedio	162,01

Los valores del cuadro 13 se obtubieron a partir de formula indicada en la metodologia del item 3.2.6 .

En el cuadro 13 se aprecia que existe una diferencia entre los Kc, presentandose en todos los estados fenológicos una sobreestimación sobre los Kc obtenidos mediante lisímetros, respecto a los obtenidos con radiómetro, con un promedio de sobrestimación de 162,01 % .

4.2.2 Comparación porcentual de Kc (lisímetros – INIA).

Cuadro 14. Comparación de los Coeficientes de cultivo (Kc) obtenidos a través de los lisímetros de Drenaje en el presente ensayo y los Kc adaptados por INIA (2001). Se comparan los principales estados fenológicos en la variedad Thompson Seedless, en el valle de Aconcagua, ambos tenían sistemas de conducción en parrón español.

Estado Fenológico	Kc INIA adaptados	Promedio Kc INIA	Kc Lisímetros ensayos	Diferencia %
Antes de brotación	0,15	0,15		
Inicio de brotación	0,2			
Brote de 30 cm.		0,25	0,3	-16,60
Brote de 40 cm.	0,25			
Brote de 80 cm.	0,3			
Inicio de floración	0,6			
Floración		0,6	0,32	87,50
Baya de 4 mm.		0,8	1	-20,00
Baya de 6 mm.	0,8			
Baya de 8 mm.	0,8			
Baya de 10 mm.	0,9			
Baya de 13 mm.		0,9	1,14	-21,05
Cierre de racimos	0,9			
Inicio de pinta-vero	0,95	0,95	1,02	-6,86
Baya de 17 mm.		0,87	1,24	-29,84
Inicio de cosecha	0,8	0,7	0,92	-23,91
Fin de cosecha-post-cosecha	0,6	0,6	0,92	-34,78
Fin de cosecha pais	0,5			
Caida de hojas	0,15	0,15		
			Promedio diferencia	-8,19

Los valores del Cuadro 14 se obtuvieron a partir de formula indicada en la metodologia del item 3.2.6 . Al comparar los valores de coeficiente de cultivo (Kc) en uva de mesa cv Thompson Seedless obtenidos con los lisímetros y los adaptados por INIA (2001), Se aprecia que existen diferencias en los valores de Kc en los distintos estados de fenológicos de la vid . En el estado de Floración propuesto por INIA , la diferencia es superior en un 87,5 % respecto al los Kc base obtenidos por los lisímetros. En cuanto a los otros estados fenológicos calculados por INIA los valores se presentan bajo el Kc obtenido por lisímetros.

Al promediar los valores tanto negativos (bajo) y positivos (sobre) , el promedio resultante es de -8,19 % respecto al Kc base de lisímetros.

4.2.3 Comparación porcentual de Kc (lisímetros – GUROVICH, L) .

Cuadro 15. Comparación de Coeficientes de cultivo (Kc) obtenidos a través de lisímetros de Drenaje y Kc indicados por GUROVICH 1989), en relación a los principales estados fenológicos la variedad Thompson Seedless, en el valle de Aconcagua, con sistema de conducción español.

Estados Fenologicos	Kc Lisímetros promedio	Kc media estacion Luis Gurovich	Diferencia % entre Kc
Brotación	0,3	0,37	23,33
Floración	0,32	0,5	56,25
Baya 4 mm	1	0,73	-27,00
Baya 13 mm	1,14	0,85	-25,44
Envero	1,02	0,85	-16,67
Baya 17 mm	1,24	0,85	-31,45
Cosecha	0,92	0,85	-7,61
		Promedio diferencia	-4,08

Los valores del cuadro 15 se obtuvieron a partir de formula indicada en la metodologia del item 3.2.6. Al comparar los valores de coeficiente de cultivo (Kc) en uva de mesa cv. Thompson Seedless obtenidos con lisímetros y los indicados por GUROVICH (1989). Se aprecia que existen diferencias en los valores de Kc en los distintos estados de fenológicos de la vid. Desde brotación a floración los estados fenológicos indicados por GUROVICH son superiores respecto al los Kc obtenidos por lisímetros, con diferencias de 23,33 % en brote 30 cm. y con 56,25 % en floración. Sin embargo entre los estados de baya a cosecha las diferencias se presentan bajo el Kc base obtenido por lisímetros.

Al promediar los valores tanto negativos (bajo) y positivos (sobre) , el promedio resultante es de -4,08 % respecto al Kc base de lisímetros.

5.0 CONCLUSIÓN

Es factible la utilización de lisímetros de drenaje artesanales, ya que presentan ventajas económicas en cuanto a materiales y prácticos en la metodología de mediciones, para la obtención de Kc en los principales estados fenológicos, entre brotación y cosecha en *Vitis vinifera* cv. Thompson Seedless.

Los valores obtenidos mediante lisímetros tendieron a ser más bajos entre los estados fenológicos de brotación a cosecha, respecto a los obtenidos con radiómetro, con un promedio de sobrestimación de 162,01 % . Al comparar los valores entre Kc obtenidos a través de los lisímetros del ensayo e indicando sus diferencias en porcentajes, respecto a los indicados por GUROVICH (1989) (diferencia - 4,08 %) y los adaptados por INIA (2001) (diferencia - 8,19 %), se aprecia que los valores de Kc se encuentran en general por debajo de lo estimado respecto a los lisímetros del ensayo. siendo de gran importancia ajustar los Kc para los principales estados fenológicos.

El máximo valor de ETo de la temporada se alcanzó en Diciembre con 5,92 mm/día. La ETc, el máximo valor de ETc de la temporada fue en Enero con ETc 6,77 mm/día.

Las diferencias respecto a los meses de pico de la evapotranspiración ETo y ETc es producto de las variables climáticas y de cultivo que son tomadas en conjunto o individualmente para los respectivos cálculos de ETc y ETo.

Los valores de Kc y Ps % presentan una tendencia casi directamente proporcional debido a que los dos dependen de la cantidad de hojas en su valor, siendo más marcada y constante los Ps % debido a que el follaje presenta un crecimiento constante en su desarrollo. Las mediciones efectuadas permiten visualizar al radiómetro como una herramienta válida para cuantificar el porcentaje de sombra y así poder dar instrucciones más objetivas al momento de realizar las labores de deshoje u otras de manejo del follaje.

6.0 RESUMEN

Dado que la información extranjera en relación a los coeficientes de cultivo (K_c) no es aplicable a la realidad de Chile se realizó este ensayo.

En Los Andes, Valle de Aconcagua, Chile. Latitud: 32.49" S; Longitud: 70.37" W, durante la temporada 2010-2011 se calcularon los coeficientes de cultivo (K_c) de los principales estados fenológicos de la uva de mesa cv. Thompson Seedless de tres años con conducción en parrón español, riego por goteo e injertadas sobre Harmony mediante la utilización de tres lisímetros artesanales de drenaje de 1 m³ de capacidad.

La Tasa de riego se ajustó semanalmente según la ET_c . ($ET_c = ET_o \times K_c$), donde el K_c se estimó de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por un radiómetro y la ET_o se obtuvo de una Bandeja evaporométrica Clase A., distante a 15 km del ensayo. Calculándose la ET_c en base a: $K_c = \text{Par interceptada} \times 100 \times 0,017$

Se midió semanalmente: volumen de agua aplicada (caudalímetro) y drenada (Aforo). Los coeficientes de cultivos (K_c) fueron obtenidos dividiendo: evapotranspiración lisímetros / (ET_o Bandeja evaporométrica Clase A.

Los K_c semanales se promediaron para cada estado fenológico obteniéndose: Brote de 30cm. (0,30 K_c); Floración (0,32 K_c); Baya de 4 mm. (1,0 K_c); Baya 13 mm. (1,14 K_c); Envero (1,02 K_c); Baya de 17 mm. (1,24 K_c); Cosecha y Post – Cosecha (0,92 K_c). Las diferencias promedios de todas las temporadas entre los valores de coeficiente de cultivo (K_c) obtenidos con lisímetros y los adaptados por INIA (2001) son de - 8,19 % y los indicados por GUROVICH, L. (1989) son de - 4,08 %. Se aprecia que los valores de K_c se encuentran en general por debajo de lo estimado respecto a los lisímetros del ensayo, siendo de gran importancia ajustar los K_c para los principales estados fenológicos.

7.0 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CIREN. 2002-2005 y 2008-2010. Catastros e intercatastros frutícolas de Cirén correspondientes a la variedad Thompson Seedless (Citado el 12 de enero de 2010). Disponible en: <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2405.pdf>>

Costos de producción anual, uva de mesa, zona de Aconcagua, centro y sur. No considera recuperación de inversión. (Citado el 13 de diciembre de 2010) Disponible en: <http://www.subsole.cl/pdf2010_MA.pdf>

LUCIA PUPPO, MARIO GARCÍA. 2004. Determinación del consumo de agua del duraznero por lisímetría.

ODEPA, 2010. Principales exportadores mundiales de uva de mesa. (Citado el 21 de noviembre de 2010). Disponible en: <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2871.pdf>>

ANONIMO. 2011. Exportaciones de uva de mesa llegaron a 92,000 toneladas en campaña 2010 - 2011 (Citado el 14 de Septiembre de 2011) Disponible en: <<http://www.agroforum.pe/content.php?980-Exportaciones-de-uva-de-mesa-llegaron-a-92-000-toneladas-en-campa%C3%B1a-2010-2011>>

SIMFRUIT. 2011. Las exportaciones de uva de mesa en lo que va de la temporada 2011. (Citado el 13 de Septiembre de 2011) Disponible en: <http://www.simfruit.cl/fruit/index.php?option=com_content&view=article&id=5393:misiones-tecnologicas-simfruit-2011-acortando-las-brechas-tecnologicas-para-mejorar-la-productividad-&catid=48:innovacion-y-tecnologia>

SILVA, ECHEVERRÍA. 2008. Thompson Seedless: la estrella de las blancas está dejando de brillar. AGROECONOMICOS.N°108:pag16-19.

ESCUELA AGRÍCOLA. 2010-2011. Estación Meteorológica. San Felipe, Región de Valparaíso. (Citado el 30 de octubre de 2010) Disponible en:
<http://200.42.179.60/weather/em5_escuela/index.html>

INIA. 2005. Coeficientes de bandeja (Citado el 14 de septiembre de 2011) Disponible en:
<<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32334.pdf>>

PENMAN-MONTEITH. 1998. Estimación de K_c a partir de E_{To} .

ABOUKHALED. 1986. Los lisímetros con rellenos monolíticos.

FAO ,1997. Estudio FAO Riego y drenaje. Evapotranspiración del cultivo, guía para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, N° 56. [Citado el 23 de septiembre de 2011] Disponible en: <(httpwww.fao.orgdocrep009x0490sx0490s00.htm)>

Uva de mesa, zona de Aconcagua, centro y sur. No considera recuperación de inversión. (Citado el 13 de diciembre de 2010) Disponible en:
<httpwww.subsole.clpdf2010_MA.pdf>

WILLIAMS. 1995. Evolución del coeficiente de cultivo K_c (E_{Tc} / E_{To}) en el transcurso de una temperatura (California) cv. Thompson Seedless).

INIA, 2001. COEFICIENTES de cultivo para uva de mesa el valle del Aconcagua (K_c) ajustados para el valle de Aconcagua. (Citado el 10 de marzo de 2011) Disponible en:
<<httpwww.inia.clmediosbibliotecaboletinesNR27126.pdf>>

VISTA AEREA del predio Santa Griselda,lugar donde se ubicara el ensayo. (Citado el 17 de agosto de 2011) Disponible en: Google Earth.2010.
<<http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>>

VILLARROEL CASTILLO, 1998. Aproximación a la determinación del coeficiente del cultivo (k_c) para lechuga (*Lactuca sativa*), bajo un sistema de riego combinado. Universidad Católica.

CIFUENTES, 1971. Evapotranspiración potencial en lisímetros y ecuaciones empíricas. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile: Universidad Católica, Facultad de Ingeniería, 1971.

L. E. WILLIAMS Æ C. J. PHENE Æ D. W. GRIMES Æ T. J. Trout Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California.

GRATAN, BOWERS, W., et al 1998.” new crop coefficients estimate wáter use of vegetables, row crops “.california agricultura, vol. 52, n° 1, pp.16-21.

INIA, 2010. Uso de lisímetros de balance hídrico para la determinación del coeficiente de cultivo (kc) en uva de mesa cv Thompson Seedless. (Citado el 14 de abril de 2012) Disponible en:

http://platina.inia.cl/uvaconcagua/docs/informes/avance_2010_2011/riego/Riego_Ensayo4_Uso_de_lisimetros.pdf

FERREYRA, SELLES, 2001. Riego deficitario controlado en uva de mesa, estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. (Citado el 20 de junio de 2012) Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR27126.pdf>

FERREYRA, 2010. Manejo del riego en frutales en condiciones de restricción hídrica. Boletín 214. Pág. 79-88 (Citado el 30 de Junio de 2012) Disponible en: (httpwww.inia.clmediosbibliotecaboletinesNR27126.pdf)

GUROVICH, L. 1983. Modernos enfoques en el riego superficial de huertos y parronales .Aconex 5:37 – 43.

GUROVICH, L. Y STEINER, V. 1987. Riego y fertilización programados en uva de mesa regada por goteo en Chile. Simiente 57 (4):221-235.

REQUENA, A.; G. NORDENSTRÖN; E. CASTILLO .2010. Coeficientes de cultivo de manzano en período de formación, obtenidos en lisímetros de drenaje cra-ryd-36-requena (Citado el 10 de Julio de 2012) Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/pdf/cra-vferti/cra-ryd-36-requena.pdf>

ABOUKHALED, A. A.; ALFARO, A.; M. SMITH (1986) Los lisímetros. Roma: FAO Paper 39. 68p.

ALLEN, R. G., PEREIRA, L.S., RAES D.; M. SMITH.1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper N° 56, 300 pp.

CASTEL, J. 1997. Evapotranspiration of a drip-irrigated clementine citrus tree in a weighing lysimeter. *Acta Horticulturae* 449(1): 91-98

SANTANA, J., C. SUÁREZ Y E. FERERES. 1993. Evapotranspiration and crop coefficients in banana. *Acta Horticulturae* 335: 341-348

GOODWIN, I., D. WHITFIELD Y D. CONNOR. 2006. Effects of tree size on water use of peach (*Prunus persica* L. Batsch). *Irrigation Science* 24: 59–68.

JOHNSON, R., J. AYARS, T. TROUT, R. MEAD Y C. PHENE. 2000. Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. *Acta Horticulturae* 537: 455-460.

WILLIAMS, L., C. PHENE, W. GRIMES Y T. TROUT. 2003. Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* 22: 11-18.