

ECONOMIA DEL AGUA DEL CULTIVO DEL TRIGO EN EL SECANO COSTERO DE LA VI REGION DE CHILE. I. BALANCE HIDRICO¹

Economy of water on dry land wheat in the coastal range of Chilean, IV Region. I. Water balance

Elías Letelier A.², Lido Tortello M.³ y Claudio Ubilla R.⁴

SUMMARY

Water economy was studied in two factorial trials in dry land wheat sowed in 1983 and 1984 in the coastal range of Chilean VI Region, under a marine-mediterranean climate and predominantly clays soils.

The factors studied were: variety (early vs. semi-early), date of seeding (early vs. normal), nitrogen fertilization (none vs. 150 kg N/ha).

During the growing period rainfall was 690 mm in 1983 and 1.113 mm in 1984. Pan evaporation in the same periods were 660 mm and 764 mm.

Field capacity for hold available water was 204 mm in 1983 and 268 mm in 1984.

Losses due to percolation and run-off averaged 54 and 55% of total supplied water in 1983 and 1984, respectively.

Evapotranspiration since the end of winter till harvest, in the nitrogen fertilized treatments, averaged 172 mm in 1983 and 248 mm in 1984.

Spring evaporation in the control plots (without vegetation) was 150 mm in 1983 and 246 mm in 1984.

The ET_a/ET_0 relation in the year 1984 was close to K_c values stated in the FAO 33 Irrigation and Drainage Manual, except during the period of grain ripening. This data shows that in this year the crop did not suffer important water deficit. Inversely in the less rainy year 1983, the relation ET_a/ET_0 was notoriously smaller to K_c , during the heading and grain formation periods. That shows that the growing of the crop was probably impaired in this periods, by water deficit.

Key words: wheat, water balances.

INTRODUCCION

La VI Región de Chile produjo en 1991, 219.617 ton de trigo, o sea, un 13,8% de la producción del país. Gran parte de esta producción proviene de los cultivos de secano de la cordillera de la Costa. En este secano se pueden distinguir dos zonas: una más húmeda adyacente a la costa, con preponderancia de suelos formados sobre terrazas marinas

(secano costero) y otra, más seca, situada en la vertiente oriental de la cordillera de la Costa en la que predominan los suelos graníticos (secano interior). El presente estudio se efectuó en el secano costero. Ambas zonas tienen, como el resto de la zona central de Chile, un clima mediterráneo con inviernos lluviosos y fríos y veranos secos y calurosos. Este clima se caracteriza también, por una gran variabilidad anual en lo referente a la cuantía de las precipitaciones y a la extensión del período lluvioso. Gastó (1966) estima que en la zona Mediterránea central de Chile, sólo el 45% de los años pueden considerarse "normales" siendo el resto "secos" o "lluviosos".

¹Recepción de originales: 18 de octubre de 1991.

²Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³Actividad particular, La Verbena 3943, Santiago, Chile.

⁴Agrícola Nacional (ANASAC), Almirante Pastene 300, Santiago, Chile.

En el secano costero de la VI Región suele haber inviernos extremadamente lluviosos, lo que sitúa a esta zona como una de las zonas trigueras de clima mediterráneo con un promedio más elevado de precipitaciones invernales y, exceptuando el sur de Chile, como una de las regiones trigueras de invierno más lluviosa (Letelier, 1988). El promedio de precipitaciones entre mayo y agosto, inclusive, es de 609 mm en la Subestación Experimental de Hidango (INIA).

También la cantidad de lluvias primaverales es variable en el secano costero. En 9 años de observaciones, en esta Subestación, las lluvias sumadas de septiembre a octubre superaron los 100 mm en 3 años y en dos años fueron inferiores a 10 mm.

En este clima, de régimen hídrico marcadamente mediterráneo, en el seco verano la humedad del suelo está siempre bajo el punto de marchitez permanente. En invierno, no falta humedad para el primer desarrollo del trigo. Por lo tanto, el barbecho de verano no tiene la importancia para acumular agua, que se le atribuye en otras zonas trigueras del mundo, en las que hay lluvias de verano y el invierno es seco.

Tanto un exceso de lluvias invernales como un déficit en primavera afectan negativamente los rendimientos del trigo.

Letelier y Tortello (1990), en cuatro años de ensayos en Hidango, concluyeron que los años más favorables para el rendimiento del trigo son aquellos con un invierno relativamente seco (menos de 500 mm) y con algunas lluvias en la primavera.

La saturación hídrica del suelo durante el desarrollo del trigo puede producir los siguientes efectos negativos: disminución de O_2 en el suelo y baja difusión de dicho elemento; acumulación de productos tóxicos; disminución de la absorción de iones, especialmente de nitratos.

Letelier y Novoa (1982) citan una apreciable bibliografía a este respecto.

El período más crítico para el trigo, en Italia, por exceso de lluvias, es la fase de macolla en la que, sobre 60 mm de precipitaciones es muy poco probable que se produzcan rendimientos superiores al promedio (Azzi, 1959).

Si esta cifra se aplicara al secano costero de la VI Región, todos los años serían excesivamente húmedos.

El período en que el trigo es más susceptible al exceso de humedad en el suelo es el previo a la emergencia en el cual seis días de inundación mataron un 62% de las plántulas (Canell y otros, 1980). La inundación en invierno, en los experimentos de estos autores, sólo disminuyó los rendimientos en un 15%.

Por otra parte, Campbell y Hendrix (1971) atribuyen gran parte de los daños causados por el exceso de humedad en el suelo a la necrosis de la raíz ("feeder root necrosis"), ocasionada por el ataque de microorganismos que están generalmente presentes en el suelo, pero atacan solamente cuando las condiciones son apropiadas.

Obviamente, los efectos del exceso de humedad deben ser muy variables de acuerdo con las condiciones ambientales: incidencia de hongos en el suelo, enfermedades foliares, textura y estructura del suelo, temperatura, etc.

En Chile (INIA, 1970), se han encontrado correlaciones negativas entre cantidad de lluvia y los rendimientos del trigo. El valor de "r" para la provincia de Colchagua (actualmente parte de la VI Región), fue de -0,619 para las lluvias del año, -0,328 para el período de siembra y -0,055 para la espigadura; en este último período, las condiciones de humedad son menores y los efectos negativos del exceso de lluvias se equilibran en el valor de "r" con los efectos positivos de esas lluvias en los años secos.

Con los antecedentes que se tienen, no es posible diferenciar, que parte de este efecto negativo debe atribuirse a exceso de humedad en el suelo, ataque de hongos a las hojas, o factores de manejo tales como atrasos en la siembra o siembra con el suelo en malas condiciones.

Ha habido una mayor preocupación por los efectos negativos de la sequía que por los del exceso de humedad, lo que no es sorprendente, ya que la mayor parte de las zonas trigueras del mundo se encuentran en climas con déficit hídrico en algún período del desarrollo del trigo. Papadakis (1954) alude a sus propias experiencias al respecto y cita una cantidad importante de investigaciones, todas las cuales concluyen que la espigadura es el período más susceptible al déficit hídrico. Agrega que, si la sequía se produce temprano (después de la siembra), su daño puede posteriormente ser compensado por el cultivo, por medio de mayor cantidad y vigor de las macollas.

En Chile, Cortázar (1947) en dos ensayos efectuados en la Región Metropolitana, clima "Santiago",

Mediterráneo marino, con muy escasas lluvias de primavera, encontró que el período en el que el riego tuvo un mayor efecto fue el de espigadura, siguiéndole el encañado y el macollaje; el riego de 20 días después de la espigadura no tuvo efecto.

En los últimos decenios, la información sobre efecto del déficit de humedad en diversos períodos fenológicos del desarrollo de los cultivos ha podido ser sistematizada y cuantificada relacionando los conceptos de evapotranspiración potencial, evapotranspiración real y constantes hídricas del suelo. Una completa síntesis de estas investigaciones se encuentra en Doorenbos y otros (1979). En el presente trabajo se han utilizado ampliamente estos datos en lo referente al cultivo del trigo, usando los parámetros definidos en él, como modelos de comparación con los obtenidos en Hidango.

El uso de variedades apropiadas puede contrarrestar parcialmente el efecto de la sequía por medio de los siguientes mecanismos: precocidad, abundancia de macollas, alto número de granos por espiga, abundante desarrollo de raíces, traslocación de reservas acumuladas en período sin sequía, adaptación osmótica (Turner y Begg, 1981). Estos mecanismos tienen su contrapartida, limitando por diversas vías el rendimiento. Así, por ejemplo, la precocidad significa un mayor peligro de heladas para las variedades invernales.

Caglevic (1982) y Ramírez y Caglevic (1983), basados en observaciones hechas en Hidango, indican que en inviernos lluviosos, las variedades precoces son atacadas por enfermedades fungosas de la hoja, especialmente *Septoria*; esto se debe a que las esporas del hongo son diseminadas por la lluvia en los estados fenológicos más susceptibles que son hoja bandera y espigadura. Las variedades semi-precoces escapan a ese ataque. Letelier y Tortello (1990) comprobaron estas observaciones.

Por otra parte, las variedades precoces sembradas en fecha normal o las semi-precoces sembradas temprano, son favorables en años secos pues escapan parcialmente a la sequía primaveral. Letelier y Tortello (1990), en Hidango encontraron que lo más recomendable es utilizar variedades de ciclo intermedio sembradas antes del 15 de junio o variedades precoces sembradas después del 15 de mayo y antes del 15 de junio. Esta recomendación está basada tanto en el peligro de sequía como en el peligro de *Septoria* en años lluviosos.

Siendo el agua y la fertilización nitrogenada factores que afectan independientemente la producción, debe esperarse, en general, una interacción positiva entre ambos (Demolon, 1950) y, por lo tanto, la eficiencia

del agua debe aumentar en presencia de una adecuada fertilización nitrogenada.

Campbell y otros (1977a) encontraron que en condiciones de sequía la eficiencia del agua era proporcional a la respuesta al fertilizante nitrogenado; en condiciones de mayor humedad, la eficiencia aumentaba curvilíneamente con el N aplicado, pero a una mayor tasa de aumento que en sequía.

Campbell y otros (1977b) midieron una mayor evapotranspiración y un aumento de ella con dosis crecientes de N; en cambio, la ET no fue afectada por la aplicación de N en sequía; los experimentos de estos autores muestran también una notoria interacción positiva entre N y agua en la producción de granos. Brown (1971), en Montana, EE.UU., con un total de precipitaciones de 160 mm, midió un aumento de la ET de 221 a 315 mm cuando el N aplicado subió de 0 a 268 kg/ha, respectivamente. La aplicación de N aumentó la eficiencia del agua en un 56%.

Tanto el agua como el fertilizante nitrogenado tienden a aumentar más la producción de follaje que la producción de granos (Russell, 1950; Pearman, Thomas y Thorne, 1977). Muy importante, con respecto al balance hídrico del cultivo, es el factor desarrollo y eficiencia de las raíces. Ambos parámetros son difíciles de medir en condiciones de campo.

Algunos autores (Bauer y Black, 1989; Pearson, 1974) consideran que la extracción de agua medida periódicamente a diversas profundidades constituye una evidencia circunstancial de la eficiencia de las raíces a esa profundidad, pero reconocen que esta evidencia no es absoluta.

Los autores del presente trabajo han encontrado raíces de trigo, con el método del "pin-board", hasta un metro de profundidad en un perfil de suelo arcilloso en las terrazas marinas de la V Región (Figura 1). En las grandes llanuras de EE.UU. de norteamérica, lo general es detectar una extracción de agua casi total a 1,20 m de profundidad y una menor extracción hasta 1,50 m (Bauer y Black, 1989).

Aunque la extracción total de agua por las raíces profundas es menor que la efectuada por las superficiales, ello se debe especialmente al menor número de raíces que hay en profundidad. Pearson (1974) dice que la absorción de agua por unidad de longitud de raíz es la misma para las raíces superficiales y profundas; en cambio, Williams (1968) opina que el nitrógeno y el agua son absorbidas con mayor eficiencia por las raíces profundas.



FIGURA 1. Desarrollo de raíces de trigo en un suelo de terrazas marinas en la VI Región, extraídas con el método del "pin-board".

FIGURE 1. Root development of wheat in a marine terrace soil of VI Region, taken out by the "pin-board" method.

Es interesante comparar la evapotranspiración de un cultivo con la evaporación del mismo suelo, sin vegetación. Según Veihmeyer, citado por Black (1968), la evaporación de un suelo descubierto es muy baja.

Sin embargo, según Adams y Hanks, citados por Black (1968), esta situación cambia bastante en el sentido de una mayor evaporación cuando el suelo se agrieta, que es el caso de Hidango. Aase y Siddoway (1982), en clima semi-árido, encontraron que, tanto el barbecho como el cultivo, evaporaron lo mismo hasta fines de macolla; posteriormente disminuyó notablemente el agua en el perfil del suelo cultivado, manteniéndose estable en el barbecho. Demolon (1950) indica para el trigo un aumento de sólo 8,6% en la humedad del suelo barbechado, con respecto al suelo con cultivo.

Los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

- Efectuar un balance hídrico del cultivo del trigo en un clima mediterráneo marino con inviernos frecuentemente muy lluviosos.
- Comprobar en qué medida los parámetros de evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, coeficiente de cultivo (K_c), y otros actualmente aceptados, se adaptan al cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región de Chile.
- Aprender el efecto que sobre dicho balance y en la eficiencia del uso del agua tiene el ciclo de la variedad, la época de siembra y la aplicación de fertilizante nitrogenado.
- Medir la interacción entre los citados factores, tanto en lo referente a rendimiento como al uso del agua.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se verificaron en la Subestación Experimental Hidango del INIA, dentro del agroclima "Hidango" (mediterráneo marítimo) de la clasificación climática de INIA (Novoa y otros, 1989), correspondiente al secano costero de las V, VI y VII Regiones de Chile. En el Cuadro 1 se indica la lluvia y la evaporación en 1983 y 1984 en los períodos en que se hicieron los balances hídricos.

Los suelos de Hidango están formados sobre terrazas marinas. En 1983, el ensayo se verificó en el talud de una terraza con una pendiente de aproximadamente 5%. En 1984, el ensayo estuvo situado en posición baja con una pendiente no superior a 2%. Las principales características de estos suelos se indican en los cuadros 2, 3 y 4.

La densidad aparente se tomó con el método del cilindro en la estrata de 0-20 cm, utilizando un cilindro de 8,34 cm de diámetro. Más abajo de los 20 cm se utilizó el método del agua capilar (Letelier, 1982), sacando los terrones de 2 calicatas y utilizándose dos muestras por cada estrata.

La capacidad de campo se determinó para cada estrata, promediando los cuatro valores más altos de humedad medidos durante el invierno en las muestras extraídas periódicamente. Como estas observaciones se hacían pocos días después de las lluvias, se estima que dichos valores reflejan bastante bien la capacidad de campo de cada estrata.

CUADRO 1. Lluvia y evaporación de bandeja durante el período de cultivo del trigo. 1983 y 1984 (mm)**TABLE 1. Rainfall and pan evaporation during the period of wheat growing, 1983 and 1984 (mm)**

Período	1983			Período	1984		
	Lluvia	ET _{pan}	ET ₀ ¹		Lluvia	ET _{pan}	ET ₀ ¹
14.04 - 25.05	71	95	76	17.04 - 25.05	100	84	67
25.05 - 08.06	35	13	10	25.05 - 08.06	77	12	10
08.06 - 29.07	407	38	30	08.06 - 28.06	47	18	14
29.07 - 09.09	142	60	48	28.06 - 26.07	519	28	22
09.09 - 20.10	30	133	106	26.07 - 30.08	175	55	44
20.10 - 10.11	5	99	79	30.08 - 26.09	119	50	40
10.11 - 21.12	0	222	178	26.09 - 25.10	17	114	91
				25.10 - 06.12	59	211	169
				06.12 - 07.01	0	190	152
Totales	690	660			1.113	764	

¹ET₀ se ha estimado en ET_{pan} × 0,8.**CUADRO 2. Descripción textural de los suelos****TABLE 2. Textural description of the soils**

1983		1984	
Profundidad cm	Textura	Profundidad cm	Textura
0 - 18	Franco arenoso fino. Gránulos de poca consistencia	0 - 20	Franco-arcilloso
18 - 28	Franco arcilloso, sin estructura	20 - 30	Arcilloso
28 - 40	Arcilloso, sin estructura	30 - 100	Arcilla plástica
40 - 60	Arcilloso, algunas concreciones oscuras	100 - 120	Arcilla plástica, algunas concreciones
60 - 100	Arcilla plástica	> 120	Arcillo arenoso

CUADRO 3. Características hídricas del perfil del suelo. Potrero El Risco, Hidango. 1983**TABLE 3. Hidric features of soil profil. El Risco field, Hidango. 1983**

a Profundidad cm	b Capacidad de campo en peso %	c PMP esti- mado b x 0,5 %	d Densidad aparente	e Porosi- dad total %	f Micro- porosi- dad b x d %	g Micro- porosi- dad f x 2 mm	h Macro- porosi- dad e - f %	i Máxima humedad aprovechable g/2 mm
0 - 20	23,9	11,9	0,99	62,6	23,7	47,4	38,7	23,7
20 - 40	28,6	14,3	1,07	59,6	30,6	61,2	29,0	30,6
40 - 60	29,4	14,7	1,05	60,4	30,9	61,8	29,5	30,9
60 - 80	29,2	14,6	0,97	63,4	28,3	56,6	35,1	28,3
80 - 100	26,9	13,4	1,10	58,5	29,6	59,2	28,9	29,6
100 - 120	27,9	13,9	1,10	58,5	30,7	61,4	27,8	30,7
120 - 140	27,2	13,6	1,10	58,5	29,9	59,8	28,6	29,9

Capacidad de campo del perfil = 407,4 mm.

Capacidad de agua aprovechable del perfil = 203,7 mm.

CUADRO 4. Características hídricas del perfil del suelo, Potrero trigo, Hidango. 1984**TABLE 4. Hidric features of soil profile. Sector One, Hidango. 1984**

a Profundidad cm	b Capa- cidad de campo en peso %	c PMP esti- mado b x 0,5 %	d Densidad aparente	e Porosidad total %	f Micro- porosidad b x d %	g Micro- porosidad f x 2 mm	h Macro- porosidad e - f %	i Máxima humedad aprovechable g/2 mm
0 - 20	27,8	13,9	1,33	49,8	37,0	74,0	12,8	37,0
20 - 40	31,4	15,7	1,18	55,5	37,1	74,2	18,4	37,1
40 - 60	34,1	17,0	1,14	57,0	38,9	77,8	18,1	38,9
60 - 80	33,7	16,8	1,25	52,8	42,1	84,2	10,7	42,1
80 - 100	32,7	16,3	1,28	51,7	41,9	83,8	9,8	41,9
100 - 120	32,4	16,2	1,08	59,2	35,0	70,0	24,2	35,0
120 - 140	31,7	15,8	1,13	57,4	35,8	71,6	21,6	35,8

Capacidad de campo del perfil = 535,6 mm.

Capacidad de agua aprovechable del perfil = 267,8 mm.

Los tratamientos principales fueron: variedades (una precoz y otra semi-precoz), fechas de siembra (una temprana y otra semi-temprana) y dosis de nitrógeno (cero y 150 kg/ha). Además, se agregó un tratamiento sin cultivo y sin aplicación de fertilizantes el que se mantuvo libre de malezas (Cuadro 5). El número total de tratamientos fue nueve.

El diseño estadístico utilizado fue factorial completo.

Cada ensayo contó de 5 bloques, de los cuales dos (bloques A y E), se destinaron a la extracción periódica de muestras de humedad del suelo y de materia seca del cultivo.

Las muestras de humedad del suelo se extrajeron con un barreno tipo holandés y se secaron a 105 °C.

La correlación entre las determinaciones de humedad entre los bloques A y E fue, en 1983, de $r = 0,5$ para las muestras individuales y de 0,93 para el perfil completo; en 1984 estos valores de r fueron respectivamente de 0,87 y 0,93, respectivamente.

Para la nominación de los diversos parámetros hídricos se siguió la nomenclatura y definiciones utilizadas por Doorenbos y otros (1979), como se indica a continuación:

CUADRO 5. Tratamientos del ensayo**TABLE 5. Trial treatments**

Número tratamiento	Variedad	Fechas de siembra		Fertilizante kg N/ha
		1983	1984	
1	Precoz: Aurifén	Temprana: 14 abril	Temprana: 17 abril	0
2	Precoz: Aurifén	Temprana: 14 abril	Temprana: 17 abril	150
3	Precoz: Aurifén	Normal: 25 mayo	Normal: 8 junio	0
4	Precoz: Aurifén	Normal: 25 mayo	Normal: 8 junio	150
5	Semi-precoz: Andifén	Temprana: 14 abril	Temprana: 17 abril	0
6	Semi-precoz: Andifén	Temprana: 14 abril	Temprana: 17 abril	150
7	Semi-precoz: Andifén	Normal: 25 mayo	Normal: 8 junio	0
8	Semi-precoz: Andifén	Normal: 25 mayo	Normal: 8 junio	150
9	Tratamiento suplementario: sin vegetación			0

- E_{pan} = Evaporación de bandeja, Clase A.
 ET_0 = Evapotranspiración potencial o de referencia = $K_{pan} \times E_{pan}$.
 K_{pan} = Coeficiente de cubeta = ET_0/E_{pan} , donde K_{pan} se estimó en 0,8, en base a antecedentes nacionales.
 ET_m = Evapotranspiración máxima.
 K_c = Coeficiente de cultivo = ET_m/ET_0 .
 ET_a = Evapotranspiración real.
 K_y = Factor que relaciona la disminución relativa de rendimiento con la disminución relativa de la evapotranspiración, cuando el único limitante del rendimiento es la humedad.
 p = Porción del agua disponible del suelo que puede agotarse sin afectar la tasa de evapotranspiración máxima.
 Y_m = Rendimiento máximo (sin limitaciones).
 Y_a = Rendimiento esperado cuando la única limitante es el agua.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la interpretación de los resultados hay que considerar que tanto por el aspecto climático (Cuadro 1) como edáfico (cuadros 2, 3 y 4), hubo una mayor disponibilidad de agua en 1984 en comparación con 1983. Asimismo, las cifras de pendiente del suelo y macroporosidad indican que el drenaje tuvo restricciones en el invierno del segundo año.

Agua en el suelo y balance hídrico

En los cuadros 6 y 7 se encuentran los valores de humedad hasta 1,40 m de profundidad medida en las fechas que se indican (hasta el 9 de septiembre de 1983 y hasta el 26 de septiembre en 1984). Hasta dichas fechas la lluvia fue muy superior a la evaporación en ambos años. Las pérdidas de agua se producen por percolación profunda, escorrentía superficial y evapotranspiración. Sin embargo, esta última es pequeña en relación a las dos primeras, tanto porque la evaporación es muy escasa en el invierno como porque, en gran parte de este período las plantas de trigo presentan una baja cobertura de la superficie del terreno. Por dicho motivo, para calcular las pérdidas por percolación profunda más escorrentía superficial en el período invernal, no se comete un gran error si se estima una evapotranspiración real (ET_a) a partir de los antecedentes internacionales que se poseen a este respecto Doorenbos y otros (1979). Se ha calculado la evapotranspiración real, estimando una evapotranspiración de referencia (ET_0) igual a evaporación de bandeja multiplicada por 0,8 y un coeficiente K_c adaptado de los valores de los autores citados, para distintos períodos fenológicos.

Posteriormente a las fechas indicadas la evaporación supera ampliamente a las precipitaciones y las pérdidas de humedad se pueden atribuir íntegramente a la evapotranspiración real (cuadros 8 y 9), ya que en estas condiciones es muy difícil que se produzca percolación profunda o escorrentía superficial.

Los balances hídricos se han totalizado para el conjunto del período de cultivos en los cuadros 10 y 11.

El tratamiento 9, sin vegetación, siguió perdiendo humedad en ambos años después del 9 y 26 de septiembre, respectivamente; estas pérdidas provienen de evaporación directa del suelo y, aunque menores que las cifras ET_a de los tratamientos bajo cultivo, son importantes. Considerando que en el tratamiento 9 se obtuvo una eliminación satisfactoria de las malezas, que el ancho de las parcelas fue de 2 m, con 40 cm libres entre ellas, y que las muestras se tomaron de la parte central, se infiere que estas cifras indican una efectiva pérdida de humedad del suelo, lo que posiblemente está relacionado con un moderado agrietamiento que se produce en estos suelos.

En 1984, todos los tratamientos con N evapotranspiraron más que los sin N; todos los tratamientos en que se incluyó la variedad semi-precoz evapotranspiraron más que los que llevaron la variedad precoz y la siembra normal evapotranspiró más que la temprana. En cambio, en el año más seco (1983), no hubo una tendencia definida.

Las ET_a absolutas primaverales fueron bastante superiores en 1984, lo que se debe al mayor contenido de humedad en el suelo y a mayor desarrollo foliar en ese año.

Porcentualmente, las cifras de pérdidas por percolación profunda + escorrentía superficial y de ET_a , fueron bastante constantes en los dos años y en los diversos tratamientos. Lógicamente las primeras son algo superiores en el año lluvioso (1984). Más de la mitad del agua suministrada se perdió por percolación profunda o escorrentía superficial, lo que contribuye a aumentar la erosión.

En estos balances hídricos no se ha considerado el posible efecto del rocío. Novoa y Letelier (1987) demostraron en los mismos años y localidad que, suprimiendo el rocío, aumentaron los rendimientos y aparentemente también la humedad del suelo. Pero el rocío está asociado con una disminución de la evapotranspiración y, por lo tanto, estaría incluido implícitamente en el balance hídrico.

CUADRO 6. Balance hídrico desde la siembra al 9 septiembre, 1983**TABLE 6. Water balance since seeding till September 9, 1983**

Tratamiento	Período de muestreo	Estado fenológico ¹	Agua inicial en el período + lluvias mm	Agua final en el período mm	Salidas totales de agua mm	K _c	Salida atribuible a evapotranspiración ² (ET _a) mm	Salida atribuible a penetración profunda + escorrentía superficial ³ , mm
1. Aurifén S.14.04 N ₀	14.04-08.06	1 - 2	398	292	106	0,4	35	71
	08.06-29.07	2	699	356	343	0,6	18	325
	29.07-09.09	2 - 3 - 4	499	333	166	0,7	34	132
2. Aurifén S.14.04 N ₁₅₀	14.04-08.06	1 - 2	398	299	99	0,4	35	64
	08.06-29.07	2	706	360	346	0,6	18	328
	29.07-09.09	2 - 3 - 4	502	359	143	0,7	34	109
3. Aurifén S.25.05 N ₀	25.05-29.07	1 - 2	744	386	358	0,4	16	342
	29.07-09.09	2 - 3	528	358	170	0,6	29	141
4. Aurifén S.25.05 N ₁₅₀	25.05-29.07	1 - 2	744	377	367	0,4	16	351
	29.06-09.04	2 - 3	519	317	202	0,6	29	173
5. Andifén S.14.04 N ₀	14.04-08.06	1	398	322	76	0,3	26	50
	08.06-29.07	2	729	372	357	0,5	15	312
	29.07-09.09	2 - 3	514	356	158	0,6	29	129
6. Andifén S.14.04 N ₁₅₀	14.04-08.06	1	398	302	96	0,3	16	70
	08.06-29.07	2	709	364	345	0,5	15	330
	29.07-09.09	2 - 3	506	346	160	0,6	29	131
7. Andifén S.25.05 N ₀	25.05-29.07	1 - 2	744	374	370	0,4	16	354
	29.07-09.09	2 - 3	516	328	188	0,6	29	159
8. Andifén S.25.05 N ₁₅₀	25.05-29.07	1 - 2	744	374	370	0,4	16	354
	29.07-09.09	2 - 3	516	320	196	0,6	29	167
9. Sin vegetación N ₀	14.04-08.06	-	398	295	103	-	-	-
	08.06-29.07	-	702	339	370	-	-	-
	29.07-09.09	-	481	371	110	-	-	-

¹1: Pre-macolla; 2: Macolla; 3: Encañado; 4: Embuche; 5: Espigadura; 6: Anthesis; 7: Grano lechoso; 8: Formación del grano;

9: Maduración.

²ET_a = Evaporación de bandeja x 0,8 x K_c.

³Salidas totales - ET_a.

CUADRO 7. Balance hídrico desde la siembra al 26 septiembre, 1984

TABLE 7. Water balance since seeding till September 26, 1984

Tratamiento	Período de muestreo	Estado fenológico ¹	Agua inicial en el período + lluvias mm	Agua final en el período mm	Salidas totales de agua mm	K _c	Salida atribuible a evapotranspiración ² (ET _a) mm	Salida atribuible a penetración profunda + escorrentía superficial ³ , mm
1. Aurifén S.17.04 N ₀	17.04-25.05	1	541	493	48	0,3	20	28
	25.05-28.06	1 - 2	617	514	103	0,4	9	94
	28.06-26.07	2 - 3	1.033	507	526	0,6	14	512
	26.07-30.08	3 - 4	682	483	199	0,7	31	168
	30.08-26.09	5 - 6	602	503	99	1,1	43	56
2. Aurifén S.17.04 N ₁₅₀	17.04-25.05	1	541	508	33	0,3	20	13
	25.05-28.06	1 - 2	632	539	93	0,4	9	84
	28.06-26.07	2 - 3	1.058	491	567	0,6	14	553
	26.07-30.08	3 - 4	666	476	190	0,7	31	159
	30.08-26.09	5 - 6	595	505	90	1,1	43	47
3. Aurifén S.08.06 N ₀	08.06-26.07	1	1.075	514	561	0,3	4	557
	26.07-30.08	2	689	488	201	0,5	34	167
	30.08-26.09	3 - 4	607	510	97	0,7	27	70
4. Aurifén S.08.06 N ₁₅₀	08.06-26.07	1	1.075	499	576	0,3	4	572
	26.07-30.08	2	674	458	216	0,5	34	182
	30.08-26.09	3 - 4	577	492	85	0,7	27	58
5. Andifén S.17.04 N ₀	17.04-25.05	1	541	501	40	0,3	20	20
	25.05-28.06	1 - 2	625	510	115	0,4	9	106
	28.06-26.07	2	1.029	510	519	0,6	14	505
	26.07-30.08	2 - 3	685	469	216	0,7	31	185
	30.08-26.09	3 - 4	588	509	79	0,7	27	52
6. Andifén S.17.04 N ₁₅₀	17.04-25.05	1	541	484	57	0,3	20	37
	25.05-28.06	1 - 2	608	516	92	0,4	9	83
	28.06-26.07	2	1.035	499	536	0,6	14	522
	26.07-30.08	2 - 3	674	475	199	0,7	31	168
	30.08-26.09	3 - 4	594	518	76	0,7	27	49
7. Andifén S.08.06 N ₀	08.06-26.07	1	1.075	503	572	0,4	5	567
	26.07-30.08	1 - 2	678	492	186	0,5	34	152
	30.08-26.04	2 - 3	611	497	114	0,7	27	87
8. Andifén S.08.06 N ₁₅₀	08.06-26.07	1	1.075	501	574	0,4	5	569
	26.07-30.08	1 - 2	676	482	194	0,5	34	160
	30.08-26.09	2 - 3	601	496	105	0,7	27	78
9. Sin vegetación N ₀	17.04-25.05	-	541	498	43	-	-	-
	25.05-28.06	-	622	517	105	-	-	-
	28.06-26.07	-	1.036	523	513	-	-	-
	26.07-30.08	-	698	486	212	-	-	-
	30.08-26.09	-	605	502	103	-	-	-

¹1: Pre-macolla; 2: Macolla; 3: Encañado; 4: Embuche; 5: Espigadura; 6: Antesis; 7: Grano lechoso; 8: Formación del grano; 9: Maduración.

²ET_a = Evaporación de bandeja x 0,8 x K_c.

³Salidas totales - ET_a.

CUADRO 8. Balance hídrico desde el 9 de septiembre a la cosecha 1983**TABLE 8. Water balance since September 9 till harvest, 1983**

Tratamiento	Período de muestreo	Estado fenológico ¹	Agua inicial + lluvias mm	Agua al final del período mm	Salidas totales ² (ET _a) mm
1. Aurifén	09.09-20.10	5 - 6 - 7	363	278	85
S.14.04	20.10-10.11	7 - 8	283	245	38
N ₀	10.11-21.12	9	245	220	20
2. Aurifén	09.09-20.10	5 - 6 - 7	389	273	116
S.14.04	20.10-10.11	7 - 8	278	239	39
N ₁₅₀	10.11-21.12	9	239	216	23
3. Aurifén	09.09-20.10	4 - 5 - 6	388	288	100
S.25.05	20.10-10.11	7 - 8	293	244	49
N ₀	10.11-21.12	9	244	197	47
4. Aurifén	09.09-20.10	4 - 5 - 6	347	261	86
S.25.05	10.10-10.11	7 - 8	266	215	51
N ₁₅₀	10.11-21.12	9	215	198	17
5. Andifén	09.09-20.10	4 - 5	386	284	102
S.14.04	20.10-10.11	6 - 7	289	248	41
N ₀	10.11-21.12	8 - 9	248	207	41
6. Andifén	09.09-20.10	4 - 5	376	259	117
S.14.04	20.10-10.11	6 - 7	264	229	35
N ₁₅₀	10.11-21.12	8 - 9	229	206	23
7. Andifén	09.09-20.10	3 - 4	358	277	81
S.25.05	20.10-10.11	5 - 6	283	230	53
N ₀	10.11-21.12	7 - 8 - 9	230	203	27
8. Andifén	09.09-20.10	3 - 4	350	242	108
S.25.05	20.10-10.11	5 - 6	247	224	23
N ₁₅₀	10.11-21.12	7 - 8 - 9	224	173	51
9. Sin vegetación	09.09-20.10	-	401	324	77
N ₀	20.10-10.11	-	329	296	33
	10.11-21.12	-	296	256	40

¹Ver Cuadro 6.²En el tratamiento 9 las cifras ET_a corresponden a evaporación del suelo.

CUADRO 9. Balance hídrico desde el 26 de septiembre a la cosecha 1984

TABLE 9. Water balance since September 26 till harvest, 1983

Tratamiento	Período de muestreo	Estado fenológico ¹	Agua inicial + lluvias mm	Agua al final del período mm	Salidas totales ² (ET _a) mm
1. Aurifén S.17.04 N ₀	26.09-25.10	6 - 7	520	458	62
	25.10-06.12	7 - 8 - 9	517	436	81
2. Aurifén S.17.04 N ₁₅₀	26.09-25.10	6 - 7	522	442	80
	25.10-06.12	7 - 8 - 9	501	416	85
3. Aurifén S.08.06 N ₀	26.09-25.10	4 - 5	527	423	104
	25.10-06.12	6 - 7 - 8	482	358	124
	06.12-07.01	9	358	345	13
4. Aurifén S.08.06 N ₁₅₀	26.09-25.10	4 - 5	509	404	105
	25.10-06.12	6 - 7 - 8	463	326	137
	06.12-07.01	9	326	304	22
5. Andifén S.17.04 N ₀	26.09-25.10	4 - 5	526	407	119
	25.10-06.12	6 - 7 - 8	466	342	124
	06.12-07.01	9	342	329	13
6. Andifén S.17.04 N ₁₅₀	26.09-25.10	4 - 5	535	434	101
	25.10-06.12	6 - 7 - 8	493	352	141
	06.12-07.01	9	352	322	30
7. Andifén S.08.06 N ₀	26.09-25.10	3 - 4	514	419	95
	25.10-06.12	5 - 6 - 7	478	358	120
	06.12-07.01	8 - 9	358	312	46
8. Andifén S.08.06 N ₁₅₀	26.09-25.10	3 - 4	513	401	112
	25.10-06.12	5 - 6 - 7	460	303	157
	06.12-07.01	8 - 9	303	282	21
9. Sin vegetación N ₀	26.09-25.10	-	519	469	50
	25.10-06.12	-	528	420	108
	06.12-07.01	-	420	332	88

¹Ver Cuadro 6.²En el tratamiento 9 las cifras ET_a corresponden a evaporación del suelo.

CUADRO 10. Resumen de balances hídricos, 1983

TABLE 10. Summary of water balances, 1983

Tratamiento	Agua suministrada ¹ mm	Salidas totales mm	Perco- lación profunda + esco- rrentia super- ficial mm	ET _a esti- mada hasta el 9 sept. mm	ET _a desde el 9 sept. hasta cosecha mm	Total ET _a mm	Agua restante en el suelo al final del cultivo mm	% del agua suministrada		
								Penetra- ción profunda + esco- rrentia super- ficial ET _a	Agua restante en el suelo al final del cultivo	
1. Aurifén S.14.04 N ₀	982	758	528	87	143	230	220	54	23	22
2. Aurifén S.14.04 N ₁₅₀	982	766	501	87	178	265	216	51	27	22
3. Aurifén S.25.05 N ₀	921	724	483	45	196	241	197	52	26	21
4. Aurifén S.25.05 N ₁₅₀	921	723	524	45	154	199	198	57	22	21
5. Andifén S.14.04 N ₀	982	775	491	70	184	254	207	50	26	21
6. Andifén S.14.04 N ₁₅₀	982	776	531	70	175	245	206	54	25	21
7. Andifén S.25.05 N ₀	921	719	513	45	161	206	203	56	22	22
8. Andifén S.25.05 N ₁₅₀	921	748	521	45	182	227	173	57	25	19
9. Sin vegetación ² N ₀	982	733	-	-	150	-	256	75		26

¹Agua inicial + lluvia; Siembra 14.04 = 292 mm + 690 mm; Siembra 25.05 = 302 mm + 619 mm.²Desde el 14.04. En tratamiento 9, ET_a equivale a evaporación del suelo.

CUADRO 11. Resumen de balances hídricos, 1984

TABLE 11. Summary of water balances, 1984

Tratamiento	Agua suministrada ¹ mm	Salidas totales mm	Percolación profunda + escoorrentia superficial mm	ET _a estimada hasta el 9 sept. mm	ET _a desde el 9 sept. hasta cosecha mm	Total ET _a mm	Agua restante en el suelo al final del cultivo mm	% del agua suministrada		
								Penetración profunda + escoorrentia superficial ET _a	Agua restante en el suelo al final del cultivo	
1. Aurifén S.17.04 N ₀	1.554	1.118	858	117	143	260	436	55	17	28
2. Aurifén S.17.04 N ₁₅₀	1.554	1.138	856	117	165	282	416	55	18	27
3. Aurifén S.08.06 N ₀	1.445	1.100	794	65	241	306	345	55	21	24
4. Aurifén S.08.06 N ₁₅₀	1.445	1.141	812	65	264	329	304	56	23	21
5. Andifén S.17.04 N ₀	1.554	1.225	868	101	256	357	329	56	23	21
6. Andifén S.17.04 N ₁₅₀	1.554	1.232	859	101	272	373	322	55	24	21
7. Andifén S.08.06 N ₀	1.445	1.133	806	66	261	327	312	56	23	22
8. Andifén S.08.06 N ₁₅₀	1.445	1.163	807	66	290	356	282	56	25	20
9. Sin vegetación ² N ₀	1.554	1.222	-	-	246	-	332	79		21

¹Agua inicial + lluvias; Siembra 17.04 = 441 mm + 1.113 mm; Siembra 08.06 = 509 mm + 936 mm.

²Desde el 17.04. En tratamiento 9, ET_a equivale a evaporación del suelo.

Contribución de las capas profundas del suelo al agotamiento de la humedad

En los cuadros 12 y 13 se indica el agotamiento de la humedad primaveral entre 0 y 60 cm y entre 60 y 120 cm de profundidad. El mayor agotamiento de la humedad de los tratamientos 1 a 8, entre 60 y 120 cm, con respecto al tratamiento 9 sin vegetación, señala la presencia de raíces activas a esta

profundidad. Esto fue especialmente notorio en año húmedo 1984, con excepción de la variedad Aurifén que parece haber sido afectada negativamente en su arraigamiento profundo por el exceso de humedad; otra explicación puede ser que Aurifén, al detener más temprano su desarrollo, no tuvo oportunidad de explorar el subsuelo con su sistema radical.

CUADRO 12. Disminución de la humedad del suelo entre el 9 septiembre y el 21 de diciembre de 1983

TABLE 12. Decrease of water content since September 9 to December 21, 1983

Tratamiento	Disminución humedad, mm	
	0-60 cm	60-120 cm
1. Aurifén - 14.04 N ₀	64	36
2. Aurifén - 14.04 N ₁₅₀	85	37
3. Aurifén - 25.05 N ₀	86	56
4. Aurifén - 25.05 N ₁₅₀	77	32
5. Andifén - 14.04 N ₀	78	53
6. Andifén - 14.04 N ₁₅₀	72	45
7. Andifén - 25.05 N ₀	77	30
8. Andifén - 25.05 N ₁₅₀	82	37
9. Sin vegetación N ₀	66	35
Promedio tratamientos 1 al 8	77,6	40,7

CUADRO 13. Disminución de la humedad del suelo entre el 26 septiembre y el 6 de diciembre de 1984

TABLE 13. Decrease of water content since September 26 to December 6, 1984

Tratamiento	Disminución humedad, mm	
	0-60 cm	60-120 cm
1. Aurifén - 17.04 N ₀	46	17
2. Aurifén - 17.04 N ₁₅₀	62	23
3. Aurifén - 08.06 N ₀	103	45
4. Aurifén - 08.06 N ₁₅₀	91	65
5. Andifén - 17.04 N ₀	98	55
6. Andifén - 17.04 N ₁₅₀	89	64
7. Andifén - 08.06 N ₀	88	48
8. Andifén - 08.06 N ₁₅₀	104	73
9. Sin vegetación N ₀	65	16
Promedio tratamientos 1 al 8	85,1	48,7

Relaciones evapotranspiración real/evaporación de referencia

Cuando no hay deficiencias de humedad ni otros factores limitantes, ET_a debe ser igual a ET_m . Por lo tanto, la relación ET_a/ET_0 debe acercarse a K_c en la medida en que no haya factores limitantes.

En los cuadros 14 y 15 se indican las relaciones ET_a/ET_0 para cada variedad y fecha de siembra, en los diversos períodos fenológicos del cultivo, y se comparan con valores de K_c adaptados de Doorenbos y otros (1979).

En 1984 estas relaciones se asemejan mucho a los K_c indicados por dicha publicación. En 1983, la relación ET_a/ET_0 es menor que las K_c entre espigadura y grano lechoso de la variedad Andifén, lo que indicaría un estrés hídrico u otra limitación en dicho período.

Humedad del suelo en diversas fechas en relación a su capacidad para contener agua en forma aprovechable

Según Doorenbos y otros (1979), la fracción del agua aprovechable del suelo que puede agotarse en un período fenológico del cultivo sin afectar el rendimiento, depende del valor de ET_m y de la especie cultivada. Esta parte de la capacidad de retención de agua disponible se denomina fracción "p". Los valores de "p" encontrados en estos ensayos se indican en los cuadros 16, 17, 18 y 19. Durante el período de mayor riesgo hídrico, aproximadamente desde el 20 de octubre adelante, los valores de ET_m en Hidango son aproximadamente de 4 mm/día. Para este valor de ET_m y para el trigo, Doorenbos y otros (1979), señalan para "p" un valor mínimo de 0,575, lo que indica que en el mes de octubre la disponibilidad de agua entre 0 y 60 cm de profundidad fue deficitaria en ambos años, pero especialmente crítica en el año más seco (1983). Entre 60 y 120 cm no hubo limitaciones en 1984, pero sí las hubo notablemente en 1983. Esta limitación ha sido tanto más importante cuanto que ella ha coincidido con el período espigadura-antesis.

También se observa en los cuadros 18 y 19 que las fracciones "p" son notoriamente más pequeñas en los meses primaverales, dentro de los tratamientos con cultivo que en el tratamiento 9, sin vegetación, con la excepción de los tratamientos 1 y 2 entre 0 y 60 cm, en 1984. Esto corrobora lo indicado en los cuadros 12 y 13, en el sentido que las capas del suelo entre 60 y 120 cm de profundidad han contribuido en proporcionar agua al cultivo, señalando que las raíces que se encuentran en estas estratas son activas.

CUADRO 14. Relaciones ET_a/ET_0 desde el 9 de septiembre, 1983**TABLE 14. Values of ET_a/ET_0 since September 9, 1983**

Siembra 15 abril							
Período	Aurifén + 150 kg N			Andifén + 150 kg N			
	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	
09.09-20.10	Espigadura a grano lechoso	0,91	1,00	Embuche a espigadura	1,00	1,10	
20.10-10.11	Grano lechoso a formación grano	0,49	0,65	Antesis a grano	0,44	0,80	
10.11-21.12	Maduración	0,13	0,25	Formación de grano a maduración	0,13	0,30	
Siembra 25 mayo							
Período	Aurifén + 150 kg N			Andifén + 150 kg N			Sin vege-tación
	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Evap. suelo/ ET_0
09.09-20.10	Embuche a antesis	0,81	1,10	Encañado a embuche	1,02	0,70	0,73
20.10-10.11	Grano lechoso a formación grano	0,65	0,65	Espigadura a antesis	0,29	1,10	0,42
10.11-21.12	Maduración	0,10	0,25	Formación de grano a maduración	0,29	0,40	0,22

¹Adaptado de Doorenbos y otros (1979).**CUADRO 15. Relaciones ET_a/ET_0 desde el 26 de septiembre, 1984****TABLE 15. Values of ET_a/ET_0 since September 26, 1984**

Siembra 17 abril							
Período	Aurifén + 150 kg N			Andifén + 150 kg N			
	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	
26.09-25.10	Antesis a grano lechoso	0,88	0,80	Embuche a espigadura	1,11	1,10	
25.10-06.12	Grano lechoso a maduración	0,50	0,45	Antesis a formación grano	0,83	0,75	
06.12-07.01				Maduración	0,20	0,25	
Siembra 25 mayo							
Período	Aurifén + 150 kg N			Andifén + 150 kg N			Sin vege-tación
	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Estado fenológico	ET_a/ET_0	K_c^1	Evap. suelo/ ET_0
26.09-25.10	Embuche a espigadura	1,15	1,10	Encañado a embuche	1,23	0,70	0,55
25.10-06.12	Antesis a formación grano	0,81	0,75	Espigadura a grano lechoso	0,93	1,90	0,64
06.12-07.01	Maduración	0,14	0,25	Formación de grano a maduración	0,14	0,45	0,58

¹Adaptado de Doorenbos y otros (1979).

CUADRO 16. Fracción del agua aprovechable del suelo entre 0 y 60 cm en diversas fechas, 1983**TABLE 16. Fraction of available water in the soil from 0 to 60 cm at different dates, 1983**

Tratamiento	Fechas							Período espigadura- antesis
	14.04	08.06	29.07	09.09	20.10	10.11	21.12	
1. Aurifén 15.04 N ₀	0,34	0,63	0,96	0,69	0,23	0,09	0,00	10.09-10.10
2. Aurifén 15.04 N ₁₅₀	0,35	0,55	0,81	0,89	0,04	0,05	0,00	10.09-10.10
3. Aurifén 25.05 N ₀			0,85	0,79	0,22	0,00	0,00	30.09-20.10
4. Aurifén 25.05 N ₁₅₀			0,86	0,70	0,11	0,00	0,00	30.09-20.10
5. Andifén 15.04 N ₀	0,35	0,73	0,84	0,73	0,11	0,00	0,00	10.10-01.11
6. Andifén 15.04 N ₁₅₀	0,35	0,43	0,63	0,68	0,05	0,00	0,00	10.10-01.11
7. Andifén 25.05 N ₀			0,58	0,71	0,20	0,05	0,00	20.10-15.11
8. Andifén 25.05 N ₁₅₀			0,55	0,64	0,02	0,00	0,00	20.10-15.11
9. Sin vegetación N ₀	0,35	0,45	0,60	0,84	0,45	0,35	0,07	-

CUADRO 17. Fracción del agua aprovechable del suelo entre 0 y 60 cm en diversas fechas, 1984**TABLE 17. Fraction of available water in the soil from 0 to 60 cm at different dates, 1984**

Tratamiento	Fechas								Período espigadura- antesis
	25.05	28.06	26.07	30.08	26.09	25.10	06.12	07.01	
1. Aurifén 17.04 N ₀	0,82	0,94	0,81	0,65	0,81	0,51	0,41		10.11-20.10
2. Aurifén 17.04 N ₁₅₀	0,90	1,04	0,78	0,69	0,87	0,36	0,32		10.09-20.10
3. Aurifén 08.06 N ₀			0,84	0,72	0,84	0,27	0,00	0,00	15.10-10.11
4. Aurifén 08.06 N ₁₅₀			0,81	0,57	0,76	0,22	0,00	0,00	15.10-10.11
5. Andifén 17.04 N ₀	0,80	0,87	0,83	0,63	0,89	0,25	0,03	0,00	20.10-10.11
6. Andifén 17.04 N ₁₅₀	0,77	0,94	0,79	0,65	0,92	0,35	0,13	0,00	20.10-10.11
7. Andifén 08.06 N ₀			0,84	0,71	0,82	0,27	0,04	0,00	30.10-15.11
8. Andifén 08.06 N ₁₅₀			0,81	0,69	0,78	0,21	0,00	0,00	30.10-15.11
9. Sin vegetación N ₀	0,84	0,92	0,91	0,76	0,81	0,59	0,24	0,00	-

CUADRO 18. Fracción del agua aprovechable del suelo entre 60 y 120 cm en diversas fechas, 1983**TABLE 18. Fraction of available water in the soil from 60 to 120 cm depth at different dates, 1983**

Tratamiento	Fechas							Período espigadura- antesis
	14.04	08.06	29.07	09.09	20.10	10.11	21.12	
1. Aurifén 15.04 N ₀	0,43	0,27	0,60	0,55	0,45	0,21	0,15	10.09-10.10
2. Aurifén 15.04 N ₁₅₀	0,43	0,41	0,71	0,59	0,52	0,25	0,17	10.09-10.10
3. Aurifén 25.05 N ₀			0,93	0,70	0,49	0,33	0,08	30.09-20.10
4. Aurifén 25.05 N ₁₅₀			0,81	0,40	0,38	0,10	0,03	30.09-20.10
5. Andifén 15.04 N ₀	0,43	0,48	0,79	0,73	0,58	0,31	0,13	10.10-01.11
6. Andifén 15.04 N ₁₅₀	0,43	0,50	0,88	0,64	0,35	0,24	0,14	10.10-01.11
7. Andifén 25.05 N ₀			0,98	0,46	0,40	0,15	0,12	20.10-15.11
8. Andifén 25.05 N ₁₅₀			1,09	0,40	0,22	0,13	0,00	20.10-15.11
9. Sin vegetación N ₀	0,43	0,44	0,72	0,75	0,74	0,58	0,35	-

CUADRO 19. Fracción del agua aprovechable del suelo entre 60 y 120 cm en diversas fechas, 1984**TABLE 19. Fraction of available water in the soil from 60 to 120 cm depth at different dates, 1984**

Tratamiento	Fechas							Período espigadura- antesis	
	25.05	28.06	26.07	30.08	26.09	25.10	06.12		07.01
1. Aurifén 17.04 N ₀	1,00	0,90	0,96	0,91	0,92	0,84	0,77		10.09-20.10
2. Aurifén 17.04 N ₁₅₀	0,87	1,03	0,88	0,85	0,89	0,85	0,70		10.09-20.10
3. Aurifén 08.06 N ₀			0,98	0,88	0,92	0,77	0,55	0,46	15.10-10.11
4. Aurifén 08.06 N ₁₅₀			0,92	0,83	0,89	0,71	0,34	0,34	15.10-10.11
5. Andifén 17.04 N ₀	0,92	0,95	0,96	0,83	0,91	0,69	0,45	0,38	20.10-10.11
6. Andifén 17.04 N ₁₅₀	0,83	0,92	0,89	0,87	0,94	0,76	0,40	0,34	20.10-10.11
7. Andifén 08.06 N ₀			0,89	0,93	0,88	0,73	0,48	0,37	30.10-15.11
8. Andifén 08.06 N ₁₅₀			0,92	0,88	0,91	0,67	0,29	0,24	30.10-15.11
9. Sin vegetación N ₀	0,91	0,94	0,97	0,88	0,93	0,86	0,80	0,51	-

RESUMEN

Se estudió la economía del agua en dos ensayos factoriales, utilizando variedades de trigo de secano durante 1983 y 1984 en el secano costero de la VI Región de Chile, sector caracterizado por un clima mediterráneo marino y suelo predominantemente arcilloso.

Los factores estudiados fueron: variedad (precoz vs. semi-precoz), fecha de siembra (temprana vs. normal) y fertilización nitrogenada (0 vs. 150 kg/ha de N).

En el período de cultivo, la lluvia fue de 690 mm en 1983 y de 1.113 en 1984 y la evaporación de bandeja de 660 y 764 mm, respectivamente.

Otras variables medidas en 1983 y 1984, tuvieron los siguientes valores, en forma respectiva:

El suelo utilizado en el ensayo de 1983 tuvo una capacidad para retener agua aprovechable de 208 mm y el utilizado en 1984, de 268 mm.

Las pérdidas por percolación, más escorrentía superficial, totalizaron un promedio de 54 y 55% del agua total suministrada.

La evapotranspiración desde fines de invierno hasta la cosecha en los tratamientos con N fue, en promedio, de 172 y de 248 mm.

La evaporación primaveral en las parcelas testigo sin vegetación fue de 150 y de 246 mm.

Las relaciones ET_a/ET_0 se asemejan mucho a los K_c indicados por Doorenbos y otros (1979) en el año más lluvioso (1984), excepto en el período de maduración del grano, lo que indica que en ese año el cultivo no sufrió déficit hídrico de importancia. En cambio, en el año más seco (1983), ET_a/ET_0 fue notoriamente inferior a K_c en la variedad semi-precoz durante el período entre espigadura y formación de grano, lo que indica que el desarrollo del cultivo habría sido afectado por el déficit hídrico en esa época.

LITERATURA CITADA

- AASE, J.K. and SIDDOWNAY, F.H. 1982. Evaporative flux from wheat and fallow in a semi-arid climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 619-626.
- AZZI, GIROLAMO. 1959. *Ecología Agraria*. Salvat, Editores. Barcelona, España. 449 p.
- BAUER, A. and BLACK, A.L. 1989. Soil water use by plant development stage of spring and winter wheat. *North Dakota Agric. Exp. St. Bull* 519: 16.
- BLACK, C.A. 1968. *Soil-plant relationships*. John Wiley and Sons. New York, p.: 90-92.
- BROWN, PAUL L. 1971. Water use and soil depletion by dryland winter wheat as affected by nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 63: 43-46.
- CAGLEVIC D., MILAN. 1982. Septorios en la hoja de trigo. *Investigación y Progreso Agropecuario, Estación Experimental La Platina*, N° 14: 26-29.
- CAMPBELL, W.A. and HENDRIX, JR. F.F. 1971. Diseases of feeder roots. In: E.W. Corson (ed.). *The plant root and its environment*. Virginia Polytechnic Inst. and State Univ. p.: 219-237.
- CAMPBELL, C.A., DAVIDSON, H.R. and WARDER, F.G. 1977a. Yield components, protein content and N accumulation in the above ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* 57: 311-327.
- CAMPBELL, C.A., CAMERON, D.R., NICOLAICHUCK, W. and DAVIDSON, H.R. 1977b. Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* 57: 289-310.
- CANELL, R.Q., BELFORD, K., GALES, K., DENNIS, C.W. and PREW, R.D. 1980. Effects of waterlogging at different stages of development on the growth and yield of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31: 117-132.
- CORTAZAR S., RENE. 1947. Ensayos de riego en trigo. *Agricultura Técnica (Chile) Vol. VII (1)*: 5-19.
- DEMOLON, A. 1950. *Croissance des vegetaux cultives*. Dunod (ed.), Paris. p.: 101-102.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A.H., BENTRELSSEN, C.L.M., BRANSCHIED, V., PLUSJE, J.M.G.A., SMITH, M., VITTENBOGARD, G.O. and VAN DER VAL, H.K. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos; Estudio FAO: Riego y Drenaje 33. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 181 p.
- GASTO G., JUAN. 1966. Variación de las precipitaciones anuales en Chile. Universidad de Chile, Fac. Agronomía, Est. Exp. Agronómica. *Boletín Técnico* 24: 1-20.
- INIA-INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, CHILE. 1970. *Investigación Agropecuaria*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. p.: 376-377.

- LETELIER A., ELIAS. 1988. Efecto de las lluvias invernales sobre el manejo del cultivo del trigo en el secano costero de la VI Región de Chile. En: Juan Puignau (ed.). Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur (IICA/BID/PROCISUR). Diálogo. XXIV: 77-94.
- LETELIER A., ELIAS y NOVOA S.-A., RAFAEL. 1982. Adición de carbón activado y oxidantes a un suelo de terrazas marinas y su efecto sobre la germinación del trigo. Agricultura Técnica (Chile) 42: 323-328.
- LETELIER A., ELIAS y TORTELLO M., LIDO. 1990. Ensayos de variedades de trigo, por fechas de siembra, por aplicación de fungicidas, en el secano marítimo de la VI Región de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 50: 93-103.
- LETELIER A., ELIAS. 1982. Medición de la densidad aparente del suelo por medio de la capilaridad. Agricultura Técnica (Chile) 42: 77-78.
- NOVOA S.-A., RAFAEL y LETELIER A., ELIAS. 1987. Efecto del rocío en la economía del agua del suelo y en la producción de trigo bajo condiciones de secano. Agricultura Técnica (Chile) 47: 299-301.
- NOVOA S.-A., RAFAEL, VILLASECA C., SERGIO, DEL CANTO S., PEDRO, ROUANET M., JUAN L., SIERRA B., CARLOS y DEL POZO L., ALEJANDRO. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Rafael Novoa S.-A. y Sergio Villaseca C. (ed.). p.: 26-181.
- PAPADAKIS, JUAN. 1954. Ecología de los cultivos, Tomo II, Ecología especial. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Buenos Aires, Argentina. p.: 9-14.
- PEARMAN, I., THOMAS, SUSAN M. and THORNE, GILLIAN N. 1977. Effects of nitrogen Fertilizer on Growth and yield of Spring Wheat. Ann. Bot. 41: 93-108.
- PEARSON, ROBERT W. 1974. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. In: E.W. Carson (ed.). The plant root and its environment: 247-270.
- RAMIREZ A., IGNACIO and CAGLEVIC D, MILAN. 1983. Septoria leaf blotch in Chile. In: A.L. Schasen (ed.). Septoria of cereals. Proceedings of the Workshop Held at Montana State University. p.: 42-44.
- RUSSELL, SIR E. JOHN. 1950. Soil conditions and plant growth. Longmans, Green and Co. (ed.). Londres, Inglaterra, p.: 365-367.
- TURNER, N.C. and BEGG, J.E. 1981. Plant water relations and adaptation to stress. Plant and Soil. 58: 97-131.
- WILLIAMS, T.E. 1968. Root activity of perennial grass swards. In: W.J. Whittington (ed.). Root growth. University of Nottingham School of Agriculture. Great Britain. p.: 270-278.