

Eficiencia y consumo de agua en una pradera artificial (zona semiárida)

F. RIBAS, A. BLANCO DE PABLOS y M. TAPIA

(Con la colaboración técnica de M. MARTIN y A. RINCON)

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. C.S.I.C.

RESUMEN:

En el trabajo se determina la eficiencia del agua de riego cuando se aplica a una pradera artificial con siete dosis diferentes. Asimismo se determina, mediante balances hídricos, la evolución del agua en el Perfil del suelo y se compara la ETR de cada tratamiento con la obtenida con lisímetros, porómetro y mediante balances energéticos.

En la planta se miden la transpiración y la resistencia estomática, para cada tratamiento. Mientras que la transpiración se ve afectada en cada tratamiento de riego únicamente en su magnitud, la resistencia estomática es afectada además en la velocidad de respuesta de los estomas.

PALABRAS CLAVE:

EFICIENCIA, EVAPOTRANSPIRACION, BALANCES HIDRICOS Y ENERGETICOS, RESISTENCIA ESTOMATICA.

INTRODUCCION:

La explotación del agua por el hombre, con fines de producción, se remonta a los orígenes de la historia. Pero los grandes volúmenes empleados en la actualidad hacen necesaria su utilización racional. Ello implica un mejor conocimiento de los mecanismos en causa y supone un esfuerzo de investigación muy diversificado. El conocimiento de las reservas de

agua y sus fluctuaciones, orientan sobre los sistemas de producción más adecuados, la utilización del espacio y la intensidad de las transformaciones que el hombre puede imponer a su medio natural.

Trabajos realizados sobre el tema demuestran cómo estudios relativamente analíticos y fundamentales permiten la mejor utilización del espacio e integrar las fluctuaciones del medio climático, en especial si se toman en consideración las diferentes limitaciones socio-económicas (BLANCO DE PABLOS *et al.* 1974).

El agua en el suelo

El agua en el suelo se puede encontrar en estado sólido, líquido o gaseoso, pero es el estado líquido el que realmente tiene importancia para la alimentación hídrica de las plantas.

Si el agua puede drenar en un suelo saturado, se establece un equilibrio llegando a lo que se conoce con el nombre de Capacidad de Campo (C.C.), que corresponde a un potencial de agua en el suelo aproximado de -0.3 at.

Cuando el suelo se va secando, el potencial crece, en valor absoluto llegándose al Punto de Marchitez Permanente (P.M.) por estar ligado a fenómenos biológicos como la marchitez de las plantas. Este punto se establece con un potencia aproximado de -16 at., aunque depende de la especie vegetal que se trate.

Desde el punto de vista agronómico, uno de los aspectos más importantes es la determinación del punto de marchitez permanente y el de la capacidad de campo. La diferencia entre estos dos puntos dará la Reserva Util (R.U.) que es la cantidad de agua presente en el suelo, que puede ser absorbida por las plantas. Por esto, es conveniente hacer estudios sobre los fenómenos que influyen en estos puntos, así como de la facilidad que tienen los suelos en ceder el agua a los vegetales (RITCHIE, 1981).

Los trabajos sobre la disponibilidad hídrica de los suelos se deben realizar en el campo, ya que los resultados pueden ser considerablemente distintos a los obtenidos en el laboratorio (REID *et al.* 1984). La forma más adecuada de efectuar estos estudios es realizando balances hídricos, bien con evapotranspirómetros o haciendo perfiles de humedad y de tensiones.

A menudo se piensa que la única influencia que tiene el agua del suelo sobre los vegetales es en cuanto a su alimentación hídrica, sin embargo, también un exceso de humedad tiene gran influencia en las condiciones de tempero y aireación de los suelos, lo que a su vez repercute en los cultivos (PAZ GONZALEZ *et al.* 1976).

No todos los suelos tienen la misma capacidad de retención de agua. En esta capacidad influye mucho su textura y composición. Cuanto más arcilloso sea un suelo, mayor es la cantidad de agua que puede tener a capacidad de campo. Al contrario, cuanto más arenoso sea el suelo, menor es esta cantidad. Sin embargo, si el suelo es muy arcilloso, el punto

de marchitez se alcanza con un mayor contenido de agua que si el suelo es arenoso. Por tanto, la mayor reserva no se consigue en los suelos predominantemente arcillosos, sino en los de tipo franco-limosos, que aunque tiene menor capacidad de campo, alcanzan el punto de marchitez a un nivel inferior (DOMINGUEZ, 1984).

Este efecto se explica por la mayor superficie activa y la mayor cantidad de capilares en los suelos arcillosos, que provocan una caída muy rápida del potencial de agua.

Por último, hay que tener en cuenta la importancia que tiene la textura del suelo en los flujos de drenaje y de capilaridad. Los suelos arcillosos, por tener capilares muy finos, pueden tener un flujo capilar (ascendente) desde la capa freática, aunque ésta se encuentre muy distante, pero este aporte es muy lento y poco práctico para la planta. Sin embargo, en los suelos arenosos los capilares son más anchos, por tanto la distancia al punto donde pueden tomar el agua es menor, el aporte es más rápido y en mayor cantidad, aunque en períodos muy breves.

Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera

El movimiento del agua a través de su ciclo se produce como consecuencia de la diferencia de potenciales. Como norma general, la mayor demanda la produce la atmósfera, haciendo que pase el agua del suelo y las plantas a vapor de agua que se difunde en ésta.

Cuando el agua pasa de las hojas a la atmósfera, se desencadena un complejo mecanismo; la evaporación de agua provoca un aumento en la presión osmótica y, por tanto, del potencial del agua en las mismas. Hay entonces una demanda de agua en los tallos y hojas que se transmite a las raíces que toman el agua del suelo, produciéndose un flujo desde éste a la atmósfera pasando por la planta.

Por tanto, se puede afirmar que la regulación principal de la pérdida de agua del suelo y las plantas la realiza la atmósfera según sean las condiciones climáticas, que se traducen en una mayor o menor demanda de agua, mientras que la función principal del suelo consiste en actuar como reservorio y medio de transporte de la misma.

Aparentemente, y desde el punto de vista hidrodinámico, las plantas quedarían relegadas a la función de vía alternativa para el paso de agua del suelo a la atmósfera, sin que éstas realizasen regulación alguna en el ciclo. Solamente se produce algo parecido cuando el suelo tiene agua suficiente para suministrar a las plantas; a medida que éstas la ceden a la atmósfera, pero incluso en este caso, la propia velocidad de succión de las raíces y las resistencias internas de las plantas imponen ciertas restricciones a este paso de agua, de tal forma que, si la demanda atmosférica es muy fuerte, aunque no haya déficit de alimentación hídrica en el suelo, las plantas cierran los estomas, disminuyendo la transpiración con el fin de que los tejidos no se deshidraten (ASTON, 1973). Esto es debido a que el flujo posible a través de las raíces es insuficiente.

Si la cantidad de agua que hay en el suelo es limitante para la planta, ésta también realiza su propia regulación mediante el cierre estomático (IDSO, 1983).

Desde el punto de vista de la Agronomía y la Ecología, la fase más interesante del ciclo del agua es su paso a través de los vegetales.

Este paso continuo de agua por las plantas, permite que éstas mantengan los estomas abiertos sin que se deshidraten sus tejidos, a la vez que una pequeña parte de este agua es fijado mediante la fotosíntesis en la elaboración de materia orgánica, junto al CO₂ que las plantas toman por los estomas.

En los últimos años, se vienen realizando numerosos trabajos con porómetro, ya que este aparato puede medir directamente la resistencia estomática. Esta medida puede ser un buen indicador del stress hídrico de la planta (IDSO *et al.* 1982); FISCUS *et al.* 1984). Asimismo, el porómetro ha sido empleado en la medida directa de la transpiración de los vegetales y su relación con distintas condiciones microclimáticas y de alimentación hídrica (BLANCO DE PABLOS, 1978); CARTER *et al.* 1983; BLANCO DE PABLOS *et al.* 1986).

Este método es el que mejor permite relacionar la respuesta de los cultivos frente a distintas condiciones edafoclimáticas, así como la variación que presenta este comportamiento tanto en el espacio como en el tiempo (KATERJI *et al.* 1983). Sin embargo, es un método en el que las medidas son muy localizadas y a veces presenta problemas a la hora de extrapolar los resultados a un cultivo entero, sobre todo si la distribución de los individuos no es muy homogénea, por lo que es principalmente útil en estudios en cámaras de crecimiento, donde se relacionan los cambios fisiológicos de las plantas frente a distintas condiciones climáticas (BLANCO DE PABLOS *et al.* 1986). Con el fin de determinar la demanda climática se efectúan balances de energía, siendo la evapotranspiración el factor de más peso en cultivos regados.

MATERIALES Y METODOS

La parte experimental del trabajo se ha realizado en la finca experimental "Muñovela" del C.S.I.C., eligiéndose una pradera de *Festuca arundinacea* como objeto de estudio.

La pradera elegida para la experimentación tenía una extensión de 1/3 de hectárea, abonándose el 21 de abril con 100 Kgr. de Nitrógeno al 26%, seguidamente se dividió en 7 parcelas distintas que recibirían distinto tratamiento de riego.

En cada una de las parcelas se instalaron tres tubos de acceso para la sonda de neutrones a una profundidad de 150 cm.

Se montó una red de riego por aspersión, que permaneció fija durante toda la experimentación, con aspersores que arrojaban 6.0 l.m⁻².h⁻¹ de agua.

Se regaron los días 3, 9, 12, 16, 19, 23, 26 y 30 de junio, 3, 7, 10, 14,

17, 21, 24, 28 y 31 de julio, 4, 8, 13, 20 y 27 de agosto y 4 de septiembre.

El tiempo de cada riego fueron 6 horas para el tratamiento 7, 5 horas para el 6, 4 horas para el 5, 3 horas para el 4, 2 horas para el 3, 1 hora para el 2 y el tratamiento 1 se dejó de secar.

Durante el período de tiempo de la experimentación, llovió el día 22 de junio (6.4 l/m^2) y los días 9, 10 y 11 de septiembre en los que se recogieron 16.5 l/m^2 .

Las medidas de humedad fueron realizadas con la sonda de neutrones CPN 501-B efectuándose medidas cada 10 cm, desde 15 a 125 cm en cada uno de los tres tubos de cada parcela, realizándose un total de 5.544 medidas durante el experimento.

El día 8 de julio se realizaron series intensivas de medidas de transpiración y resistencia estomática, con porómetro, comenzándose a medir a las 5:25 HS, con intervalos de 2 horas entre cada serie, hasta las 19:00 HS.

En cada serie se efectuaron 3 medidas de transpiración y otras tantas de resistencia estomática, tanto por el haz como por el envés de tres hojas tomadas al azar de cada uno de los tratamientos, lo que supone un total de 336 medidas de Tr. y otras tantas de Rs.

A la pradera se la dio 3 cortes: el primero fue el 27 de mayo, cuando toda ella estaba uniforme y dando una producción media de 16.21 T/Ha , en verde y 4.62 T/Ha , en seco, después de tener las muestras durante 48 horas en una estufa a 80°C .

El segundo corte se dio el 9 de julio y el tercero el día 24 de septiembre. En cada uno de ellos se tomaron 4 muestras de un cuadrado de 0.25 m. de lado en distintos puntos de cada tratamiento.

Después del primero y segundo corte se abonó con Nitrógeno del 26% a razón de 150 Kgr/Ha . cada vez.

La evapotranspiración potencial (ETP) se obtuvo como media de los valores hallados con los lisímetros situados en la misma parcela y manteniendo en todo momento óptimas condiciones de alimentación hídrica. También se montó el equipo completo de balance energético.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los resultados obtenidos del contenido en agua de los tres perfiles de cada tratamiento, se obtuvo la cantidad media del contenido en agua de cada parcela ($1/\text{m}^2$). Posteriormente se calcularon las variaciones del contenido hídrico, en los perfiles de 130 cm. de profundidad, en los distintos intervalos de tiempo. Estos valores junto con la cantidad de agua aportada por lluvia y riego ($1/\text{m}^2$), la ETP de los distintos períodos de tiempo ($1/\text{m}^2$) y las sumas totales se encuentran en la tabla n° 1.

En ella puede apreciarse que el agua total suministrada corresponde a 1.20 ETP para el 5, 0.62 ETP para el 4, 0.42 ETP para el 3, 0.23 ETP para el 2 y 0.03 para el 1.

Las diferencias encontradas entre la ETP y el agua consumida por el tratamiento n° 7 son debidas fundamentalmente a pérdidas por drenaje y a un mayor consumo que la ETP, por la densidad de vegetación, ya que en todo momento se encontró a capacidad de campo (unos 370 l/m²).

El tratamiento n° 6 recibió una cantidad de agua ligeramente inferior a la ETP calculada, sin embargo no absorbió toda la cantidad suministrada, consumiendo un 26% menos que lo que corresponde a la ETP.

El resto de los tratamientos consumen más agua que la suministrada durante la experiencia, esta diferencia corresponde a agua aportada por el suelo.

Sin embargo este aporte del suelo es inferior al que cabría suponer, como ocurre sobre todo con los tratamientos n° 5 y n° 4. Esto está en concordancia con los resultados obtenidos por BLANCO DE PABLOS et al. (1974).

De las muestras de producción de cada tratamiento de la pradera, se calcularon las producciones medias de materia verde (T/Ha) de cada tratamiento, posteriormente se metieron en una estufa a 80°C durante 48 horas, calculando la producción de cada tratamiento en materia seca.

Estos resultados junto con el índice de producción (producción del tratamiento/producción máxima) y al eficiencia del agua (producción/agua consumida) se encuentran recogidos en la tabla n° 2.

En la primera se aprecia que tanto la producción como la eficiencia del agua alcanza su máximo en el tratamiento n° 7, correspondiente a 1.2 ETP. Esto es debido a que el mayor aporte de agua produce un aumento en la densidad de vegetación evapotranspirando mayor cantidad que la correspondiente a la ETP.

Con los datos de producción y riego de los distintos tratamientos se han ensayado regresiones a diferentes curvas, encontrándose las óptimas en regresiones polinómicas de segundo grado que están representadas en la figura n° 1

Las ecuaciones halladas son: $y = 6.055 \cdot 10^{-7}x^2 + 8.322 \cdot 10^{-4}x + 1.911$ para la producción verde de la pradera e $y = 1.465 \cdot 10^{-7}x^2 + 3.680 \cdot 10^{-5}x + 0.904$ para la producción seca de la misma. En los dos casos, los coeficientes de determinación (R^2) fueron de 0.99 y los errores típicos de estimación (Sey) 2.066 para el primer ajuste y 0.458 para el segundo.

Tomando la dy/dx de cada una de las ecuaciones se deduce que en el intervalo estudiado, la productividad del agua aplicada (dx) varía con el nivel de alimentación en agua, según una ley lineal dada por las ecuaciones:

$y' = 1.221 \cdot 10^{-6}x + 8.322 \cdot 10^{-4}$ para la producción en verde de la pradera.

$y' = 2.930 \cdot 10^{-7}x + 3.680 \cdot 10^{-5}$ para la producción seca de la misma.

Con el fin de hacer un estudio sobre la influencia de los riesgos en la evolución de la transpiración y de la resistencia estomática, se efectuarán series de medidas de estos parámetros a lo largo de un día completo (8 de julio en la pradera).

De los valores obtenidos se obtuvieron las medidas de transpiración y resistencia estomática por el haz, por el envés y medida de haz y envés juntos.

Los resultados de transpiración y resistencia estomática en la pradera pueden apreciarse en las figuras nº 2, 3 y 4, en las que es de destacar que en los tratamientos más regados el máximo se produce entre las 12:00 y 14:00 horas, mientras que en los tratamientos nº 1 y 2 el máximo se produce entre las 15:00 y 16:00.

También es de destacar que, excepto en el tratamiento nº 2, no se aprecian descensos de transpiración por efecto de la fuerte demanda climática, lo cual indica que la velocidad de succión de la planta es suficiente como para producir la "meseta" de transpiración que se produce en otros cultivos.

Comparando la resistencia estomática de los diferentes tratamientos se comprueba que, a la hora de comienzo de las medidas, los estomas están ya abiertos en los tratamientos más regados, mientras que los más secos tardan más en abrirlos. Sin embargo al finalizar la tarde, los estomas se cierran tanto más rápidamente cuanto más regada está la pradera.

Todo esto indica que el agua afecta en gran manera no sólo a los valores de resistencia estomática y de transpiración, sino también a la velocidad de respuesta de apertura ó cierre de los estomas.

En cuanto al balance de energía presentamos únicamente el realizado el día 21-6-86, Fig. 2 y tabla 3. Es de destacar que el consumo de agua en la pradera se aproxima en un 5% a los valores obtenidos con los evapotranspirómetros.

CONCLUSIONES

Analizadas las producciones y la eficacia del agua en la pradera, se puede concluir que la mayor producción en la pradera fue 49.03 T/Ha en verde y 11.8 T/Ha en seco para el tratamiento nº 7, cuyo riego corresponde a 1.20 ETP, en el período comprendido del 4 de junio al 12 de septiembre. Siendo en este tratamiento donde se encuentra una mayor eficiencia del agua cuyo valor es 6.28 y 1.43 T/Ha.m³ respectivamente.

En el intervalo estudiado, la productividad del agua varía con el nivel de alimentación hídrica, según una ley lineal dada por las ecuaciones referidas anteriormente.

De los resultados obtenidos de la evolución de la transpiración y resistencia estomática en los distintos tratamientos de riego de la pradera, se deduce que la transpiración se ve afectada por el riego, únicamente en la magnitud de los valores, siendo mayores cuanto más regada esté la pradera.

Sin embargo la resistencia estomática no sólo se ve afectada en su magnitud, sino también en la velocidad de respuesta de los estomas.

Los valores de ETR obtenidos por balance energético en el tratamiento más regado son similares a los medidos con lisímetros en las mismas condiciones.

AGUA APORTADA A LA PRADERA MEDIANTE LLUVIA Y RIEGO, AGUA CONSUMIDA EN CADA TRATAMIENTO, EN LOS DISTINTOS INTERVALOS DE TIEMPO, Y ETP DE LOS MISMOS

TABLA N° 1

Fecha	Lluvia + Riego	Trat. 7	Lluvia + Riego	Trat. 6	Lluvia + Riego	Trat. 5	Lluvia + Riego	Trat. 4	Lluvia + Riego	Trat. 3	Lluvia + Riego	Trat. 2	Lluvia + Riego	Trat. 1	ETP
4/6-10/6	36.00	45.96	30.00	49.49	24.00	63.59	18.00	63.10	12.00	54.19	6.00	24.71	0.00	14.87	48.60
10/6-17/6	72.00	32.47	60.00	45.62	48.00	36.45	36.00	27.71	24.00	23.52	12.00	39.37	0.00	31.41	47.11
17/6-20/6	36.00	42.81	30.00	27.09	24.00	21.71	18.00	20.37	12.00	20.24	6.00	13.82	0.00	7.78	21.88
20/6-24/6	42.40	25.82	36.40	22.11	30.40	5.50	24.40	22.14	18.40	28.36	12.40	19.41	6.40	9.94	24.66
24/6-27/6	36.00	10.04	30.00	28.05	24.00	21.42	18.00	21.13	12.00	10.18	6.00	7.11	0.00	5.70	17.00
27/6-1/7	36.00	34.77	30.00	29.47	24.00	31.43	18.00	23.45	12.00	21.33	6.00	19.18	0.00	7.97	32.00
1/7-4/7	36.00	31.89	30.00	28.35	24.00	26.91	18.00	21.40	12.00	14.85	6.00	9.26	0.00	5.51	16.86
4/7-8/7	36.00	39.83	30.00	33.47	24.00	22.69	18.00	24.80	12.00	19.20	6.00	14.74	0.00	6.31	24.98
8/7-11/7	36.00	35.32	30.00	26.14	24.00	33.42	18.00	28.81	12.00	17.08	6.00	8.93	0.00	-0.37	24.36
11/7-15/7	36.00	13.63	30.00	23.16	24.00	16.38	18.00	7.54	12.00	11.67	6.00	1.05	0.00	2.85	33.91
15/7-18/7	36.00	44.50	30.00	30.33	24.00	24.78	18.00	17.39	12.00	12.99	6.00	5.27	0.00	0.90	26.54
18/7-22/7	36.00	33.56	30.00	31.72	24.00	22.27	18.00	21.29	12.00	12.68	6.00	15.80	0.00	3.59	29.65
22/7-25/7	36.00	31.57	30.00	22.76	24.00	27.16	18.00	16.99	12.00	11.23	6.00	11.60	0.00	0.48	23.02
25/7-1/8	72.00	75.22	60.00	45.61	48.00	38.86	36.00	40.56	24.00	32.24	12.00	16.03	0.00	5.78	63.24
1/8-5/8	36.00	29.61	30.00	27.74	24.00	33.17	18.00	22.17	12.00	13.14	6.00	6.20	0.00	1.56	31.91
5/8/9/8	36.00	33.16	30.00	25.87	24.00	32.29	18.00	17.20	12.00	12.54	6.00	5.12	0.00	0.23	33.47
9/8-14/8	36.00	60.93	30.00	28.56	24.00	29.50	18.00	19.25	12.00	13.76	6.00	5.49	0.00	3.58	27.95
14/8-21/8	36.00	40.95	30.00	32.61	24.00	17.54	18.00	26.85	12.00	15.75	6.00	11.72	0.00	-1.66	23.63
21/8-28/8	36.00	49.84	30.00	37.72	24.00	43.10	18.00	22.59	12.00	15.08	6.00	7.07	0.00	0.00	38.06
28/8-5/9	36.00	34.31	30.00	36.64	24.00	44.75	18.00	18.42	12.00	17.42	6.00	9.37	0.00	4.34	41.42
5/9-12/9	16.50	35.00	16.50	25.59	16.50	15.19	16.50	23.21	16.50	16.62	16.50	18.92	16.50	23.53	47.50
TOTAL	814.90	781.19	682.90	660.31	550.90	606.11	418.90	506.46	286.90	374.12	154.90	270.17	22.90	134.30	677.75

TABLA N° 2
 PRODUCCION VERDE Y SECA Y EFICIENCIA
 DEL AGUA DE LA PRADERA

	Trat. 7	Trat. 6	Trat. 5	Trat. 4	Trat. 3	Trat. 2	Trat. 1
Prod. Verde T/Ha	49.03	34.06	28.26	14.88	8.29	4.66	2.53
Ind. Prod. V. %	100.00	69.00	58.00	30.00	16.00	9.00	5.00
Efic. Agua Prod/Agua	6.28	5.16	4.65	2.94	2.10	1.72	1.88
Prod. Seca T/Ha	11.18	7.31	6.11	3.54	2.19	1.30	0.92
Ind. Prod. S. %	100.00	65.00	54.00	32.00	20.00	12.00	8.00
Efic. Agua Prod/Agua	1.43	1.11	1.00	0.70	0.56	0.48	0.69

TABLA 3

VALORES HORARIOS DE LOS COMPONENTES
 DEL BALANCE ENERGETICO

RADIAC. GLOBAL	ALSEDO	RADIACION NETA	FLUJO DE SUELO	FL. CALOR SENS.
0	0	-40.1454545	-16.1290323	-37.7964563
0	0	-26.7636364	-16.1290323	-37.5029648
0	0	-33.4545455	-15.0537634	-14.2813904
0	0	-40.1455455	-16.1290323	-23.6125928
0	0	-33.4545455	-16.1290323	-27.6415591
35.7142857	18.5185185	13.3818182	-12.9032258	213162877
89.2857143	46.2962963	80.2909091	-8.60215054	-10.555564
303.571429	80.2469136	173.963636	-6.4516129	18.5802501
446.428572	111.1111111	294.4	-6.4516129	59.9201921
571.428572	148.148148	401.454545	0	53.2662207
678.571428	175.925926	481.745455	6.4516129	65.702359
732.142857	188.271605	521.890909	22.5806452	79.9924234
785.714286	203.703704	575.418182	21.5053764	38.135578
714.285714	179.012346	508.509091	19.3548387	18.1582857
750	185.185185	508.509091	6.4516129	10.2960871
642.857143	160.493827	454.981818	4.30107527	26.7306621
464.285715	117.283951	334.545455	2.15053764	15.8914035

RADIAC. GLOBAL ALSEDO

428.571429 49.3827161
 71.4285714 18.5185185
 0 0
 0 0
 0 0
 0 0

RADIACION NETA FLUJO DE SUELO FL. CALOR SENS.

240.872727 0 25.8947755
 -26.7636364 -5.37634409 -4.82507149
 -46.8363637 -10.7526882 -7.51803945
 -40.1454545 -10.7526882 -4.21843478
 -40.1454545 -10.7526882 1.59607954
 -26.7636364 -9.67741936 4.31608148
 -40.1454545 -10.7526882 6.6526263

FL. CALOR LAT. ALFA

13.780034 .488468815
 26.8683607 .510034237
 -4.11939161 .515219632
 -.403829537 .539481557
 10.3160459 .557474074
 26.0718811 .526376469
 99.4486236 .441724652
 161.834999 .418078946
 240.931421 .396678264
 348.188325 .380742716
 409.591483 .379275514
 419.31784 .367293859
 515.777228 .367349504
 470.995967 .372661878
 491.761391 .371315802
 423.950081 .370369148
 316.503514 .368734977
 214.977952 .364745627
 -16.5622208 .364593587
 -28.565636 .381195289
 -25.17443316 .400586354
 -30.9888459 .407657983
 -21.4022985 .414540272
 -36.0453927 .418255027

DENSID. AIRE PRE. MAX. VAP. DERIV. PRES. STA. VAP.

1.14618701E-03 6.9344537 .471147181
 1.14859731E-03 6.70725993 .432050538
 1.15050109E-03 6.51444215 .422944709
 1.15361598E-03 6.2444907 .383476698
 1.15508147E-03 6.13405823 .356538929
 1.15173363E-03 6.40787737 .404371487
 1.13215979E-03 8.69569696 .570522343
 1.12031929E-03 10.6316822 .630116331
 1.11548417E-03 11.4722811 .689056559
 1.10878171E-03 12.8992373 .737857676
 1.10585601E-03 13.4525198 .743023587
 1.10241541E-03 14.1809679 .782477084
 1.09975454E-03 14.833775 .782850248
 1.09656454E-03 15.6897614 .766011075
 1.09687223E-03 15.5989613 .770336974
 1.09579812E-03 15.872502 .773664894
 1.09811926E-03 15.2573885 .778580737
 1.10303942E-03 14.0128263 .790912029
 1.10401834E-03 13.7799828 .791218507
 1.10964002E-03 12.6141613 .736280941
 1.11699587E-03 11.1904399 .67770524
 1.1202813E-03 10.5918011 .657615073
 1.12115028E-03 10.4598528 .639146301
 1.1275436E-03 9.35250849 .628352071

ETR HORARIA

.0206700509
 .040302541
 -6.17908742E-03
 -6.05744306E-04
 .0154740688
 .0391078217
 .149172935
 .242752499
 .361397131
 .522282487
 .614387224
 .62897676

.773665841
 .70649395
 .737642086
 .635925121
 .47475527
 .322466928
 -.0248433312
 -.042848454
 -.0377614974
 -.0464832689
 -.0321034477
 -.054068089
ETR TOTAL
 DIARIA = 6.0405798

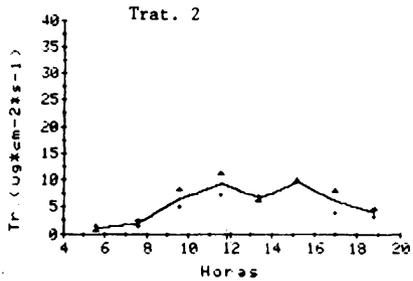
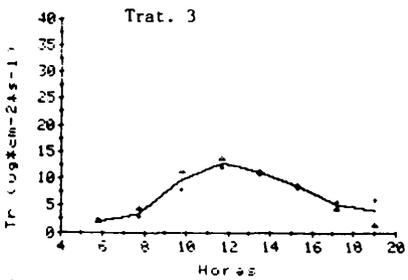
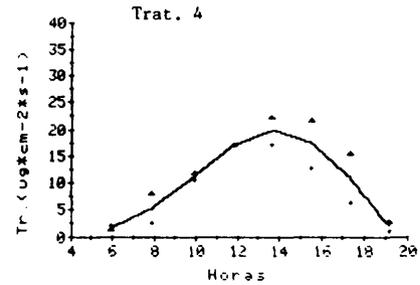
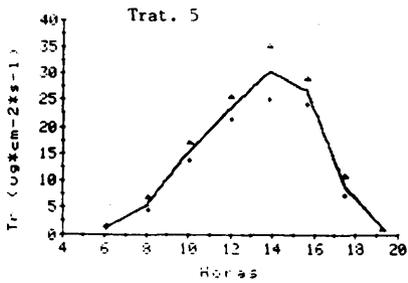
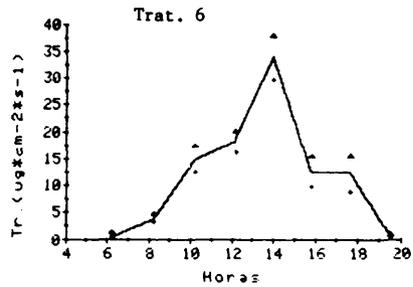
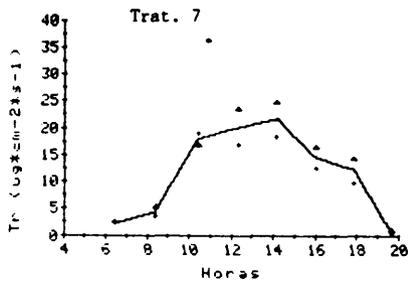
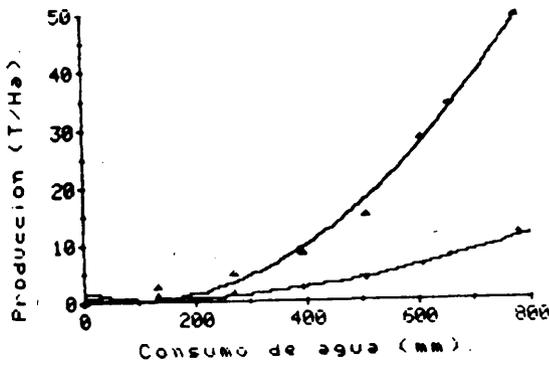


FIGURA 2.- Valores de transpiración por el haz (Δ), envés (+) y media del haz y envés (—) a lo largo del día en los 6 tratamientos más regados de la pradera.

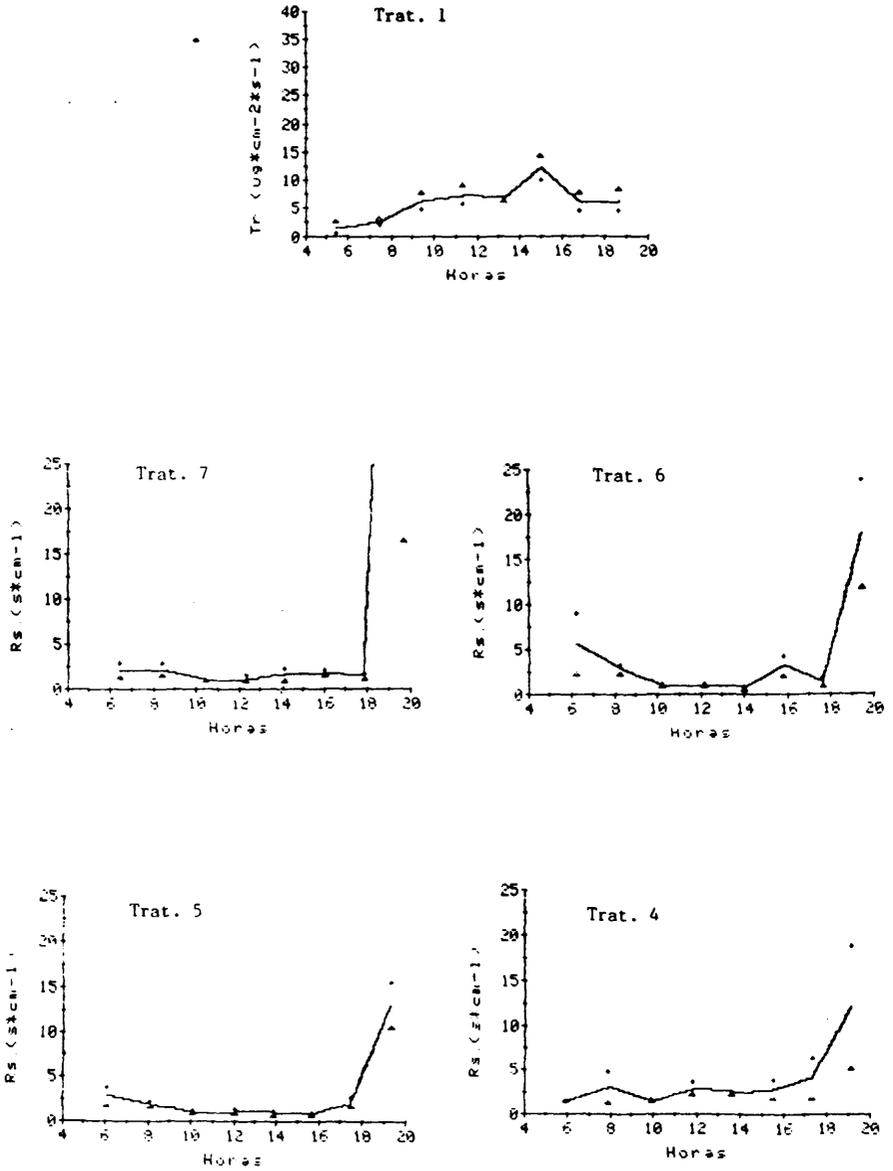


FIGURA 3.- Valores de transpiración obtenidos a lo largo del día en el tratamiento n° 1 y de resistencia estomática en los 4 tratamientos más regados de la pradera, por el haz (Δ), envés (+) y media haz y envés (—).

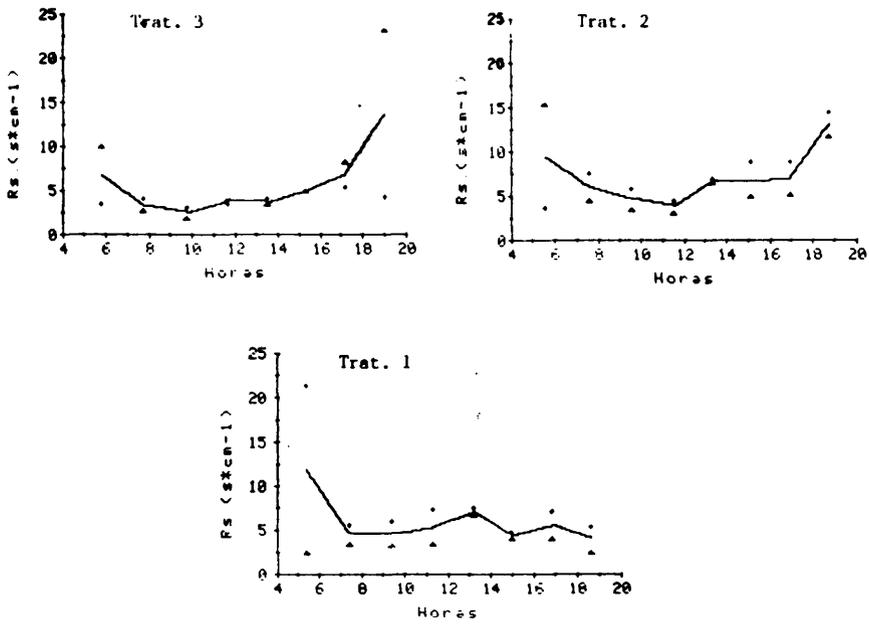


FIGURA 4.- Valores de resistencia estomática obtenidos a lo largo del día, por el haz (Δ), envés (+) y media de haz y envés (—) en los tres tratamientos menos regados de la pradera.

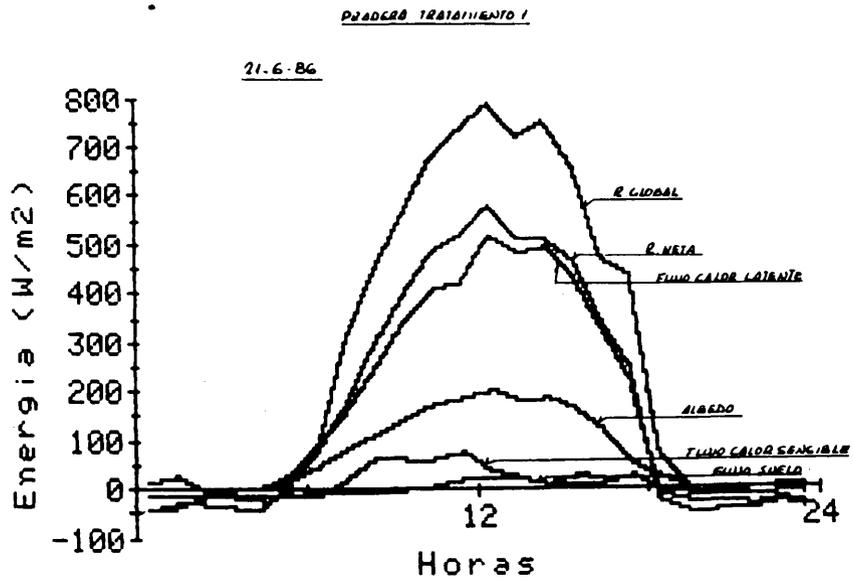


FIGURA 5.- Balance de energía de un día en pradera.

BIBLIOGRAFIA

ASTON, M.J. (1973). Changes in internal water status and the gas exchange of leaves in response to ambient evaporative demand. *Plant response to climatic factors (UNESCO)*; 5: 243-247.

BLANCO DE PABLOS, A. (1972). *Influencia de los factores Edafo-Climáticos sobre el consumo y economía de agua por los vegetales en la comarca salmantina de la Armuña*. Tesis doctoral (Universidad de Salamanca).

- (1978). Microclima e intercambio diario de agua y energía en una plantación de manzanos. *Trabajos Compostelanos de Biología* nº 6: 228-263.

BLANCO DE PABLOS Y CUADRADO SANCHEZ, S. (1974). Aplicación de riegos diferenciales con base en el balance hídrico del sistema suelo-atmósfera. *Agrochimic*; XVIII, (3): 266-276.

BLANCO DE PABLOS, A; RIBAS ELCOROBARRUTIA, F; TAPIA CID, M. Y CABELLO CABELLO, M.J. (1986). Utilización del porómetro en el cálculo de la transpiración instantánea en un cultivo de trigo. *An. Centro Edafología y Biología Aplicada*; XI: 97-110.

CARTER, P.R. and SHEAFFER, C.C. (1983). Alfalfa response to soil water deficits. II. Plant water potential, leaf conductance and canopy temperature relationships. *Crop. Sci.*; 23 (4): 676-682.

DOMINGUEZ VIVANCOS, A. (1984). *Tratado de Fertilización*. Ed. Mundiprensa.

FUSCUS, E.L; WULISCHLEGER, S.D. and DUKE, H.R. (1984). Integrated stomatal opening as an indicator of water stress in *Zea*. *Crop. Sci.*; 24(2): 245-254.

IDSO, S.B. (1983). Stomatal regulation of evaporation from well-watered plant canopies: A new synthesis. *Agric. Meteorol.*; 29(3): 213-217.

IDSO, S.B.; REGINATO, R.J. and RADIN, J.W. (1982). Leaf diffusion resistance and photosynthesis in cotton as related to a foliage temperature based plant water stress index. *Agric. Meteorol.*; 27(1-2): 27-34.

KATERJI, N; PERRIER, A. et OULID-AÏSA, A.K. (1983). Exploration au champ et interprétation de la variation horizontale et verticale de la résistance stomatique: cas d'une culture de luzerne. *Agronomie*; 3(9): 931-936.

PAZ GONZALEZ, A; MENDEZ DOMENECH, E. y DIAZ FIERROS, F. (1978). Perfiles de humedad de los suelos gallegos y su influencia en las condiciones de tempero y aireación de los mismos. *Av. Inv. Bioclimat.*: 185-205.

REID, J.B.; HASHIM, O. and GALLAGHER, J.N. (1984). Relations between available and extractable soil water and evapotranspiration from a bean crop. *Agric. Water Manag.*; 9: 193-209.

RITCHIE, J.T. (1981). Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. *Plant and Soil*; 58: 81-96.

EFFICIENCY AND CONSUMPTIVE USE OF WATER IN AN ARTIFICIAL PRARIE (SEMIARID ZONE)

Summary: In this study we try to evaluate the efficiency of irrigation water at seven different doses when applied to an artificial prairie. We also determine the evolution of water content throughout the whole soil profile in terms of water balance. The ETR obtained with each treatment is compared to the values given by lysimeters, porometers and energy balance.

Measurements of transpiration and stomatal resistance on plants are taken for each irrigation treatment. Transpiration shows to be affected only in its magnitude, while stomatal resistance is also affected through the answer speed of the stomata.