

ISSN 0104-1347

Simulación de las necesidades de riego complementario de un sector del partido de Tandil, República Argentina.

Simulation of complementary irrigation needs in a sector of the party of Tandil, República Argentina.

Silvia Lilianz Falasca^{1,2}, Juan Alberto Forte Lay³ y Maria Angélica Bernabé²

Resumen - El área de estudio está ubicada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, limitada por los paralelos 37°10' y 37°30'LS y los meridianos 59° a 59° 15' LW. Como base cartográfica se usaron las cartas de suelos "Tandil" y "Sierras de Tandil" del INTA, a escala 1:50000. Se analizó el uso posible de cada suelo presente en cada unidad cartográfica y se estimaron las constantes hidrológicas capacidad de campo, capacidad de marchitez permanente y agua útil hasta el metro de profundidad o hasta la aparición de tosca. Luego se calculó el balance hidrológico diario, utilizando el software "AgroAgua" para las series de suelos dominantes: "Mar del Plata", "Tandil" y "Balcarce", simulando la aplicación de riegos para verificar si existe la necesidad de riego complementario para los principales cultivos: trigo, soja, girasol y maíz. Finalmente, se obtuvo la climatología del agua edáfica para las series de suelos citadas con el objeto de contrastar entre ellas y con la serie "La Alianza", considerando la existencia de una pradera permanente. En los tres argiudoles típicos se pudo apreciar el clásico régimen de humedad edáfica de la región oriental de la Pradera Pampeana y del Litoral Fluvial con máximas disponibilidades de humedad invernales y mínimas estivales. De los cultivos estivales, el más exigente en agua es el girasol, ya que requiere el mayor volumen de riego. Sin embargo, es también el más resistente a la sequía que los otros cultivos. Le sigue de cerca el maíz, que suele tener mayor respuesta al riego debido a su alta sensibilidad a la falta de agua en floración, luego viene la soja y por último el trigo como cultivo invernal. También se pudo apreciar una mayor necesidad de riegos para todos los cultivos en la serie de suelo Balcarce, por poseer una menor capacidad de campo y de agua útil que las otras series. Con respecto a las series Mar del Plata y Tandil, el comportamiento fue casi similar, existiendo una menor necesidad de riego en el caso del maíz para la serie Mar del Plata.

Palabras clave: balance hidrológico diario, constantes hidrológicas, climatología de agua edáfica, riego complementario.

Abstract: The studied area was located in the southeast of the province of Buenos Aires, limited by the parallels 37° 10' and 37° 30' S and the meridians 59° 00 ' and 59° 15' W. The cartographic charts "Tandil" and "Sierra de Tandil" to scale 1:50000 made by INTA were used. The possible use of each soil presented in each cartographic unit was analyzed. The edaphic hydrological constants field capacity, permanent wilting point and available water down to one meter deep or until the appearance of rough, were considered. The daily hydrological balance was then calculated, using the software "AgroAgua" for the series of dominant soils: "Mar del Plata", "Tandil" and "Balcarce", to simulate the application of irrigation and to verify if the need of complementary watering for main crops: wheat, soybean, sunflower, and corn. Finally, the soil moisture climatology was obtained for the mentioned series of soils, to contrast them with the series "La Alianza", assuming permanent prairie. In the three typical argiudols it can be appreciated the classical regime of soil moisture of the oriental part of the Pampeana region and of the Fluvial Coast with maximum soil moisture availability in Winter and minimum in Summer. The most water demanding Summer crop is sunflower, as it requires the highest irrigation. Corn is closely related to sunflower in terms of water requirements, followed by soybean and wheat. It can also be appreciated a higher need of irrigation for all the crops in the "Balcarce" soil series, which has a lower field capacity and available soil water than the other series. With regard to the series "Mar del Plata" and "Tandil", the trend was almost similar, having a smaller irrigation need in the case of the corn for the series Mar del Plata.

Key words: daily hydrological balance, hydrological constants, soil moisture climatology, complementary watering.

¹ Investigador Adjunto de CONICET. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Paseo Colón 189, of.807. Buenos Aires. sfalasca@conicet.gov.ar

² Programa de Estudios sobre el Medio Ambiente y la Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Humanas. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil.

³ Investigador Independiente de CONICET. CONAE. Paseo Colón 751 Buenos Aires. flay@conae.gov.ar

Introducción

La sierras de Tandilia constituyen una cadena de cerros aislados en cuyas cúspides afloran las rocas más antiguas del planeta, cuyos sedimentos recientes se apoyan sobre rocas sedimentarias paleozoicas que cubren el basamento cristalino (INTA, 1989). La roca desnuda ocupa áreas reducidas con respecto a los pedemontes serranos. En éstos los suelos están formados por loess de un espesor que oscila entre uno y dos metros, depositado sobre una costra calcárea denominada tosca en nuestro país. Las limitaciones más importantes de algunos suelos del partido de Tandil, desde el punto de vista agrícola comprenden la rocosidad aflorante, la pedregosidad en superficie, el horizonte Bt, la capa de tosca a poca profundidad y las pendientes pronunciadas. Estas limitaciones determinan para esos suelos una aptitud de uso ganadero (FALASCA & BERNABE, 2002). Los pedemontes constituyen los sitios más aptos a pesar de la moderada limitación por profundidad y el riesgo de erosión hídrica en las ondulaciones.

La geología y la fisiografía del partido generaron suelos óptimos para la actividad agrícola - ganadera, actividad que se viene desarrollando desde el siglo XIX. De acuerdo a estadísticas climatológicas del período 1971-1990, la temperatura media anual es de 13,7 °C, siendo la del mes más cálido (Enero) de 20,8°C y la del más frío (Julio) de 6,6°C. La escasa peligrosidad de las heladas invernales contribuye a poner de manifiesto uno de los rasgos más típicos de su agroclima, y determinar en gran parte su potencial agropecuario. Por ello, el invierno resulta una estación de producción agropecuaria. De ahí la gran aptitud para el pastoreo natural todo el año, la fácil adaptación de la alfalfa y otras forrajeras perennes y la posibilidad de cultivo de cereales invernales (BURGOS, 1963). La fecha media de la primera helada es el 13 de mayo con una desviación típica de 16 días mientras que la fecha media de última helada es el 4 de octubre con un desvío típico de 23 días, lo que da un período medio libre de heladas de 221 días. Si bien es uno de los más breves de la provincia de Buenos Aires, es lo suficientemente amplio como para desarrollar actividades agrícolas extensivas (FALASCA *et al.*, 2000).

La relativamente alta velocidad media del viento es otra de las características de la región (Noviembre el más ventoso 17,5 km/h, y Mayo el menos ventoso 12,8 km/h) que influye en una mayor tasa de evapotranspiración potencial.

En el área aledaña al sistema serrano de Tandilia se pueden cultivar con éxito especies de crecimiento invierno - primaveral (como trigo, cebada, lino, etc.) y también especies de desarrollo estival, debido a un balance hídrico más favorable como consecuencia de una menor evapotranspiración potencial ocasionada por la mayor altura y los vientos marítimos más frescos y al pequeño aumento de las precipitaciones estivales respecto al área adyacente, por efecto orográfico.

Con respecto a las precipitaciones, considerando el período 1950-2000, el mes de mínima precipitación mensual es agosto (41,7 mm) y el de máxima, marzo (111,3 mm). Los valores anuales (912,6 mm) se reparten así: un 30,4% en verano, un 28,3% en otoño, un 26,8% en primavera y un 14,5% en invierno, no obstante existe una cierta deficiencia durante el verano y un exceso de precipitaciones en invierno con respecto a las demandas ambientales que justifica la aplicación de riego complementario.

Cuando se quiere encarar un proyecto de riego deben conocerse la cantidad de agua que puede captar del suelo, la cantidad de agua que puede aprovechar la planta y la forma en que debe reabastecerse el suministro. El riego debería efectuarse mientras el tenor de agua en el suelo esté lo suficientemente alto como para satisfacer las necesidades que la demanda atmosférica determina a la planta, sin que ésta llegue a un estrés que produciría una merma en el rendimiento o calidad de la cosecha. Con la determinación del balance hidrológico diario es posible conocer la marcha diaria de la humedad del suelo y saber en qué momento las disponibilidades hidrológicas son insuficientes, pudiéndose reponer por medio del riego, las cantidades de agua faltantes.

Aún en regiones relativamente húmedas como es el caso del este de la pradera pampeana, donde se realiza toda la agricultura en condiciones de secano, se ha demostrado que el riego complementario aumenta considerablemente el rendimiento de los cultivos (DEL BARRIO *et al.*, 1983).

FALASCA *et al.* (1995a) trabajando sobre el Partido de Tandil a escala 1:500000 analizaron la probabilidad de sequías edáficas utilizando el valor más alto y más bajo de capacidad de campo de todo el partido, para los cultivos de trigo, soja, girasol, sorgo y maíz. No encontraron diferencias entre los cultivos de maíz y girasol. Si bien ambos suelos diferían en valor de capacidad de campo (152 y 328 mm), la baja diferencia en la ocurrencia de sequías

obtenida para períodos de retorno de 10, 25 o 50 años, se atribuyó a las diferencias poco significativas en el contenido de agua útil, que en definitiva tiene más importancia para el vegetal que el valor de capacidad de campo.

FALASCA et al, (1995b) demostraron la necesidad de aplicación de riego complementario en cultivos estivales e invernales en dicho partido. De los cultivos estivales comprobaron que el más exigente es el girasol, seguido por el sorgo y finalmente la soja, ya que el primero para un mismo suelo requiere un mayor número de riegos. De los invernales comprobaron que la colza canola es mucho menos exigente en riego que el trigo y que el trigo sembrado en primera época, para doble propósito, al tener un ciclo mucho más largo, es mucho más exigente que el sembrado en cuarta época.

Posteriormente FALASCA et al. (1997) obtuvieron la necesidad de riego para los cultivos de maíz y soja durante prefloración y para el ciclo completo en la misma área de estudio.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la probabilidad de sequías edáficas para los suelos que ocupan la mayor superficie dentro del área pedemontana del partido de Tandil y simular a través del programa computacional AgroAgua sobre la base de un balance hidrológico diario, las necesidades de riego complementario de los cultivos más importantes en el área de estudio.

Materiales y métodos

El área de estudio se halla localizada en el sudeste de la provincia de Buenos Aires y está limitada por los paralelos 37° 10' y 37° 30' LS y los meridianos 59° a 59° 15' LW. Se trabajó sobre las cartas de suelos 3760 – 23 – 4 Tandil y 3760 – 29 - 2 Sierras de Tandil, a escala 1:50000 (CARTA..., 1973 y 1991). Sobre las mismas se reconocieron 24 unidades cartográficas (compuestas generalmente por 3 o 4 series de suelos, aunque a veces son 2 o 5 las series que la conforman), las que comprenden 71 series de suelos y tres complejos indiferenciados: Chapaleufú Grande, Arroyo Langueyú y Arroyo El Perdido. Esas 24 unidades cartográficas se agruparon en función del suelo dominante para obtener un mapa de unidades cartográficas más sencillo que el mapa base a los fines de una más fácil interpretación.

Analizando el posible uso de cada suelo presente en cada unidad cartográfica y conociendo el

porcentaje de ocupación dentro de la misma se confeccionó la carta de uso del suelo, diferenciando los usos: agrícola, ganadero, ganadero-agrícola y agrícola-ganadero, definiendo en primer lugar la actividad preponderante.

Luego se estimaron la capacidad de campo (CC), capacidad a la marchitez permanente (PMP) y agua útil (AU) hasta el metro de profundidad o hasta la aparición de tosca, en caso de suelos someros, utilizando los modelos de RITCHIE et al. (1987) quienes consideran un aumento proporcional del agua disponible al aumentar el contenido de carbono orgánico, de limos, de arcillas y la profundidad. No se consideraron profundidades superiores al metro pues la existencia del horizonte Bt constituye un impedimento físico a la exploración radical, que limita la exploración más profunda en cultivos anuales (FALASCA et al, 2002). El porcentaje de superficie ocupado por cada suelo dentro de la unidad cartográfica resultó de suma utilidad para ponderar la contribución de cada unidad taxonómica a la constante hidrológica y asignarle un valor medio a la unidad cartográfica correspondiente.

Finalmente se calculó el balance hidrológico diario, utilizando el software AgroAgua (FORTE LAY et al., 1995) para las series Mar del Plata, Tandil y Balcarce, clasificadas como argiudoles típicos. El récord de años considerado fue 1950 a 2000, por disponerse del registro de precipitaciones diarias e ininterrumpidas de la estación Tandil Aero (S.M.N.). Se eligieron esas series de suelos porque son las que ocupan la mayor superficie dentro del área de estudio y para contrastar con ellas, además, se utilizó la serie La Alianza, que posee un suelo mucho más somero (28 cm).

Para el cálculo del balance de agua se utilizaron valores reales de lluvia diaria y valores climáticos de evapotranspiración potencial (Etp) provenientes de los 12 valores climáticos mensuales obtenidos por el método de PENMAN (1948). Ha sido demostrado en diversos trabajos, que el balance así realizado genera reservas de agua en el suelo que aunque pueden desviarse algo de los valores reales durante unos pocos días, rápidamente tienden a converger de manera tal que no habría grandes diferencias si se hubiese utilizado la Etp calculada día por día, de difícil obtención (BURGOS & FORTE LAY, 1983).

Se utilizaron los coeficientes de cultivo Kc obtenidos siguiendo las pautas de DOOREMBOS &

PRUITT (1990) y considerando los cultivares presentes en el mercado local de los principales cultivos de la zona. Las fechas de comienzo y fin de ciclo tomadas para cada cultivo, son la fecha promedio de todos los cultivares, de los distintos semilleros radicados en Tandil, (FALASCA *et al.*, 2001).

Posteriormente se analizaron los períodos críticos de disponibilidad de agua edáfica durante el ciclo para los cultivos más representativos del partido. Ellos son: trigo, girasol, soja y maíz.

Luego se obtuvo la climatología del agua del suelo es decir la estadística de tres diferentes rangos de humedad en el suelo. El programa calcula la probabilidad de humedad edáfica, los percentiles y las probabilidades teóricas, computadas a partir del ajuste de las series de almacenaje a la distribución Beta (I) de dos parámetros. Así se obtuvieron los almacenajes medios, probabilidades de sequía absoluta (almacenajes por debajo del PMP), de sequía condicional (almacenajes entre PMP y $\frac{1}{2}$ de AU) y de humedad óptima (almacenajes por encima de $\frac{1}{2}$ de AU o con excesos de agua). Separando dentro de cada mes, períodos de 10 días, se calcularon por décadas las probabilidades de los tres rangos de humedad en los suelos mencionados. Luego se calculó la necesidad de riego complementario simulando la aplicación de un riego de 40 mm cada vez que el nivel de agua descendía al nivel de sequía condicional, sin alcanzar la capacidad de campo. Así surgió el número de riegos a aplicar, calculando la estadística de necesidades de riego para el período solicitado, que variará de acuerdo al ciclo del cultivo analizado. La probabilidad escogida fue del 95%, lo que significa un período de recurrencia de 95 cada 100 años de registros considerados, es decir que sólo en el 5% de los años restantes se necesitarán más riegos que los calculados.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se representó el área de estudio dentro del partido de Tandil, de Buenos Aires, de Argentina y de Sudamérica.

En la Figura 2 se graficaron las precipitaciones anuales para el período 1950-2000. Se puede observar que en dicho período no existe una tendencia de aumento apreciable como la que se ha verificado en otras zonas de la región pampeana y de la Argentina. Esta relativa estabilidad en los registros pluviométricos también ha sido comprobada en otras

estaciones vecinas del sudeste y del nordeste de la región pampeana de acuerdo a evaluaciones realizadas por los autores de este trabajo aún no publicadas.

Sobre la base de las cartas de suelos de INTA (CARTA... , Tandil, 1971 y Sierras de Tandil, 1993) se elaboró la Tabla 1 donde se presentaron las unidades cartográficas agrupadas según el suelo dominante a escala 1:50000 y a partir de ella se confeccionó la Figura 3.

Es posible observar en el centro de la Figura 3 la zona urbana de Tandil (M) y en el extremo NW la Base Aérea, (también representada con M, como área metropolitana), de donde fueron extraídos los datos de precipitación. Las áreas con R representan rocosidad en superficie. Aparecen todas las unidades citadas en la Tabla 1, algunas de ellas muy dispersas, sin embargo al Norte del área urbana predomina la

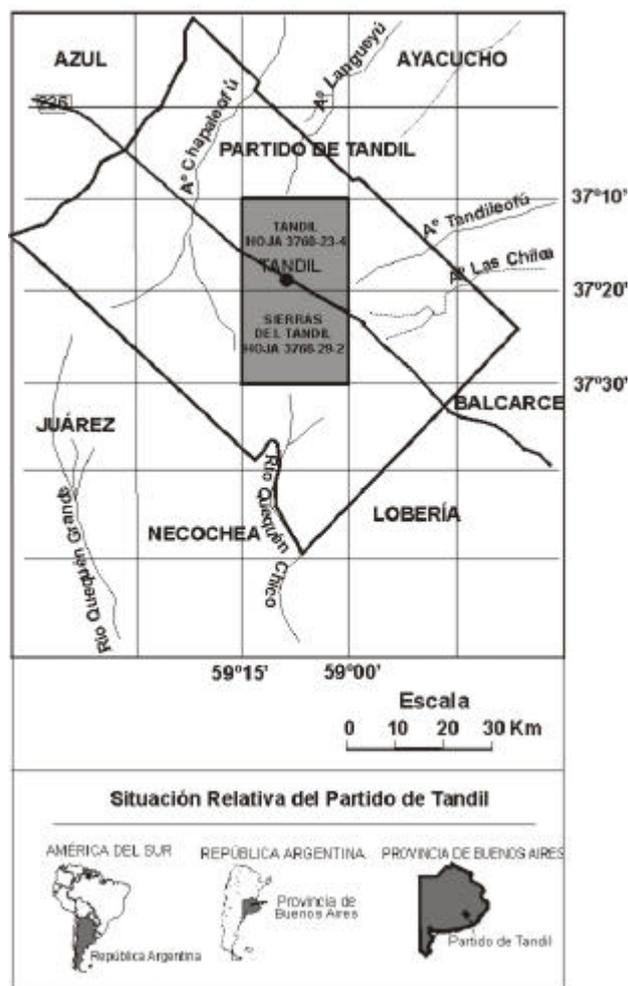


Figura 1. Ubicación dea área de estudio.

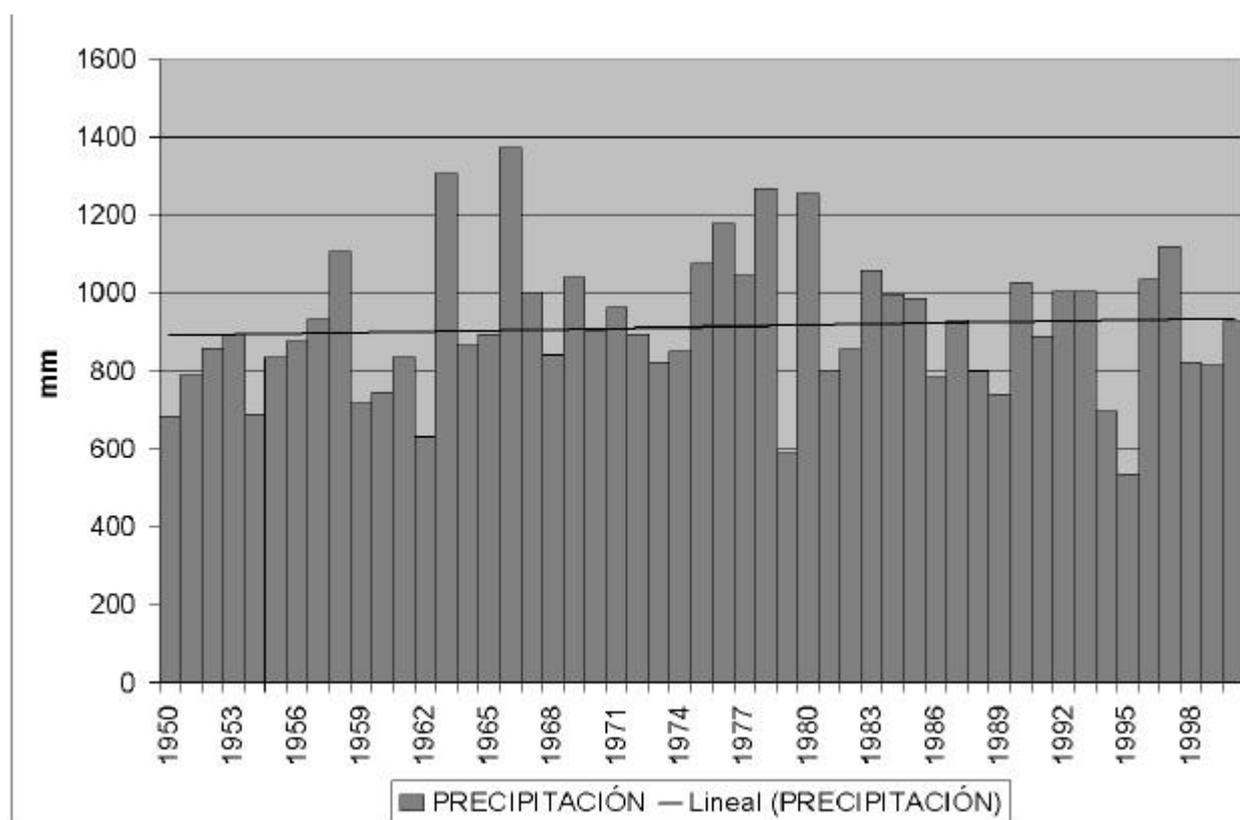


Figura 2. Precipitación anual en Tandil (Aero) (1950-2000).

serie Mar del Plata (MP) y al Sur la serie Tandil (Ta). Los peores suelos son los que tienen a las series Sierra de los Padres (SP) y La Alianza (LA) como dominantes. Las unidades Tdf y GG son las que ocupan las menores superficies.

Analizando el uso del suelo en la Figura 4, se pudo comprobar que predominan las áreas con aptitud agrícola (Ta y Bal), le sigue la agrícola – ganadera (MP), luego un uso exclusivamente ganadero, existiendo pequeñas superficies destinadas a un uso

mixto donde tiene primacía la actividad ganadera sobre la agrícola. Las unidades cartográficas que tienen a las series LA y SP como dominantes no admiten otro uso que el ganadero por poseer suelos muy someros. También poseen similar aptitud aquellas unidades cartográficas con GG, Rch y Tdf, (con natracuoles típicos las dos primeras y natralbol típico, la última), como series dominantes.

Tabla 1. Simbología y suelo dominante por unidad cartográfica en Tandil.

Simbología	Serie de suelo	Unidad taxonómica
Az	Azul	Argiudol típico
LA	La Alianza	Hapludol lítico
SP	Sierra de los Padres	Hapludol lítico
TEs	Tres Esquinas	Argiudol típico
Bal	Balcarce	Argiudol típico
GG	General Guido	Natracuol típico
MP	Mar del Plata	Argiudol típico
Rch	Rauch	Natracuol típico
Ta	Tandil	Argiudol típico
Tdf	Tandileufú	Natralbol típico
Co Ao Pe	Complejos indiferenciados	Arroyo El Perdido
Co Ao ChG		Chapaleufú Grande
Co A Al		Aluvial Arroyo Langueyú

En la Tabla 2 se volcaron los valores de evapotranspiración potencial media mensual y diaria, que fueron obtenidos aplicando la metodología de PENMAN (1948). Se aprecia que aunque el valor anual es

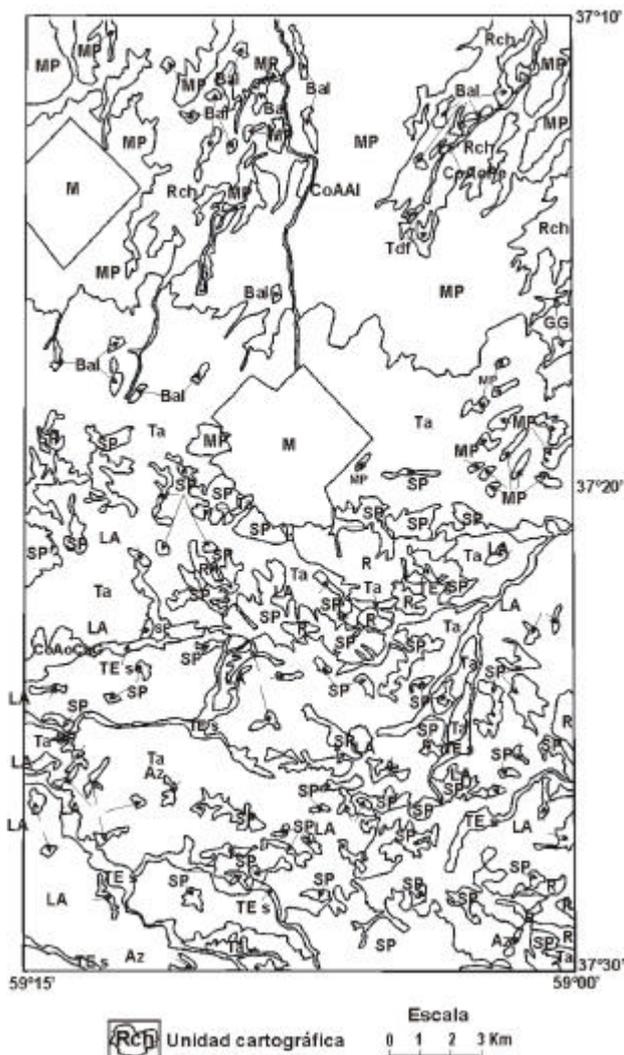


Figura 3. Unidades cartográficas de Tandil.

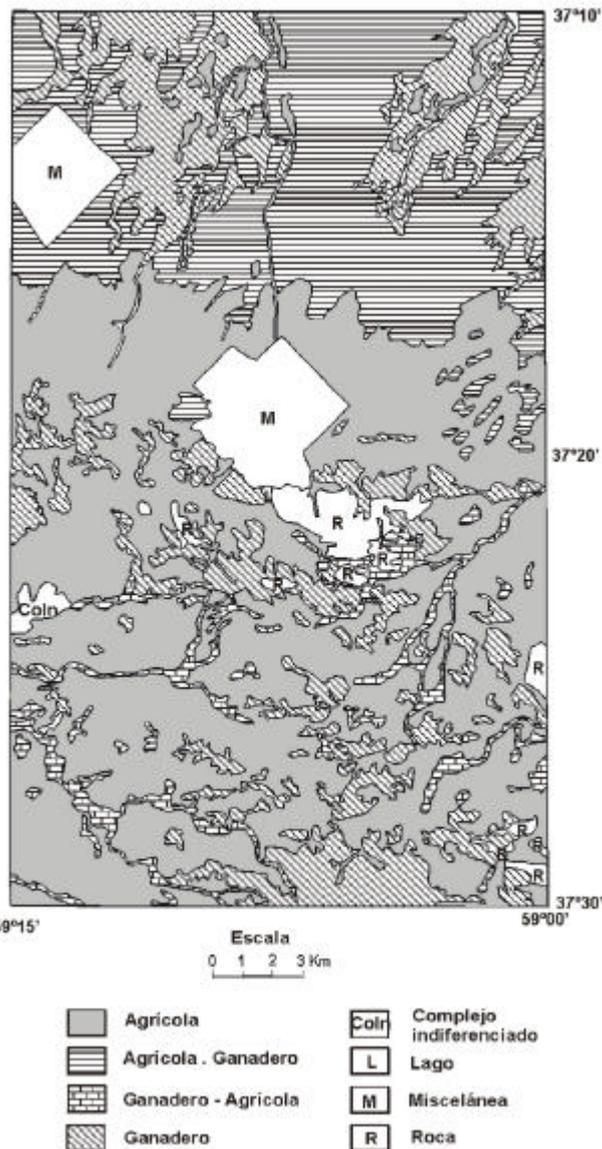


Figura 4. Uso del suelo en parte del partido de Tandil.

ligeramente inferior al de la precipitación anual, sin embargo durante los meses de verano, excepto en Marzo existe una marcada diferencia negativa entre lluvia y Etp.

En cuanto a las constantes hidrológicas se debe destacar que valores inferiores a 100 mm de capacidad de campo se correspondieron con un uso ganadero, mientras que entre 101-150 mm estuvieron asociados a las unidades que tienen a La Alianza, (LA) como suelo dominante (hapludol lítico). Los valores de capacidad de campo más bajos están vinculados a las unidades cartográficas con Sierra de los Padres, (SP) como serie dominante, compuesta por un 35% de su superficie por hapludoles líticos y un 30% de roca aflorante. Los valores más altos, 250-300 mm, acontecen en las unidades cartográficas donde aparece

la serie Mar del Plata (MP) como dominante. De la zona agrícola hay que destacar que la mayor superficie posee valores comprendidos entre 201 y 250 mm.

Los valores más bajos del punto de marchitez permanente de las unidades Sierra de los Padres (SP) y La Alianza (LA) están asociados al alto porcentaje de ocupación del suelo por hapludoles líticos-rocas y un alto porcentaje de suelos someros, respectivamente, dentro de la unidad cartográfica y que se corresponden con un uso exclusivo ganadero, como se expresó anteriormente.

Tabla 2 Precipitación media mensual y evapotranspiración potencial media estimada con la metodología de Penman (mm).

MÊS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
PP	101,9	86,3	111,3	79,4	67,5	44,0	46,9	41,7	60,0	94,9	89,4	89,3	912,6
Etp mes	164,0	120,0	87,0	48,0	24,0	12,0	14,0	29,0	51,0	81,0	121,0	154,0	905,0
Etp diaria	5,29	4,28	2,80	1,60	0,80	0,40	0,45	0,93	1,70	2,61	4,03	4,97	2,48

Los bajos valores de capacidad de campo y de marchitez permanente de las unidades con la serie Balcarce (Bal) como dominante obedecen a la escasa profundidad de sus suelos (70 cm).

En la Figura 5 se volcaron los valores estimados de agua útil que fluctuaron de 21 a 137 mm. Se consideraron intervalos de 50 mm y la carta muestra que predominan valores entre 101 y 150 mm, en toda la zona agrícola ocupada con la serie Ta, agrícola-ganadera por MP, el sector ganadero del norte dominado por la serie Rch y la ganadero-agrícola dominada por TEs. Otra vez vuelven a aparecer valores bajísimos (< 50 mm) en las unidades dominadas por la serie Sierra de los Padres (SP), por las razones antes expuestas.

En la Tabla 3 aparecen los valores de Kc para los cultivos más importantes de la zona. Los mismos representan la proporción de la evapotranspiración potencial para el cultivo con respecto a la de una pradera permanente de referencia, donde el valor 1 significa un consumo potencial de agua similar a la pradera de pastos permanentes siendo los valores inferiores a 1 los correspondientes a consumos inferiores y viceversa (DOOREMBOS & PRUITT, 1990). Se aprecia el máximo consumo del trigo en la zona hacia fines de la primavera y el mínimo en enero que es el mes de cosecha cuando el terreno queda cubierto por el rastrojo y protegido de la evaporación.

En la Figura 6 se representó la climatología del agua en el suelo para las 4 series de suelo analizadas, por ello se la subdividió en a, b, c y d. La climatología está expresada como probabilidad a lo largo de los 36 períodos decádicos del año para 3 situaciones de humedad edáfica: 1.-sequía absoluta (altura de las barras blancas), 2.-sequía condicional (altura de las barras gris claro y 3.- humedad óptima y excesos (altura de las barras gris oscuro). Los valores provienen del balance hídrico diario estimado para una pradera de pastos permanentes activos durante todo el año.

En los tres argiudoles típicos se puede apreciar el clásico régimen de humedad edáfica de la región oriental de la Pradera Pampeana y del Litoral Fluvial con máximas disponibilidades de humedad invernales y mínimas estivales (FORTE LAY & SPESCHA,

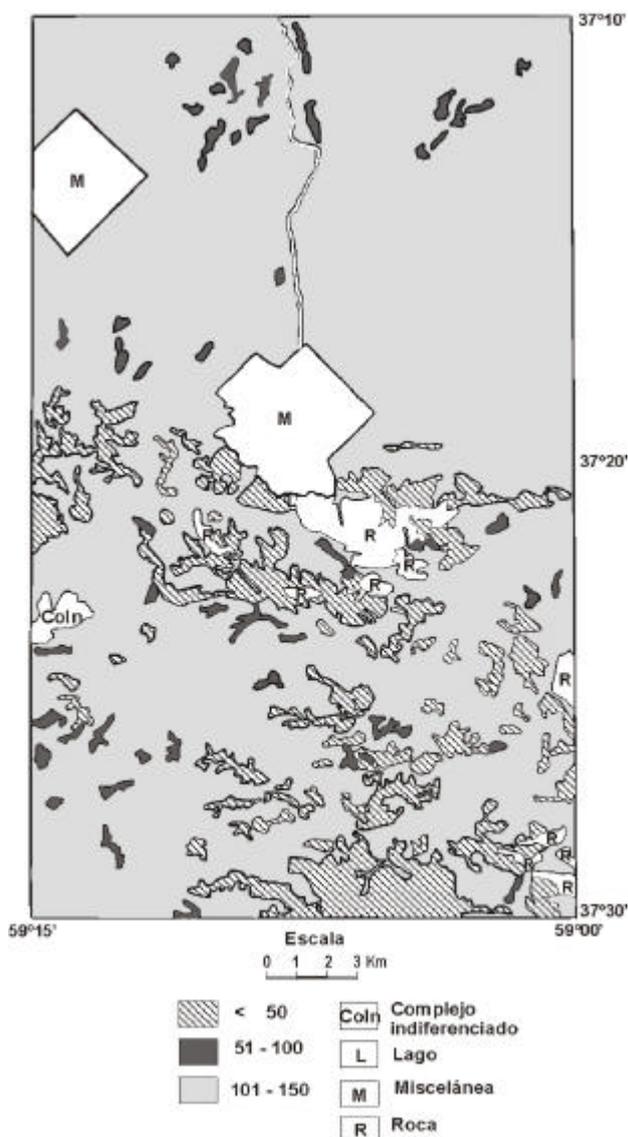
**Figura 5.** Agua útil (mm) en suelo en parte del partido de Tandil.

Tabla 3. Coeficientes de cultivo Kc para los meses del año.

Cultivo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Trigo	0,25	0,40	0,50	0,50	0,50	0,65	0,75	0,87	1,07	1,09	1,10	0,60
Soja	1,00	0,85	0,70	0,42	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,37	0,80
Girasol	1,10	0,97	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,47	0,63	0,94
Sorgo	1,00	0,73	0,50	0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,55	0,67	0,89
Maíz	1,05	0,92	0,70	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,63	0,96

2001). Los extremos se encontrarían alrededor de la segunda década de agosto (máxima disponibilidad de agua edáfica) y de la tercera década de febrero (mínima disponibilidad), excepto en la serie Balcarce donde corresponde a la primera década de enero. Se observa que en el suelo hapludol lítico de la serie La Alianza las probabilidades de sequía absoluta son superiores a la del Argiudol típico debido al bajo valor de la CC

y la escasa profundidad del mismo que condicionan una menor disponibilidad de agua útil, no obstante la mejor época del año en cuanto a disponibilidad de agua edáfica sigue siendo la invernal, específicamente los meses de junio y julio.

Las necesidades de riego correspondientes a las 3 series de suelo aparecen en la Tabla 4. De los

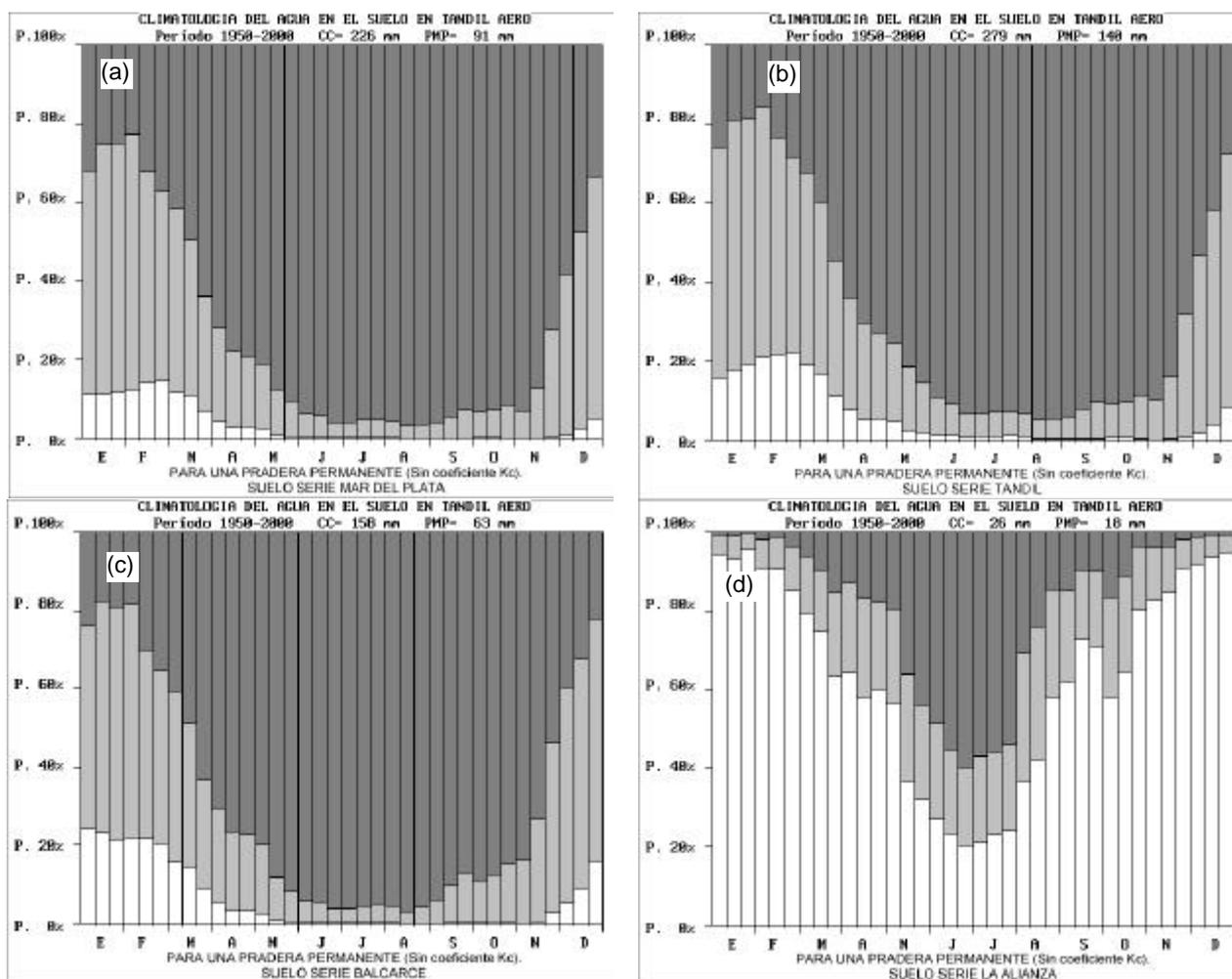


Figura 6. Climatología de agua en el suelo Tandil Aero.

cultivos estivales, el más exigente en agua es el girasol, ya que requiere el mayor volumen de riego. Sin embargo, es también el más resistente a la sequía debido a su potente desarrollo radical que le permite explorar mayores profundidades de suelo que los otros cultivos. Le sigue de cerca el maíz, que suele tener mayor respuesta al riego debido a su alta sensibilidad a la falta de agua en floración, luego viene la soja y por último el trigo. Esto es coincidente con los resultados obtenidos por FALASCA et al., (1997). Resulta lógico que el trigo haya resultado ser el menos exigente en riegos porque se trata de un cultivo invernal-primaveral, época en que las demandas atmosféricas resultan generalmente compensadas por las precipitaciones. También se puede apreciar una mayor necesidad de riegos para todos los cultivos en la serie de suelo Balcarce, por poseer una menor capacidad de almacenaje de agua total y de agua útil que las otras series. Con respecto a las series Mar del Plata y Tandil, el comportamiento fue casi similar, existiendo una menor necesidad de riego en el caso del maíz para la serie Mar del Plata.

Los valores de necesidad de riego complementario obtenidos son similares a los establecidos por FALASCA et al., (1995b), considerando un record de años mayor (1911-1993) trabajando en escala de reconocimiento sobre todo el Partido de Tandil. Así pueden citarse que para girasol fueron necesarios 270 mm, para soja 210 mm y para trigo 129 mm.

FALASCA et al., (1997), considerando el mismo período (1911-1993) obtuvieron para el maíz una necesidad entre 270 y 300 mm, mientras que para la soja entre 210 y 258 mm.

La cantidad de riego a aplicar puede parecer algo exagerada ya que se ha cubierto el 95% de los casos para que el suelo nunca descienda de la humedad óptima. Es probable que con una cantidad de riego algo menor, los rendimientos no se vean significativamente reducidos.

Conclusiones

Se puede concluir que para cada cultivo en cada serie de suelo analizado del área pedemontana del partido de Tandil, existe una necesidad de aplicar riego complementario para que el suelo mantenga sus condiciones de humedad óptima y en cada caso se determina la lámina de agua que teóricamente deber

aplicarse. Para las condiciones en que fue realizada la simulación del riego complementario para los principales cultivos se puede decir que para todos los suelos analizados correspondió como era de esperarse una menor necesidad de riego en la serie Mar del Plata, por tratarse de la serie con mayor capacidad de almacenaje de agua y la mayor necesidad de riego se

Balcarce		Mar del Plata		Tandil	
Cultivo	Necesidad (mm)	Cultivo	Necesidad (mm)	Cultivo	Necesidad (mm)
Maíz	0,8	Maíz	0,8	Maíz	0,8
Soja	32,3	Soja	33,8	Soja	31,1
Girasol	1,0	Girasol	1,7	Girasol	2,0
Trigo	38,4	Trigo	1,9	Trigo	1,5
					78,9
					59,3
					1,9
					2,7
					89,0
					76,9
					107,6
					1,7
					72,3
					64,5
					67,6
					0,6
					35,6
					31,1
					24,5
					309,6
					184,1
					269,9
					211,5
					272,5
					140,5

observó en los suelos de la serie Balcarce con menor capacidad de campo. En todos los casos el cultivo con mayores necesidades resultó ser el girasol, seguido por el maíz, luego la soja y por último como era de esperarse el trigo ya que este último transcurre su ciclo durante el período invierno-primaveral con menores probabilidades de sequía edáfica en la zona.

Referencias Bibliográficas

- BURGOS, J.J. **Las heladas en la Argentina**. Buenos Aires: INTA. 1963. 388 p. (Colección Científica del INTA).
- BURGOS, J.J.; FORTE LAY, J.A. Método para habilitar la información de la red pluviométrica en el estudio areal del régimen de la sequía edáfica. In: TALLER ARGENTINO-ESTADOUNIDENSE SOBRE SEQUÍAS, 1983. Mar del Plata, **Actas...**, Buenos Aires: Editor Juan J. Burgos, 1983. p. 72-87.
- CARTA de Suelos de la República Argentina. Hoja 3760 – 23 Tandil. Buenos Aires: INTA, 1971. Escala 1:50.000.
- CARTA de Suelos de la República Argentina. Hoja 3760 – 29 Sierras de Tandil. Buenos Aires: INTA 1993. Escala 1:50.000.
- DEL BARRIO, R. et al. Utilización de un balance hidrológico diario para la estimación de las necesidades de riego complementario en los cultivos de trigo y maíz en la región pampeana. **Geoacta**, Buenos Aires, v. 14, n. 1, p. 131-140, 1983.
- DOREMBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1990. 124 p. (Riego y Drenaje n. 24).
- FALASCA et al. Minimización de los riesgos de sequía mediante la utilización de riego complementario. **Revista Argentina de Cartografía**. Buenos Aires. v. 18, n. 2, p. 51-56. 1995a.
- FALASCA, S et al. La Cartografía como herramienta para la planificación de riego complementario en el partido de Tandil. In: CONGRESO NACIONAL DE CARTOGRAFÍA, 9., 1995. Buenos Aires, **Actas...**, Buenos Aires: Centro Argentino de Cartografía, 1995b. p. 52-60.
- FALASCA, S et al. Un modelo de optimización del uso del suelo y del agua con fines agrícolas en el Partido de Tandil. **Revista Facultad de Agronomía**, Buenos Aires. v. 17, n. 2, p. 242-252. 1997.
- FALASCA, S., et al. Características agroclimáticas del sudeste bonaerense, República Argentina. **Geográfica**, México v. 127, p. 91-102, 2000.
- FALASCA, S., et al. Un método para optimizar el balance hídrico en un sector del Partido de Tandil, provincia de Buenos Aires, a escala 1:50000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, **Anais...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Fortaleza, 2001. p 521-522.
- FALASCA, S.; BERNABE, M. Rasgos fisiográficos y edáficos del área aledañana a la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina. **Espacio y Desarrollo**, Lima, Perú, (en prensa) 2002.
- FALASCA, S.; BERNABE, M.; ULBERICH, A. Análisis de algunas variables que inciden sobre la disponibilidad de agua útil para los cultivos en un sector del Partido de Tandil. Aceptado **Geográfica**, México, v. 132, 2002. (En prensa).
- FORTE LAY, J.A.; AIELLO, J.L.; KUBA, J. Software **AGROAGUA** versión 4.0. In: CONGRESSO AGROSOFT 95, 1995, Juiz de Fora, Brasil. **Anais...**, Disponible en: <http://www.agrosoft.com.br/trabalhos/ag95/doc16.htm>.
- FORTE LAY, J.A.; SPESCHA L.B. Método para la estimación del agua edáfica en las provincias pampeanas argentinas. **Rada**, Buenos Aires, v. 1, n. 1., p. 67-75, 2001.
- INTA. **Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires**. INTA: Buenos Aires, 1989. 525 p.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings Royal Society, Serie A.**, London v. 193, p. 120-146. 1948.
- RITCHIE, J.; RATTLIFF, L.; CASSEL, D.K. **Soil laboratory data field descriptions and field measuring soil water limits for soils of the United States**. Washington: USDA/ Agricultural Soil Survey, 1987. 57 p. (Technical Bulletin).

