

# USO DEL PSICRÓMETRO PARA ESTIMAR LA EVAPORACIÓN POTENCIAL EN EL OASIS NORTE DE LA PROVINCIA DE MENDOZA

Pombo, F. A.<sup>1</sup>, M. F. Torres<sup>1</sup>, P. C. García<sup>1</sup>, A. R. Cicero<sup>2</sup>, (ex aequo)

<sup>1</sup> Ings. Agrs. Pasantes Ad Honorem ;

<sup>2</sup> Prof. Tit. Cat. Met. Agr. F.C.A. U.N. Cuyo, (Director).

Almte. Brown 500 Ch. de Coria, Mendoza, R. Argentina. E.Mail [acicero@fca.uncu.edu.ar](mailto:acicero@fca.uncu.edu.ar)

## RESUMEN

El psicrómetro es un evaporímetro como cualquier otro existente, ya que cualquier cambio en la evaporación natural se verá reflejado en la diferencia entre las temperaturas del instrumento. Basándose en este hecho, Da Porta y Caamaño Nelly, elaboraron la Fórmula Exponencial (EVAexp) para el cálculo de la Evaporación Potencial (EVP), donde las únicas variables son las temperaturas del psicrómetro. Para comprobar la validez del modelo en el Oasis Norte de la Provincia de Mendoza, se compararon los valores diarios estimados, con los correspondientes a una serie de 21 años, de la Evaporación registrada con el Evaporímetro de Tanque tipo A de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.Cuyo. La ecuación EVAexp, para la estimación de EVP, demostró funcionar a similares niveles que el valor obtenido por medición con el Evaporímetro de Tanque tipo A, al observarse porcentajes de error similares a los arrojados en la comparación de este mismo modelo versus el modelo propuesto por Penman. Se establece que realiza una sobreestimación con respecto al valor de comparación.

Palabras clave: Agrometeorología – Evaporación – Psicrómetro – Estimación.

## INTRODUCCIÓN

En las zonas de producción agrícola bajo riego en general y en particular en la provincia de Mendoza, donde el Oasis Norte es el más importante por su mayor superficie, uno de los factores, sino el factor más limitante para la producción agropecuaria, es el agua.

La provincia de Mendoza está ubicada en el centrooeste de la república Argentina, entre los 31° 57' y los 37° 34' de latitud sur, y los 66° 36' y 70° 32' de longitud oeste, al pie de la Cordillera de los Andes, que alcanza en Mendoza las mayores alturas (Aconcagua, 6959 m.s.n.m) y aísla el resto de la provincia de las influencias del Océano Pacífico, generando una situación de continentalidad marcada, un clima netamente árido, y un espacio natural heterogéneo integrado por distintas unidades que condicionan la vida humana, vegetal y animal.

Climáticamente según Norte (1996), basado en la Clasificación de Koeppen (1948) la parte llana del este provincial al sur del río Tunuyán y algunas zonas menores son Climas Secos de Estepa. La Franja intermedia, parte del pedemonte, y toda la zona este al norte del

río Tunuyán, donde se encuentran la mayoría de los tres oasis, son climas Desérticos y la zona de alta montaña son Climas Polares de tundra o de Hielos Eternos.

En las zonas cultivadas o las zonas de climas Desérticos, el régimen de precipitaciones es estival con una concentración del 70 % o superior variando entre prácticamente 100 mm en el extremo noreste, a algo más de 400mm al sureste, presentando alta variabilidad espacial y temporal propia de esos climas. Las temperaturas medias oscilan entre los 11 y los 17 °C, y el período libre de heladas entre los 160 días al suroeste (Malargüe) y hasta los 250 en el extremo noreste (Lavalle) siendo también alta la variabilidad de las fechas medias de primera y última helada, con desviaciones típicas de 20, 25 y hasta 30 días según las zonas.

En los oasis cultivados (solo algo más del 3 % de la superficie provincial), el 60 % es cultivo de vid (espalderos y parral en ese orden), ocupando las hortalizas y frutales prácticamente todo el resto, con algunos cultivos forrajeros forestales y/o industriales en menor medida, y muy escasa, aunque creciente superficie destinada a engorde bajo riego de ganadería y/o cría de animales de granja. En las áreas de secano predominan las explotaciones ganaderas extensivas de ganado mayor (bovino) y menor (caprino y ovino).

La implementación del riego en esta zona, tanto en cantidad como en calidad es de vital importancia. Los estudios realizados para la determinación de aquello que atenta contra las bases de una agricultura regadía sustentable, denotan que dos de los factores influyentes en esto, son la baja eficiencia de riego y su inequitativa distribución tanto en tiempo como en calidad (Chambouleyron 1999), por lo cual, se han desarrollado técnicas y tecnologías tendientes a la optimización de la aplicación de este escaso y valioso recurso. Estas nuevas tecnologías necesitan, de la evapotranspiración como un dato muy importante para su correcta implementación, para el cálculo de las necesidades de riego. Uno de los métodos utilizados para conocer este dato, es el de la estimación a través del conocimiento de la evaporación y su afectación por un coeficiente de cultivo.

En la actualidad, el método empleado por los productores, para la determinación de la evaporación es por medio del Tanque tipo A, (método oficial del Servicio Meteorológico Nacional), que suele traer aparejadas algunas dificultades operativas a nivel de explotaciones agrícolas.

El objetivo de este trabajo es justamente probar la validez de la fórmula exponencial (1997), para la estimación de la evaporación el oasis norte de la provincia de Mendoza, de modo de simplificar esta tarea en los establecimientos agrícolas de la zona, debido a su simplicidad y bajo costo de instrumentación, porque solamente es necesario el uso del Psicrómetro.

La fórmula que aquí se trata de probar, fue contrastada con los modelos de Penman y Morton en un ámbito bastante representativo de nuestro país, para ello se utilizaron los datos provenientes de 23 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio nacional, incluido Mendoza. Y se optó por contrastar la estimación propuesta por Da Porta y Caamaño Nelli, con los datos efectivamente medidos en el Evaporímetro de Tanque Tipo A, ya que es esta la herramienta utilizada por la mayoría de las explotaciones que necesitan este dato de evaporación para el cálculo del riego.

En el presente trabajo se realiza una comparación de los valores estimados, con los datos del Evaporímetro de Tanque Tipo A de la Estación Agrometeorológica Chacras de Coria.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó teniendo en cuenta dos subperíodos, uno estival (desde el 21 de setiembre hasta el 21 de marzo) y otro invernal (desde el 22 de marzo hasta el 20 de setiembre), ésta división estacional se efectuó con el fin de poder realizar las comparaciones pertinentes con un menor grado de error, dada la gran variabilidad de la evaporación resultante por las condiciones meteorológicas reinantes en cada estación del año. A su vez cabe aclarar que el período tomado en cuenta para el estudio, comprende a 21 años consecutivos, entre el 01 de enero de 1969 y el 31 de diciembre de 1989.

Los datos meteorológicos correspondientes a temperaturas del psicrómetro y evaporación, son los publicados en el Boletín Agrometeorológico de la Facultad de Ciencias Agrarias. (Cicero, A.R., A.M. Ortega; 2002); y de la Estadística Agrometeorológica de Chacras de Coria, (Ortega, A.M., Cicero A.R.; 1999), obtenidos en la Estación Agrometeorológica Chacras de Coria, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Univ. Nac. de Cuyo, [Alte. Brown 500 (5507), Luján de Cuyo, Mendoza, República Argentina, (Latitud 32° 59' S, Longitud 68° 52' W, a 920,82 m.s.n.m)].

Se aplicó el modelo de cálculo, según la metodología señalada por Da Porta y Caamaño Nelli (1997).

$$EVP_{exp} = EXP (12,9421 + (0,0338588.t)) \cdot \Delta t^{0,75} \cdot 0,367381,2$$

donde:

t = temperatura del termómetro seco

$\Delta t$  = diferencia psicrométrica

Se calcularon los valores de la evaporación ( $EVP_{exp}$ ), para el período de 21 años mencionado con anterioridad, con los valores medios diarios obtenidos mediante una media aritmética de las 3 lecturas diarias de ambos termómetros del psicrómetro, a las 09:00 hs, 15:00 hs y 21:00 hs respectivamente. Posteriormente se procedió a elaborar una media aritmética para cada día del año, a través del período considerado, con los valores obtenidos mediante la aplicación de la fórmula antes mencionada.

Estos resultados se compararon con los valores de evaporación, medidos con un Evaporímetro de Tanque tipo A, en la misma estación y para el mismo período, los cuales fueron tratados de la misma manera para obtener el valor promedio para cada día del año en el período considerado.

La comparación se realizó por medio del Error Medio Cuadrático (EMC), de modo de poder realizar comparaciones con los resultados obtenidos por Da Porta y Caamaño Nelli, a partir de un análisis de la varianza con un factor, realizado con el software Microsoft Excel 97.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1, muestra los resultados de las comparaciones realizadas.

**Cuadro 1. Comparación de los promedios diarios de la EVPExp, y la Evaporación de Tanque Tipo A en Chacras de Coria, Mendoza, para los períodos estival e invernal.**

EVPExp Vs Evapo.	EMC mm/día	Error %	Promedio de la diferencia mm/día
P. Invernal	0,64	27	0,8
P. Estival	1,54	26	1,1

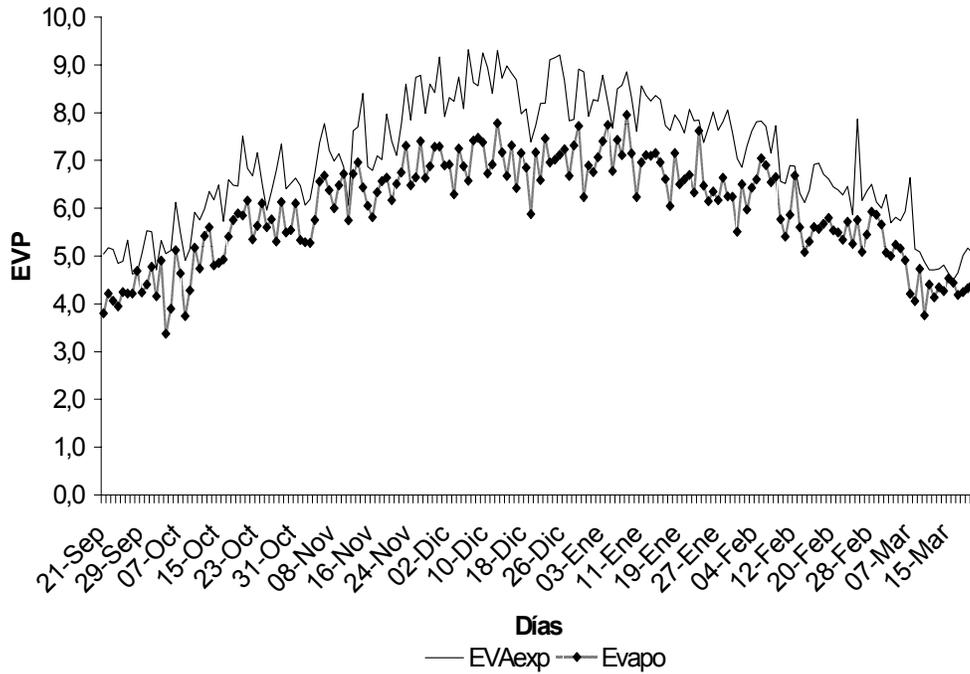
En ellas se pueden observar el Error Medio Cuadrático, el porcentaje que representa ese error y también el valor promedio de la diferencia entre estos dos valores de evaporación, tanto para el período estival, como para el período invernal.

La estimación de la evaporación con el modelo propuesto por Da Porta y Caamaño Nelli, (EVPexp), para el período estival, resulta satisfactoria, al observarse porcentajes de error similares a los arrojados en la comparación de este mismo modelo *versus* el modelo propuesto por Penman (Daporta y Caamaño Nelli 1997).

Para el período invernal, con porcentaje del error de valores similares al del período estival, si bien no se cuenta como con una fuente de comparación, los valores obtenidos son considerados también satisfactorios.

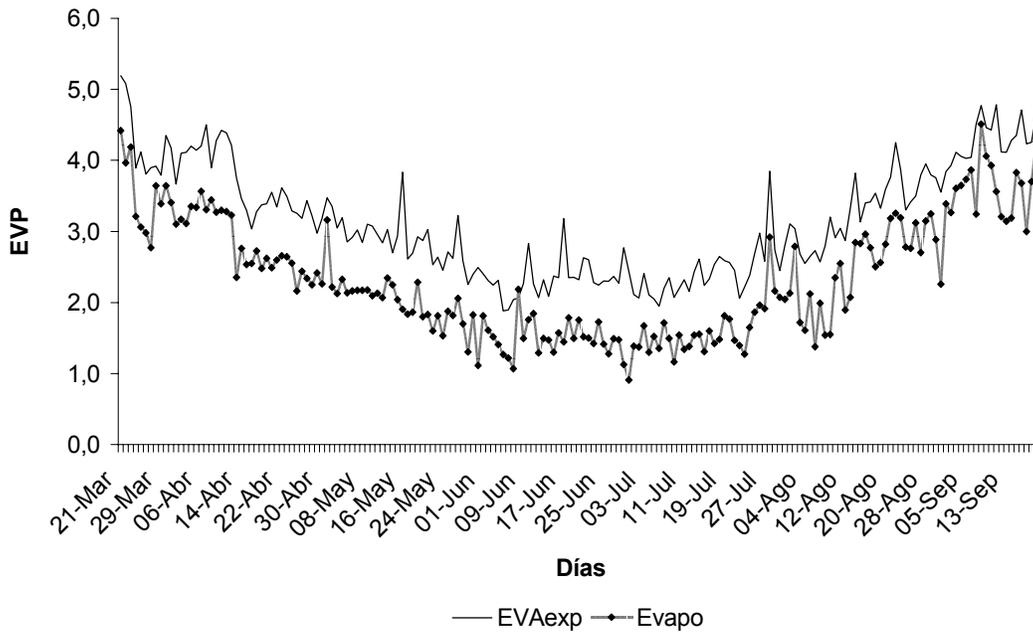
Las figuras, 1 y 2 permiten observar las variaciones de los valores medios de la EVPExp., y los de evaporación, durante las temporadas estival, e invernal, analizadas. Permiten también visualizar las diferencias de valores de evaporación medios y estimados para el período invernal, y sobre todo, el alejamiento de las curvas en los momentos de máxima evaporación aunque en valor relativo (%) guarde la relación.

### EVP VERANO



**Fig. 1** Valores de la EVAExp y de la Evaporación de Tanque tipo A para el período estival

### EVP INVIERNO



**Fig. 2.** Valores de la EVAExp y de la Evaporación del Tanque tipo A para el período invernal.

Los valores medidos varían desde aproximadamente los 4 mm al inicio y fin de temporada, con máximos en diciembre enero del orden de los 8 mm.

Puede observarse también la variabilidad provocada por la habitual alternancia del pasaje de frentes fríos o cálidos que tienen frecuencia media del orden de los 7 días. Circunstancialmente se asocian con la ocurrencia del viento Zonda. Afectan tanto a los valores estimados como a los medidos con variaciones del orden de 1 y hasta 2 mm/día por encima o por debajo de los valores medios.

En la figura 2 pueden verse los valores estimados, que en a temporada invernal tienen un mínimo del orden de los 2 mm/día, y los medidos de 1 mm/día, siendo las diferencias de aproximadamente 1 mm/día. También puede apreciarse la influencia del pasaje de los frentes y su frecuencia. En esta época toma mayor significancia el efecto del viento Zonda cuyas mayores frecuencias se concentran entre mayo y octubre, que está asociado con varios de los picos de valores máximos muy notorios.

## CONCLUSIONES

La ecuación EVAexp de Da Porta y Caamaño Nelli, para la estimación de la EVP diaria en la localidad de Chacras de Coria, ubicada en el Oasis Norte de la provincia de Mendoza, demostró funcionar a similares niveles que el valor de Tanque tipo A, en la Estación Agrometeorológica Chacras de Coria.

Se establece que produce una sobreestimación con respecto al valor de comparación de:

1,1 ± 0,51 mm/día para el período estival.

0,8 ± 0,3 mm/día para el período invernal.

Es una tecnología que tiene un muy bajo costo de implementación y de muy fácil manejo por los operarios de una finca.

Tiene ventajas comparativas con respecto al Tanque tipo A, las cuales son:

- Menor costo.
- Requiere menor y más sencillo mantenimiento.
- Puede automatizarse el riego muy fácilmente mediante el uso de sensores conectados a una PC.
- El modelo de estimación de la EVP tiene menor posibilidad de error humano, por la mayor facilidad de uso, y la sencilla lectura de las dos variables que utiliza.

Se considera que con algunos ajustes en la colocación del psicrómetro dentro de la canopia del cultivo se podría calcular directamente la evapotranspiración del cultivo, disminuyendo el error en la estimación de la necesidad de riego del mismo. Esta es una línea de investigación futura en la que se ha decidido continuar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chambouleyron, J.** (1999) *Manual de riego y drenaje, Tomo I*, 4ª Edición (revisada), Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.Cuyo. Capítulo 1 p. 19
- Cicero, A. R., Ortega A. M.** (1987-2002). *Boletín Agrometeorológico de la Facultad de Ciencias Agrarias*. U.N.Cuyo, Ch. de Coria, Luján, Mendoza, Argentina.
- Da Porta, A. W.; Caamaño Nelli G.** (1997). *La evaporación potencial y su relación con las temperaturas psicrométricas*. Actas 7ª Reunión Argentina y 1ª Latinoamericana de Agrometeorología. Argentina. Sección 4, p. 45.
- Ortega, A. M., Cicero A. R.** (1959-1999). *Estadística Agrometeorológica de Chacras de Coria*, Facultad de Ciencias Agrarias, U.N. Cuyo.
- Revista Argentina de Agrometeorología (RADA)**, Vol. 34: 7175, 2003/04.