

Recopilación de datos de evaporación en tanque de la red del Servicio Meteorológico Nacional.

Sabrina H. Juárez⁽¹⁾, Lorena J. Ferreira⁽¹⁾

(1) Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional. 25 de Mayo 658. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Mail de contacto: sjuarez@smn.gov.ar ferreira@smn.gov.ar

RESUMEN: Una de las variables de importancia, que forma parte fundamental del ciclo hidrológico y que es de utilidad al momento de estudiar los flujos de agua, es la evaporación. Cerca de la mitad de la radiación solar que es absorbida por la tierra es usada en evaporación.

Los estudios de evaporación tienen por objeto determinar los cambios en la radiación neta del entorno, evaluar los cambios que esta genera en el uso del suelo y determinar condiciones de humedad de suelo como dato en un sistema de alerta temprana de inundaciones. También, para estimar el balance de agua en cuencas ya que la cantidad de agua que este proceso resta al caudal de un río, canal o embalse en un cierto período de tiempo es de gran importancia por ejemplo, al momento de proyectar obras hidráulicas. Estos son algunos de los estudios en los que la evaporación tiene un papel importante.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) trabaja buscando proveer herramientas que permitan por un lado, optimizar la obtención y confiabilidad de los datos de evaporación y por el otro lado comprender su comportamiento y relación con las demás variables hidrológicas, con el objetivo de aportar información sobre el estado hídrico de la superficie del país y posibilitar la factibilidad de estudios como los mencionados previamente.

En tal sentido, el SMN efectúa el seguimiento y la consistencia de los valores diarios y mensuales de las estaciones meteorológicas de superficie y plantas de evaporación que actualmente se encuentran activas en el país, mediante la elaboración, aplicación y ejecución de planillas de cálculo digital de esta variable, la correcta instalación, observación y mantenimiento de los tanques de evaporación, y las necesarias y específicas consideraciones según la planta de evaporación se ubique en regiones frías o cálidas, a fin de comprender los procesos hidrológicos.

INTRODUCCIÓN

La atmósfera incorpora continuamente agua de los océanos, lagos, ríos y suelos por medio de la evaporación, restableciendo la humedad perdida a través de las lluvias y otras formas de precipitación, hechos que conforman las etapas del ciclo hidrológico.

La evaporación desde la superficie como proceso físico, representa la cantidad de la capa de agua en estado líquido o sólido que es devuelto a la atmósfera en forma de vapor de agua mediante la transferencia de energía calórica. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) explica como a nivel continental, entre un 70 y 75% de la precipitación anual retorna a la atmósfera por evaporación y transpiración (OMM No. 168); la medición de esta variable es importante en muchos campos científicos y técnicos, puesto que es uno de los componentes del balance hídrico cuyo conocimiento resulta indispensable para la solución de numerosos problemas de manejo del agua; sin embargo, es este uno de los procesos del ciclo hidrológico más engorrosos al momento de cuantificar, ya que es difícil definir la cantidad de agua almacenada o en movimiento bajo la superficie. (Shaw et al., 2011).

Según la OMM actualmente es imposible medir de manera directa la evaporación de grandes superficies de agua, ya que en los embalses naturales no es posible aislar este proceso de otros como la infiltración, absorción de la vegetación, etc. (OMM No. 168). Por tal motivo es que se han establecido distintos métodos indirectos de resultados aceptables por medio de aparatos o tanques especiales denominados evaporímetros o atmómetros como el evaporímetro de balanza, evaporímetro piche, evaporígrafo, tanque de evaporación e instrumentos digitales.

Lo indispensable para poder comparar los resultados y que estos sean confiables, es que todos los instrumentos estén ubicados en condiciones estándar, por lo cual los tanques de evaporación se emplazan dentro del campo de observación de la estación meteorológica, en un espacio despejado y llano, para evitar la acumulación de agua en caso de fuertes precipitaciones y a fin de evitar el calor reflejado. El tanque debe ubicarse de manera distante a cualquier objeto como árboles o edificios y el suelo debe estar cubierto con césped o pasto corto.

En la República Argentina, el SMN utiliza para la medición de la evaporación los tanques terrestres tipo “A”, el cual tiene una forma cilíndrica de 121 cm de diámetro interior y 25 cm de altura aproximadamente (figura 1. FAO) Están construidos con chapa de hierro galvanizada nº 22, y preferentemente no debe ser pintado. Su fondo debe estar soldado interiormente y debe ser bien plano; la chapa que forma la pared lateral del cilindro no debe tener costuras para evitar filtraciones y el borde superior debe estar reforzado con un aro de hierro galvanizado. El tanque se coloca sobre una tarima de tirantes en madera a 15 cm del suelo; además del tanque, una estación evaporimétrica debe disponer de un termómetro seco, un termómetro de máxima y otro de mínima temperatura, psicrómetro, anemómetro y un pluviómetro.

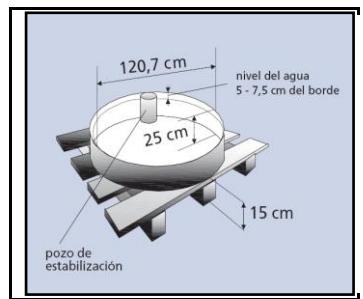


Figura 1.- Tanque de evaporación tipo “A”

A pesar que, desde el punto de vista teórico se han efectuado fuertes críticas a este método de medición, la relación lago-tanque es muy estable de un año a otro y no varía excesivamente de una región a otra (Linsley et al., 1967). Además, este tipo de tanque ha sido recomendado por la OMM y la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (AICH) como el instrumento de referencia, puesto que su respuesta ha sido estudiada en variadas condiciones climáticas y para un amplio intervalo de valores de latitud y elevación. (OMM No 449; Quintela, 1962).

Para el año 1970 la red oficial de medición de la evaporación en el país, comprendía ochenta estaciones evaporimétricas (figura 2). Muchas estaciones de evaporación han entrado en suspensión en la década del '50 en todo el territorio nacional.

La reinstalación de una estación y los instrumentos necesarios para efectuar las mediciones requieren de importantes inversiones, por tal motivo es que se hace imprescindible mantener las instalaciones adecuadamente.

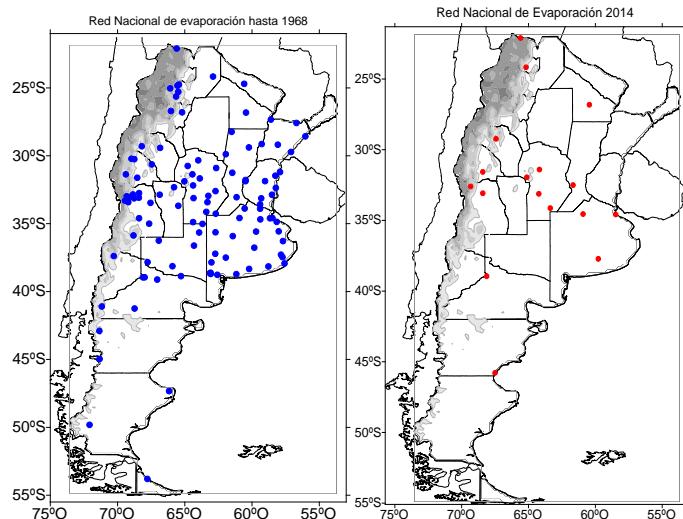


Figura 2.- Red oficial de medición 1968-2014

Actualmente la red nacional del SMN cuenta con diecisiete estaciones activas sobre el país (figura 2). De estas estaciones, en general, se disponen datos desde 1991 aunque con períodos de interrupción en algunos casos.

En estas estaciones, las lecturas en tanque de evaporación se realizan una vez cada veinticuatro horas y siempre en el mismo horario, por lo general a las 12Z (9:00 horas local).

El SMN, además de trabajar actualmente con la digitalización y el control de la información histórica de todo el país, desde el año 2013 ha comenzado a trabajar específicamente con seis de las estaciones activas: Roque Sáenz Peña, Laboulaye, Junín, Observatorio Central de Buenos Aires, Azul y Comodoro Rivadavia, implementando nuevas formas de seguimiento y control de esta variable con el objetivo de mejorar la consistencia de los valores diarios y mensuales de evaporación y así generar una base de datos actualizada, confiable y verificada por medio de un circuito de control y comunicación (figura3) en tiempo cuasi-real. Esto permite agilizar su monitoreo y la disponibilidad en tiempo y forma de la información para diversos estudios.

Para ello se ha confeccionado una planilla digital de uso mensual; en esta planilla se calcula de manera automática la evaporación de cada día del mes. De esta manera se obtiene el valor de evaporación diaria a partir de la diferencia entre el nivel de agua en tanque del día de la observación con el nivel del agua en tanque del día anterior teniendo en cuenta, además, que si se producen precipitaciones su valor acumulado también será considerado para el cálculo.

Para obtener uniformidad en el país, en lo que se refiere a la forma de observación, medición, manejo y envío de los datos se ha confeccionado un instructivo detallando el modo y cuidados a considerar al momento de la observación, así como todos los aspectos que hacen al buen funcionamiento de una estación de evaporación; además se ha desarrollado otro instructivo que detalla cómo realizar el correcto llenado y envío de la planilla digital.

Una vez recibidas estas planillas mensuales desde las estaciones meteorológicas, se procede al control de los valores que han sido ingresados de manera codificada a la base de datos en forma diaria mediante el sistema synop. En caso de detectarse errores, se modifica la base siempre de acuerdo a lo calculado en la planilla digital.

Las modificaciones que se realizan son informadas a la cada estación, de esta manera se busca reducir los errores y aumentar la confiabilidad de los datos de evaporación que se envían en forma diaria a la central del SMN.



Figura 3. Circuito de control y comunicación

Este trabajo muestra brevemente cómo se constituye la red de medición del SMN, como se efectúa la medición y transmisión del dato, y posterior consistencia de la información. Por último se muestra la relación entre la evaporación medida en tanque y otras variables de interés como la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP). Cabe aclarar que a todos los valores de evaporación utilizados en este trabajo se les aplicó el factor de corrección de tanque (0.7).

RESULTADOS

Análisis de los datos de evaporación en tanque de la red SMN

Controladas las planillas y que los valores diarios de estas coincidan con los de la base de datos, se pueden utilizar esos valores con una mayor confiabilidad. Por ejemplo comparando los valores de evaporación diaria o mensual de años anteriores con su valor de referencia, o con valores del año en transcurso, para posteriormente poder relacionar su comportamiento con otras variables. Para comparar la evaporación mensual respecto a su valor de referencia, se toma como ejemplo la estación Junín (figura 4), los valores mensuales fueron obtenidos considerando el período 1991-2013, los mismos se representan en barras de color verde, mientras que el valor de referencia de esta estación para el período 1947-1974 se representa con una línea color negro, pueden notarse los valores correspondientes para cada caso al pie del gráfico.

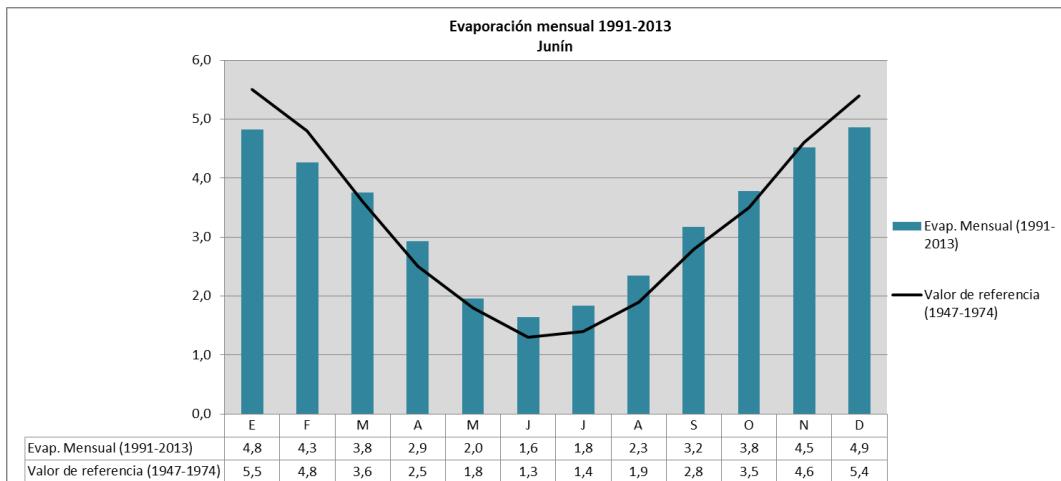


Figura 4- Evaporación mensual 1991-2013 / valor de referencia 1947-1974 para la estación Junín

En este caso se observa como la evolución de la evaporación mensual 1991-2013 acompaña la evolución de la línea de referencia correspondiente. Los valores más elevados tienen ocurrencia entre octubre y enero, siendo los más bajos entre mayo, junio y julio. Cabe destacar como los valores de evaporación mensual en diciembre, enero y febrero para el período 1991-2013 son inferiores a los del período 1947-1974, mientras que son más elevados a los valores de este último período mencionado en los meses invernales.

Se muestran como ejemplos tres de las seis estaciones que se mencionaron anteriormente, Junín (figura 5), Observatorio Central de Buenos Aires (figura 6) y Comodoro Rivadavia (figura 7), en cada una, se representan los valores mensuales de evaporación para el año 2013 y 2014. Se presentan con barras amarillas los valores correspondientes al año 2013 y con barras verdes los valores del 2014. Es importante considerar la cantidad de días con datos disponibles ya que puede ocurrir que la medición de la evaporación no pueda ser obtenida debido a que el tanque se encuentre congelado, desbordado o fuera de servicio por lo cual, debajo de cada mes se especifica la cantidad de días considerados en cada caso.

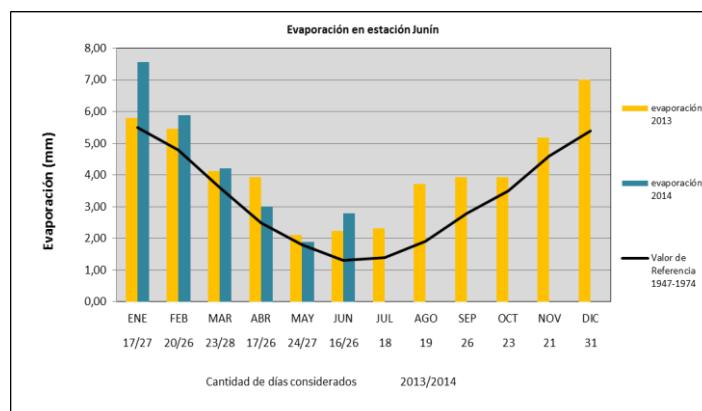


Figura 5- Evaporación mensual 2013-2014. La línea en color negro muestra el valor de referencia, es decir, el valor normal de evaporación para esta estación entre el período 1947-1974.

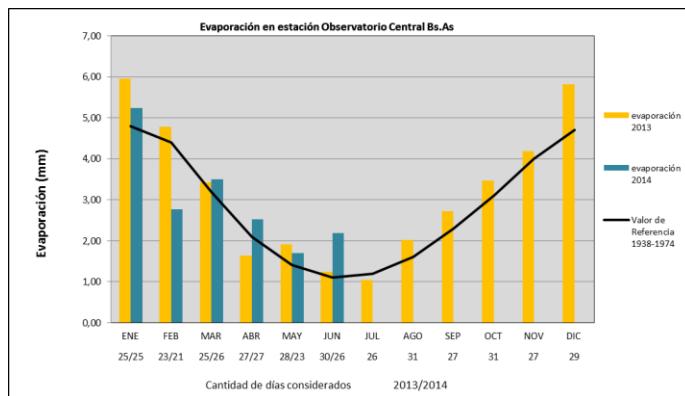


Figura 6- Evaporación mensual 2013-2014. La línea en color negro muestra el valor de referencia, es decir, el valor normal de evaporación para esta estación entre el periodo 1938-1974.

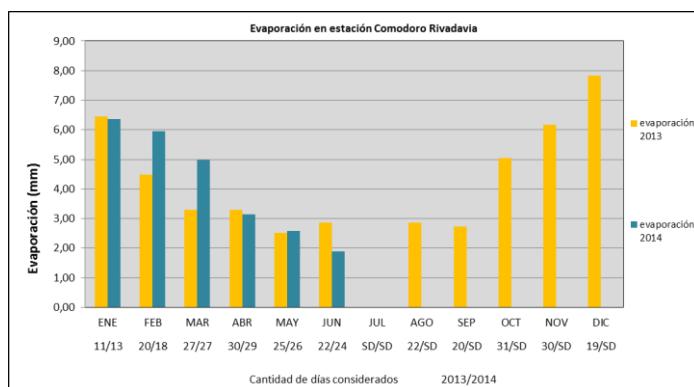


Figura 7- Evaporación mensual 2013-2014.No se disponen de los valores de referencia para esta estación.

A continuación, se muestra la relación, por un lado entre el promedio de evaporación mensual y temperatura media mensual- *sector izquierdo*- y por el otro la relación entre el promedio de evaporación y la precipitación total mensual –*sector derecho*- en 2013 y 2014 para las mismas tres estaciones mencionadas: Junín (figura 8), Observatorio Central de Buenos Aires (figura 9) y Comodoro Rivadavia (figura 10).

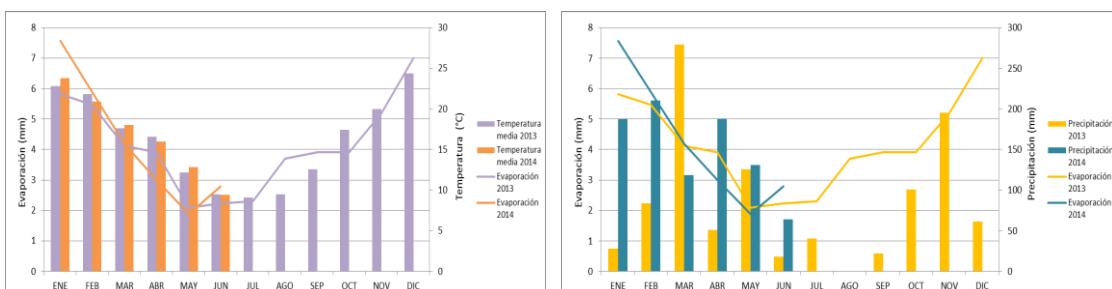


Figura 8- relación entre el promedio de evaporación mensual/ temperatura media mensual y precipitación total mensual en Junín.

En la estación de Junín, tanto en marzo como en mayo de 2013 puede notarse una disminución en los valores de evaporación que responden a los meses en donde las precipitaciones son mayores. Así mismo esos valores aumentan en aquellos meses donde las precipitaciones mensuales son menores o nulas y donde se registran leves temperaturas mensuales. En los meses transcurridos del año 2014, se observa una tendencia en disminución de los valores de evaporación en coincidencia con el periodo de mayores precipitaciones.

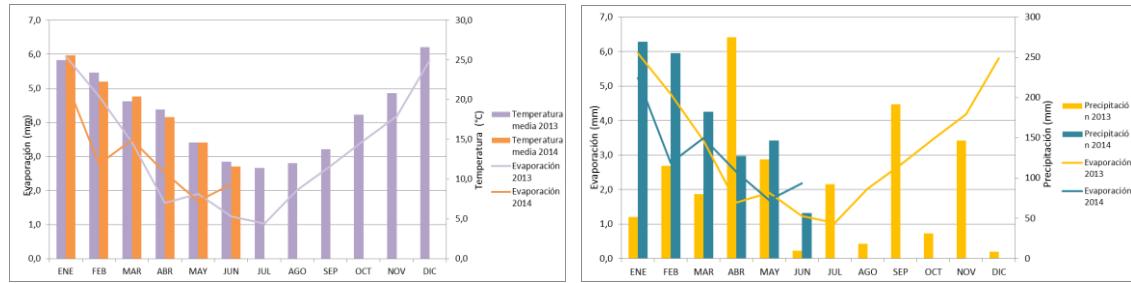


Figura 9- relación entre el promedio de evaporación mensual/ temperatura media mensual y precipitación total mensual en observatorio Central de Buenos Aires.

En la estación Observatorio Central de Buenos Aires, la evolución de la evaporación es acompañada por la evolución de la temperatura media mensual con valores mínimos en los meses invernales y valores máximos en los meses estivales. Durante los dos primeros meses del 2014 el promedio de evaporación mensual, respecto a los mismos meses del 2013 es menor, esto puede responder a que durante este período, fueron superiores las precipitaciones y al disminuir estas durante marzo y abril 2014 la evaporación aumenta acompañada de temperaturas que se mantuvieron elevadas.

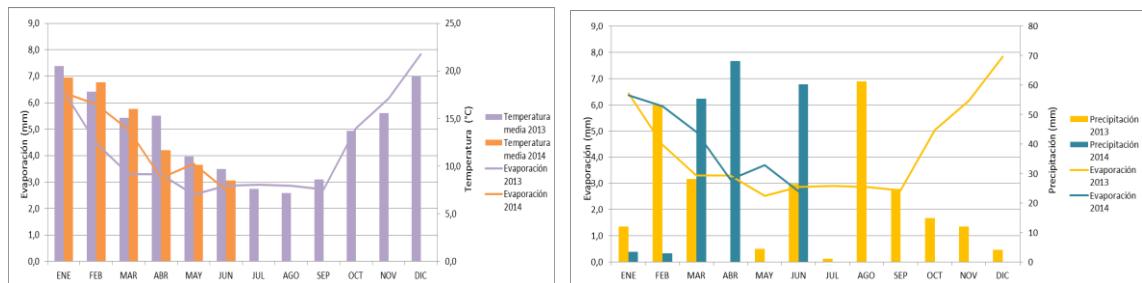


Figura 10- relación entre el promedio de evaporación mensual- precipitación total mensual-temperatura media mensual en Comodoro Rivadavia.

En la estación Comodoro Rivadavia la marcha de la evaporación es acompañada por la marcha de la temperatura con un valor mínimo entre mayo y septiembre. Durante los dos primeros meses del 2014, el promedio de evaporación mensual, respecto a los mismos meses del 2013 es mayor, esto podría relacionarse a que durante este período las precipitaciones fueron más escasas respecto al mismo período del año anterior.

Al aumentar las precipitaciones en marzo y abril 2014, la evaporación disminuye. En tanto que en mayo se produce un aumento en la evaporación, relacionado a una mejor predisposición de la atmósfera en la captación de agua ya que las temperaturas son moderadas.

La relación entre temperatura y precipitación respecto a la evaporación también puede ser analizada mediante el coeficiente de correlación. A continuación se presenta dicho coeficiente para la estación Observatorio Central de Buenos Aires. Por un lado se muestra la relación de la precipitación en función de la evaporación (figura 11) y por otro lado la relación de la temperatura en función de la evaporación (figura 12). Para ello se tuvieron en cuenta los valores mensuales para un período de veintiún años, comprendidos entre 1992 y 2013.

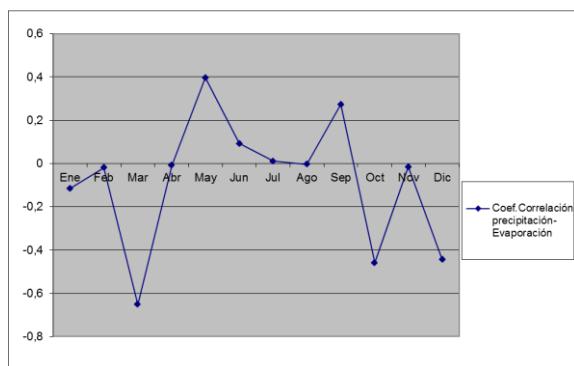


Figura 11- Coeficiente de correlación precipitación /evaporación

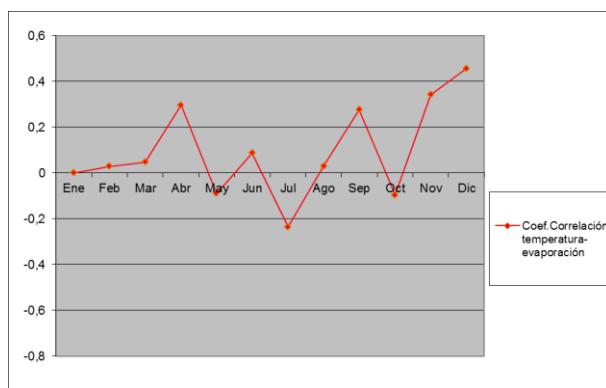


Figura 12- Coeficiente de correlación temperatura /evaporación

Considerando que el Observatorio Central de Buenos Aires, se localiza geográficamente en una región donde las precipitaciones son mayores en octubre y marzo, puede notarse que dentro de ese período la relación entre la precipitación y evaporación es negativa, alcanzando valores de -0.6, es decir, el máximo de precipitación coindice con el mínimo valor de evaporación. En los restantes meses, donde las precipitaciones no son tan abundantes, no se observa una relación muy marcada.

Así mismo, en aquellos meses en donde la relación precipitación /evaporación es negativa, se aprecia una correlación positiva entre temperatura y evaporación, esto estaría relacionado a una mayor insolación durante el período estival.

Comparación entre los datos de evaporación en tanque y evapotranspiración potencial estimada

Puesto que el proceso de evaporación desde una superficie libre de agua no es la única vía en que la atmósfera incorpora agua desde la superficie, sino que combinada a la traspiración de las plantas componen el proceso de evapotranspiración, se presenta la relación entre la evaporación en tanque y la ETP, obtenida a partir del método Thornthwaite y Mather (1955) (Tabla 1) para cada una de las estaciones exemplificadas anteriormente, para ello se consideran períodos de diez días –décadas- para el mes de enero 2014 y el mes de junio 2014.

Se define a la evapotranspiración potencial como la evapotranspiración que se produciría si hubiese siempre un suministro de agua adecuado en una superficie totalmente cubierta de vegetación, es decir supone un suministro de agua ideal para las plantas; la transpiración está asociada al crecimiento de las plantas, por lo cual habrá mayor evapotranspiración cuando la planta esté creciendo (OMM No. 168). Es de esperar que la ETP sea inferior a la evaporación obtenida a partir de las mediciones realizadas en tanques.

Tabla 1. Comparación evaporación – evapotranspiración potencial

Enero	ocba		Junín		C.Rivadavia		junio	ocba		Junín		C.Rivadavia		Diferencia enero-junio		
	EVAP	ETP	EVAP	ETP	EVAP	ETP		EVAP	ETP	EVAP	ETP	EVAP	ETP	ocba	junín	C.Rivadavia
1° década	5,46	4,61	7,05	4,17	5,39	3,60	1° década	1,82	1,59	3,58	1,28	1,65	0,64	3,64	3,48	3,74
2° década	5,46	4,85	9,06	4,47	6,97	4,59	2° década	3,24	1,38	1,67	1,11	1,61	0,74	2,22	7,39	5,36
3° década	4,85	4,49	6,74	4,09	6,99	3,60	3° década	1,24	1,41	2,87	1,20	2,31	1,00	3,60	3,87	4,68

*Evaporación obtenida a partir de la lectura del tanque tipo "A" ** Evapotranspiración potencial

Se consideran estos dos meses, a fin de observar la relación entre estos dos procesos tanto en el período estival como en el invernal; en ambos casos y en la tres estaciones presentadas se observan valores de ETP que son inferiores a los de evaporación en tanque, al mismo tiempo que la evaporación y la ETP son más elevados en verano que invierno. En la estación estival los valores de ETP rondan de 3.6 a 4.85 y valores de evaporación rondan entre 5.39 y 9 milímetros

Con respecto a la relación evaporación y ETP, se observa una mayor diferencia en Comodoro Rivadavia en el mes de junio, mientras que la mayor diferencia para el mes de enero se presenta en Junín, siendo también

en esta estación donde se observa la mayor diferencia en la segunda década entre enero y julio, con un valor que supera los 7 milímetros.

CONCLUSIONES GENERALES

Ya se mencionó anteriormente la importancia de la evaporación como proceso físico dentro del ciclo hidrológico, como su conocimiento y comprensión son de utilidad en determinados escenarios hídricos para estimación previa de las pérdidas de agua a través de esta variable. Al relacionar la evaporación con la temperatura y precipitación se buscó poder establecer una relación entre ambas.

En este trabajo se ha mostrado que la ocurrencia de precipitación tiende a enmascarar la pérdida de evaporación, de modo que no se reconoce salvo en períodos sin lluvias, lo cual no significa que, aunque en menor cantidad, en períodos de lluvias no exista evaporación alguna. Al comenzar a secarse el suelo la evaporación disminuye para eventualmente cesar.

Otro factor de gran importancia es la temperatura, en el trabajo se encontró una relación positiva entre esta variable y la evaporación en tanque, principalmente en los meses de primavera y verano; Algunos de los demás aspectos a considerar y tener en cuenta al momento de querer monitorear un área geográfica específica son la topografía del terreno, la respuesta de la napa freática y el estado hídrico previo del suelo.

Es importante destacar que en este texto no se han considerado otros factores importantes a la hora de analizar el comportamiento de la evaporación como ser el viento y la humedad.

Con respecto al plan del labor del SMN, la finalidad inmediata es la puesta en servicio y práctica de herramientas que faciliten la eficiencia en la obtención del dato para el comienzo del armado con consistencia, ininterrupción y validez de la base de datos evaporimétrica, para lo cual se continuará con la tarea de digitalización de series de valores históricos, con el control de las planillas digitales confeccionadas a tal fin e incluyendo a las restantes estaciones del país y con el análisis sobre la relación de la evaporación y otras variables meteorológicas.

Agradecimientos: al Departamento de hidrometeorología, Departamento de Agrometeorología y Departamento de Procesos Automatizados del Servicio Meteorológico Nacional.

REFERENCIAS

Association of Hydrological Sciences. 1989. *Estimation of Areal Evapotranspiration*. T.A. Black University of British Columbia, Canadá

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. *Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. FAO. No 56. Roma, Italia.

Linsley, Kohler y Paulhus. 1967., *Hidrología para ingenieros*. Mc Graw Hill Co., Madrid.

Organización Meteorológica Mundial, 1976. *International Evaporimeter Comparisons*. No. 449. Ginebra.

Organización Meteorológica Mundial. 1994. *Guía de prácticas hidrológicas. Adquisición de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones*. No 168.

Organización Meteorológica Mundial, 2008. *Guide to Meteorological instruments and methods of observation*. No° 8.

Quintela, R. 1962. , *Estudios experimentales sobre evaporación*. SMN, Serie C- N° 1. República Argentina. República Argentina.

Quintela, R. Medina, L. y Plaza, L., 1970b. *Contribución al conocimiento del régimen de evaporación en la República Argentina*. S.M.N, serie C- N° 8. República Argentina.

Shaw, Elizabeth; Beven, Keith; Chappell, Nick y Lamb, Rob. , 2011 *Hydrometeorology in Practice*. Spon Press. NY, USA.