

MANUAL DE AGROCLIMA V2

P.E. Abbate

jun-2018

AUTOR	2
INTRODUCCIÓN	2
VERSIONES	2
INSTALACIÓN Y USO	2
LICENCIA Y LIMITACIONES DE USO	2
FUNCIONES de AGROCLIMA	4
Función AGROCLIMA	4
Función DDIAF56	4
Función ETPF56	4
Función JDIA	5
Función PVHM	6
Función PVHRF56	6
Función PVSF56	7
Función PVTRF56	7
Función RADAF56	7
Funciones RADF56A y RADF56P	8
ESTRATEGIA DE CÁLCULO EN EXCEL	8
REFERENCIAS	9

AUTOR

Idea, desarrollo y programación:

P.E. Abbate (abbate.pablo@gmail.com).
INTA Balcarce
CC 276, B7620ZAA
Balcarce, Buenos Aires
Argentina.

INTRODUCCIÓN

AGROCLIMA contiene un conjunto de funciones para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial por medio del método PENMAN-MONTEITH de FAO 56 (Allen et al., 1998), permitiendo realizar el cálculo típicamente tedioso, directamente desde Excel.

VERSIONES

AGROCLIMA dispone de dos versiones:

ACLIMA32.XLL para Excel de 32 bits (Excel 7 y versiones posteriores de 32 bits).
ACLIMA64.XLL para Excel de 64 bits (Excel 2010 y versiones posteriores de 64 bits).

La versión de Excel se puede consultar en la Ayuda de Excel.
El espacio de disco ocupado por AGROCLIMA no supera 1 Mbytes.

INSTALACIÓN Y USO

AGROCLIMA no requiere de programa instalación ni de desinstalación, simplemente siga los siguientes pasos:

- 1) Copie el archivo ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL en cualquier carpeta apropiada.
- 2) Desde Excel, se puede abrir ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL de dos maneras:
 - a) Manualmente: cada vez que lo necesite utilizar AGROCLIMA seleccione Menú Archivo, Abrir, Tipo de archivos: *.XLL, Examinar, elegir ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL y Aceptar.
 - b) Automática: agregando ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL como Complemento se cargará al abrir Excel. La manera de instalar un Complemento cambia con la versión de Excel.

En Excel 95(v7) a 2003(v11): seleccione Menú Herramientas, Complementos, Examinar, elegir ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL y Aceptar.

En Excel 2007(v12) y posteriores: seleccione Menú Archivo, Opciones, Complementos, en Administrar elegir Complementos de Excel y luego Ir... se abrirá un diálogo, seleccionar Examinar, elegir ACLIMA32.XLL ó ACLIMA64.XLL y Aceptar.

Para desinstalar el programa siga los pasos anteriores en orden inversos.

- 3) Use funciones como cualquier otra función de Excel, preferentemente utilice el botón de Insertar Función () para facilitar la introducción de datos (las funciones aparecerán en el grupo AGROCLIMA).

AGROCLIMA no modifica ningún archivo de sistema ni el registro de Windows.

LICENCIA Y LIMITACIONES DE USO

AGROCLIMA es un programa registrado y protegido por leyes de derechos de autor.

El programa es gratuito para uso docente, o en investigación o privado, con la condición de que se mencione al programa y su autor si los resultados obtenidos con este programa se hacen públicos.

Si bien el programa es gratuito, NO SE AUTORIZA LA DISTRIBUCIÓN LIBRE DE ESTE PROGRAMA SIN EL CONSENTIMIENTO DEL AUTOR. Puede solicitar una copia del programa al autor o descargarla del sitio que él establezca.

NO ESTÁ PERMITIDO EL USO COMERCIAL DE ESTE PROGRAMA, NI SU VENTA (NI SOLO, NI INCLUIDO O ACOMPAÑADO CON OTROS PROGRAMAS) SIN EL CONSENTIMIENTO EXPRESO DEL AUTOR.

El programa se suministra como está, sin ninguna garantía. El autor se desentiende de toda consecuencia directa o indirecta relacionada con su uso.

El autor agradece cualquier sugerencia respecto de este programa que le hagan llegar.

FUNCIONES DE AGROCLIMA

AGROCLIMA	Devuelve autor y versión de AGROCLIMA.
DDIAF56	Calcula la duración del día teórica (heliofanía) por el método de FAO 56.
ETPF56	Calcula la evapotranspiración potencial diaria, decádica o mensual por el método Penman-Monteith FAO 56.
JDIA	Calcula el número de día del año.
PVHM	Calcula la presión de vapor actual a partir de la humedad relativa media.
PVHRF56	Calcula la presión de vapor actual a partir de las temperaturas y humedades relativas, por el método FAO 56.
PVSE56	Calcula la presión de vapor saturado, por el método de FAO 56.
PVTRF56	Calcula la presión de vapor actual a partir de la temperatura del punto de rocío, por el método FAO 56.
RADAF56	Calcula la radiación astronómica (extraterrestre) por el método de FAO56.
RADF56A	Calcula la radiación global (total) a partir de la heliofanía (expresada en horas), por el método de FAO56 (ecuación de Angstrom).
RADF56P	Calcula la radiación global (total) a partir de la heliofanía (expresada en porcentaje), por el método de FAO56 (ecuación de Angstrom).

Función AGROCLIMA

Devuelve autor y versión de AGROCLIMA.

AGROCLIMA ()

Admite cualquier parámetro opcional.

Ejemplo

AGROCLIMA (0) = AGROCLIMA 64 bits; P.E. Abbate (abbate.pablo@gmail.com), v2, 14-Dic-2015.

Función DDIAF56

Devuelve la duración del día teórica (heliofanía teórica, horas de luz entre la salida y puesta del sol sin nubosidad), computada por el método FAO 56 (Allen et al., 1998). La salida y puesta del sol corresponden a una altura solar de 0° respecto del horizonte. Este método es de validez limitada para los meses de invierno en latitud mayores a 55° (N o S). La duración del día devuelta es la utilizada para calcular [RADAF56](#) (la radiación astronómica o solar extraterrestre) y [RADF56A](#) (la radiación solar global o total).

DDIAF56 (Jdía, Latitud)

Jdía: número de día del año, entre 1 (1° enero) y 365 o 366 (31 de diciembre), si no es un entero su valor se trunca; puede calcularse por medio de la función [JDIA](#).

Latitud: latitud (en grados), entre -90° y 90°, negativa para el hemisferio sur (ej.: para 37°45"S use -37.75°).

La función DDIAF56 puede utilizarse para transformar la heliofanía efectiva (He, horas de luz afectada por la nubosidad) expresada en horas a porcentaje y viceversa, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} He (\%) &= He (h) / DDIAF56 * 100 \\ He (h) &= He (\%) / 100 * DDIAF56 \end{aligned}$$

Ejemplo

DDIAF56 (100, -38) = 11.1994952136441.

Función ETPF56

Calcula la evapotranspiración (consumo de agua) de referencia (mm/d), sin coeficiente de cultivo, diaria, semanal, decádica o mensual, por el método Penman-Monteith FAO 56 (Allen et al., 1998).

ETPF56 (Jdía, Rad, Tmax, Tmin, DTP, PVA, Viento, Altura, Altitud, Latitud)

Jdía: número de día del año, entre 1 (1° enero) y 365 o 366 (31 de diciembre), si no es un entero su valor se trunca; puede calcularse por medio de la función JDIA.

Rad: radiación solar global (total) en MJ/m²/d. Las funciones RADE56A y RADE56P permiten estimar la radiación global a partir de la heliofanía efectiva.

Tmax: temperatura máxima del aire (°C).

Tmin: temperatura mínima del aire (°C).

DTP: variación de la temperatura media entre períodos de cálculo (°C); para períodos diarios use $DTP=0$; para períodos mayores DTP se puede calcular como $DTP = T3 - T1$ ó $DTP = 2 * (T2 - T1)$ ó $DTP = 2 * (T3 - T2)$, donde T1, T2 y T3 son las temperaturas medias del período siguiente, el actual y el posterior, respectivamente.

PVA: presión de vapor actual del aire (kPa); puede calcularse por medio de las funciones PVTRF56 o PVHRF56.

Viento: velocidad del viento (m/s); para transformar km/h a m/s divida el valor por 3.6; para transformar km/d a m/s divida el valor por 86.4.

Altura: altura (m) de medición de la velocidad del viento.

Altitud: elevación del lugar sobre el nivel del mar (m).

Latitud: latitud (en grados), entre -90° y 90°, negativa para el hemisferio sur (ej.: para 37°45'S use -37.75°).

Para prevenir errores de cálculo, ETPF56 computa déficit de presión de vapor cero si el valor calculado es negativo, radiación neta cero si el valor calculado es negativo y evapotranspiración cero si el valor calculado es negativo.

Ejemplo

Cálculo diario, ETPF56 (100, 22, 21, 11, 0, 1.4, 2.8, 2, 100, -38) = 2.99129363976869.

Cálculo mensual, si la temperatura media del mes anterior fue 15°C y la del mes actual es 16, entonces $DTP = 2 * (16 - 15) = 2$ y ETPF56 (100, 22, 21, 11, 2, 1.4, 2.8, 2, 100, -38) = 2.96434704788434.

Función JDIA

Calcula el número de día del año (día juliano), 1 para el 1° de enero y 365 o 366 para el 31 de diciembre, considerando los años bisiestos. Como año bisiesto genérico puede usar el año 0 y como no bisiesto el año 1. Note que Excel considera al año 1900 como bisiesto aunque no lo fue. El valor de JDIA puede usarse con varias funciones de AGROCLIMA.

JDIA (Año, Mes, Día)

Año: valor de cuatro cifras entre 1582 y 9999 ó de dos cifras entre 0 y 99. Si el valor del año está entre 0 y 49 se lo considerará entre el 2000 y 2049, y si está entre 50 y 99 se lo considerará entre 1950 y 1999. Si el valor no es un entero se trunca.

Mes: valor entre 1 y 12 correspondiente al mes del año. Si el valor no es un entero se trunca.

Día: valor entre 1 y 31 correspondiente al día del mes. Si el valor no es un entero se trunca.

La función devuelve error para el 29 de febrero de un año no bisiesto.

Ejemplo

JDIA (2004, 2, 25) = 56.

JDIA (4, 2, 25) = 56, año 4 se considera 2004.

JDIA (4, 2, 29) = 60.

JDIA (5, 2, 29) = ERROR, el año 2005 no es bisiesto.

Función PVHM

Calcula la presión de vapor actual (kPa) a partir de las temperaturas y humedad relativa media, siguiendo el método de Smith et al. (1992). Esta función se proporciona por compatibilidad con otros programas; la función correspondiente al método FAO 56 (Allen et al., 1998) es PVHRF56.

PVHM (*Tmax*, *Tmin*, *HRmed*)

Tmax: temperatura máxima del aire (°C).

Tmin: temperatura mínima del aire (°C).

HRmed: humedad relativa media del aire (%). $HRmed = (HRmax + HRmin) / 2$

Ejemplo

PVHM (21, 11, 75) = 1.28880320683234.

Función PVHRF56

Calcula la presión de vapor actual (kPa) a partir de las temperaturas y humedades relativas, siguiendo el método FAO 56 (Allen et al., 1998). El valor calculado puede usarse con la función ETPF56 para calcular la evapotranspiración. La función PVTRF56 permite calcular la presión de vapor a partir de la temperatura del punto de rocío.

PVHRF56 (*Tmax*, *Tmin*, *HRmax*, *HRmin*)

Tmax: temperatura máxima del aire (°C).

Tmin: temperatura mínima del aire (°C).

HRmax: humedad relativa máxima del aire (%).

HRmin: humedad relativa mínima del aire (%).

Si no dispone de todos los datos necesarios, se puede obtener un valor aproximado de presión de vapor de la siguiente manera (ver Allen et al., 1998):

PVHRF56 (*Tmin*, *Tmin*, *HRmax*, *HRmax*)

PVHRF56 (*Tmin*, *Tmin*, *HRmed*, *HRmed*)

donde

$HRmed = (HRmax + HRmin) / 2$

Si solo dispone de *Tmin* use la función PVTRF56. No es recomendable calcular la presión de vapor actual usando la temperatura media.

La función PVHM proporciona un método alternativo (compatible con otros programas) para calcular la presión actual de vapor a partir de humedad relativa media.

Ejemplo

Si dispone de las humedades y temperaturas máximas y mínimas,
PVHRF56 (21, 11, 90, 60) = 1.33682298177924.

Si solo se dispone de temperatura mínima y humedad relativa máxima,
PVHRF56 (11, 11, 90, 90) = 1.18144272519524.

Función PVSF56

Calcula la presión de vapor saturado (kPa), siguiendo el método FAO 56 (Allen et al., 1998).

PVSF56 (T)

T : temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$).

Ejemplo

$\text{PVSF56}(30) = 4.24306505875901$.

Función PVTRF56

Calcula la presión de vapor actual (kPa) a partir de la temperatura del punto de rocío, por el método FAO 56 (Allen et al., 1998). El valor calculado puede usarse con la función ETPF56 para calcular la evapotranspiración. Alternativamente, la presión de vapor puede calcularse a partir de las temperaturas y humedades relativas por medio de PVHRF56.

PVTRF56 (T_{roc})

T_{roc} : temperatura del punto de rocío ($^{\circ}\text{C}$).

Si no dispone de T_{roc} , pero dispone de las humedades relativas puede calcular la presión de vapor por medio de PVHRF56. Si no dispone de T_{roc} ni de humedades relativas, se puede obtener un valor aproximado de presión de vapor a partir de la temperatura mínima (T_{min}):

PVTRF56 (T_{min})

Esta aproximación puede conducir a errores importantes en localidades de baja humedad relativa.

Ejemplo

Si $T_{roc} = 12^{\circ}\text{C}$; $\text{PVTRF56}(12) = 1.40256387304696$.

Si solo se dispone de $T_{min} = 11^{\circ}\text{C}$; $\text{PVTRF56}(11) = 1.31271413910583$.

Función RADAF56

Calcula la radiación astronómica o solar extraterrestre en $\text{MJ/m}^2/\text{d}$; es decir, la cantidad de energía solar recibida en el límite superior de la atmósfera terrestre, en un plano perpendicular al de los rayos incidentes, por medio del método FAO 56 (Allen et al., 1998) para períodos diarios. Este método es de validez limitada para los meses de invierno en latitud mayores a 55° (N o S). DDIAF56 es la duración del día utilizada al calcular RADAF56. RADAF56 es la radiación astronómica utilizada en el cálculo de RADF56A y RADF56P (la radiación global o total).

RADAF56 (J_{dia} , $Latitud$)

J_{dia} : número de día del año, entre 1 (1° enero) y 365 o 366 (31 de diciembre), si no es un entero su valor se trunca; puede calcularse por medio de la función JDIA.

$Latitud$: latitud (en grados), entre -90° y 90° , negativa para el hemisferio sur (ej.: para $37^{\circ}45'\text{S}$ use -37.75°).

Si dispone de valores de heliofanía efectiva y radiación global medidos en la zona, la función RADAF56 permite calcular y verificar la relación entre esas variables. La recta a ajustar es:

$$y = a_s * \text{RADAF56} + b_s * \text{RADAF56} * H_e (\%)$$

donde a_s y b_s son las constantes de regresión.

Ejemplo

$\text{RADAF56}(100, -38) = 24.5716162997034$.

Funciones RADF56A y RADF56P

Estiman la radiación solar global (total) en MJ/m²/d, por medio de la ecuación de Angstrom (Allen et al., 1998). RADF56A y RADF56P se pueden utilizar para calcular la radiación global de ETPF56.

RADF56A (*Jdia*, *He* (*h*), *as*, *bs*, *Latitud*)

RADF56P (*Jdia*, *He* (%), *as*, *bs*, *Latitud*)

Jdia: número de día del año, entre 1 (1° enero) y 365 o 366 (31 de diciembre), si no es un entero su valor se trunca; puede calcularse por medio de la función JDIA.

He (%): heliofanía efectiva (horas de luz afectada por la nubosidad) expresada como porcentaje de la heliofanía teórica (horas de luz sin nubosidad).

He (*h*): heliofanía efectiva expresada en valor absoluto, horas.

as: constante (término independiente) que expresa la proporción de radiación incidente en la superficie terrestre de un día completamente nublado (*He* = 0%).

bs: constante (pendiente), *as* + *bs* expresa la proporción de radiación incidente en la superficie terrestre de un día completamente despejado (*He* = 100%).

Latitud: latitud (en grados), entre -90° y 90°, negativa para el hemisferio sur (ej.: para 37°45'S use -37.75°).

La diferencia entre las funciones RADF56A y RADF56P es que en la primera la heliofanía se debe expresar en términos absolutos (*h*), mientras que en la segunda se debe expresar en términos relativos (porcentaje de la heliofanía teórica). Por medio de la función DDIAF56 se puede transformar la heliofanía en horas a porcentaje y viceversa. DDIAF56 es la heliofanía teórica y RADAF56 la radiación astronómica (o solar extraterrestre) utilizadas al calcular RADF56A y RADF56P.

Los valores de *as* y *bs* cambian entre localidades. Cuando no se dispone de valores Allen et al. (1998) recomiendan *as*=0.25 y *bs*=0.50. Los valores más típicamente usados en Argentina son: *as*=0.18 y *bs*=0.55. La función RADAF56 permite calcular, por medio de regresión lineal, las constantes *as* y *bs*, si dispone de valores de heliofanía efectiva y radiación global medidos en la zona.

Ejemplo

RADF56A (100, 5.6, 0.18, 0.55, -38) = 11.1803899782684.

RADF56P (100, 50.0, 0.18, 0.55, -38) = 11.180085416365.

ESTRATEGIA DE CÁLCULO EN EXCEL

La siguiente lista de pasos para el cálculo de la evapotranspiración en planillas de Excel no cubre todas las posibilidades de AGROCLIMA, es solo una lista orientativa para ejemplificar su uso.

La distribución de los datos en la planilla puede ser muy variada, lo importante es que permita introducir los datos y copiar las fórmulas fácilmente. Una disposición posible podría ser la siguiente:

Altura (m):	2							
Eleva. (m):	120							
Latitud (°):	-37.75							
		(MJ/m2/d)	(°C)	(°C)	(°C)	(m/s)	(kPa)	(mm/d)
Fecha	Jdia	Radiación	Tmax	Tmin	Troc	Viento	PVTRF56	ETPF56
01/01/00	1	29.6	34.0	16.6	17.1	0.8	2.0	6.05
02/01/00	2	27.1	34.0	16.0	13.2	0.8	1.5	5.74
03/01/00	3	30.3	32.5	15.2	12.5	1.1	1.4	6.23
.	.	.	.	.	.	.	.	.

1) Introduzca el día Juliano (número de día del año en una celda) en una celda; si no lo conoce calcúlelo por medio de la función JDIA a partir del año, el mes y el día calendario. Si va a calcular la evapotranspiración de una serie de días consecutivos, puede introducir el primer día Juliano y calcular los restantes sumando 1 al día Juliano anterior.

2) Introduzca la radiación solar global en MJ/m²/d (megajoules por metro cuadrado y por día), en alguna celda, si no dispone del dato puede estimarlo a partir de la heliofanía efectiva por medio de la función RADF56A o RADF56P. La función RADF56 permiten calcular las constantes a_s y b_s utilizadas por RADF56A y RADF56P, si dispone de valores de heliofanía efectiva y radiación global medidos en la zona.

3) Introduzca la temperatura máxima y mínima en °C (grados centígrados), en la planilla.

4) Si va a calcular la evapotranspiración para períodos diarios no necesita calcular DTP (variación de la temperatura media entre períodos), asígnele valor cero. Para períodos mayores (p.ej. mensuales), calcule la temperatura media del mes anterior (T1), del actual (T2) y del siguiente (T3) a partir de las temperaturas máximas y mínimas. Luego calcule DTP para el primer mes como $DTP = (T3 - T2)$, para el último mes $DTP = (T2 - T1)$ y para los meses intermedios $DTP = (T3 - T1)$.

5) Introduzca la presión de vapor actual en kPa (kilopascal) en alguna celda. Generalmente las estaciones meteorológicas no publican la presión de vapor actual, en tal caso puede calcularla a partir de la temperatura del punto de rocío por medio de la función PVTRF56 o a partir de las temperaturas y humedades máximas y mínimas por medio de la función PVHRE56. Si no dispone de la temperatura del punto de rocío ni de las humedades relativas, se puede obtener un valor aproximado de presión de vapor usando la temperatura mínima como argumento de PVTRF56; esta aproximación puede conducir a errores en localidades de baja humedad relativa. Otra posibilidad para obtener el valor de la presión de vapor actual, es a partir de la temperatura mínima y la humedad relativa máxima por medio de PVHRE56. Si solo dispone de las temperaturas máximas y mínimas y de la humedad relativa media use PVHRE56; la función PVHM también permite calcular la presión de vapor actual a partir esas variables, pero siguiendo un método que no corresponde estrictamente con el de FAO 56. La estimación de la presión de vapor actual a partir temperatura media es poco recomendable.

6) Introduzca la velocidad del viento en m/s (metros por segundo) en una celda y la altura de medición (m) en otra. Si la altura de medición es la misma para todos los datos puede introducirla en una única celda y hacer una referencia absoluta (ver detalles en la Ayuda de Excel o Quattro Pro) a ella o introducirla como constante en la función ETPF56 con la cual calculará la evapotranspiración.

7) Introduzca la altitud en m (metros sobre el nivel del mar) y latitud (en grados negativos para el hemisferio Sur; p.ej. para 37°45'S use $-(37+45/60) = -37.75$) de la localidad en cuestión. Si la altitud y latitud son las mismas para todos los datos puede introducirlos una única vez y hacer una referencia absoluta a esas celdas o introducirlos como constante en la función ETPF56.

8) Finalmente calcule la evapotranspiración de referencia en mm/d (milímetros de agua por día), por medio de la ecuación de Penman-Monteith siguiendo el método FAO 56 (Allen et al., 1998), introduciendo la función ETPF56 en alguna celda. Preferentemente utilice el editor de editor de funciones (Menú Insertar, Función, Categoría de la función: AGROCLIMA, Nombre de la función: ETPF56). Si las celdas con fórmulas tienen una disposición adecuada podrá copiarlas para calcular la evapotranspiración del resto de los días o meses rápidamente.

REFERENCIAS

- Allen, R. G., Smith, M., Perrier, A., & Pereira, L. S. 1993. Updated reference evapotranspiration definition and calculation procedures. Rome, Italy. 36 pp
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 300 pp
- Smith M., Allen R., Monteith J.L., Pereira L.A., Perrier A. y Segeren A. 1992. Report on the Expert Consultation for the Revision of FAO methodologies for crop water requirements. FAO, Rome, Italy, 54 pp.