

~~3637-3638~~

6337-6338

Met. 174

R. Alvarez

PUBLICACION MIMEOGRAFIADA No. 10

ENERO DE 1954

# Los Estudios de Evapotranspiración

Por: **Jesús M. Sánchez Carrillo**  
Meteorólogo

Ministerio de Agricultura y Cría  
Dirección de Agricultura  
**INSTITUTO NACIONAL DE AGRICULTURA**  
Maracay -- Venezuela

PUBLICACION MIMEOGRAFIADA Nº 10

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRIA

Dirección de Agricultura

INSTITUTO NACIONAL DE AGRICULTURA

Sección de Meteorología

---

LOS ESTUDIOS DE

EVAPOTRANSPIRACION

---

Jesús M. Sánchez Carrillo

Meteorólogo, Jefe de la Sección

Maracay, enero de 1954

P R O L O G O

En el campo experimental del Instituto Nacional de Agricultura se inician actualmente investigaciones tendientes a determinar los valores de la "evapotranspiración", en la forma que éste factor de carácter climático ha sido estudiado durante años recientes en los Estados Unidos y algunos otros países de América.

Las instalaciones, métodos y procedimientos a usarse son similares a los existentes en el Laboratorio de Climatología de la Universidad de John Hopkins, U.S.A. El instrumento fundamental, llamado "Evapotranspirómetro" fué diseñado originalmente por el Dr. C. W. Thornthwaite, Director de dicho laboratorio.

Es propósito de la Sección de Meteorología Agrícola del I.N.A. obtener con tales estudios una valiosa información sobre la influencia del factor hídrico en el clima agrícola local durante las diversas épocas del año.

- - - -

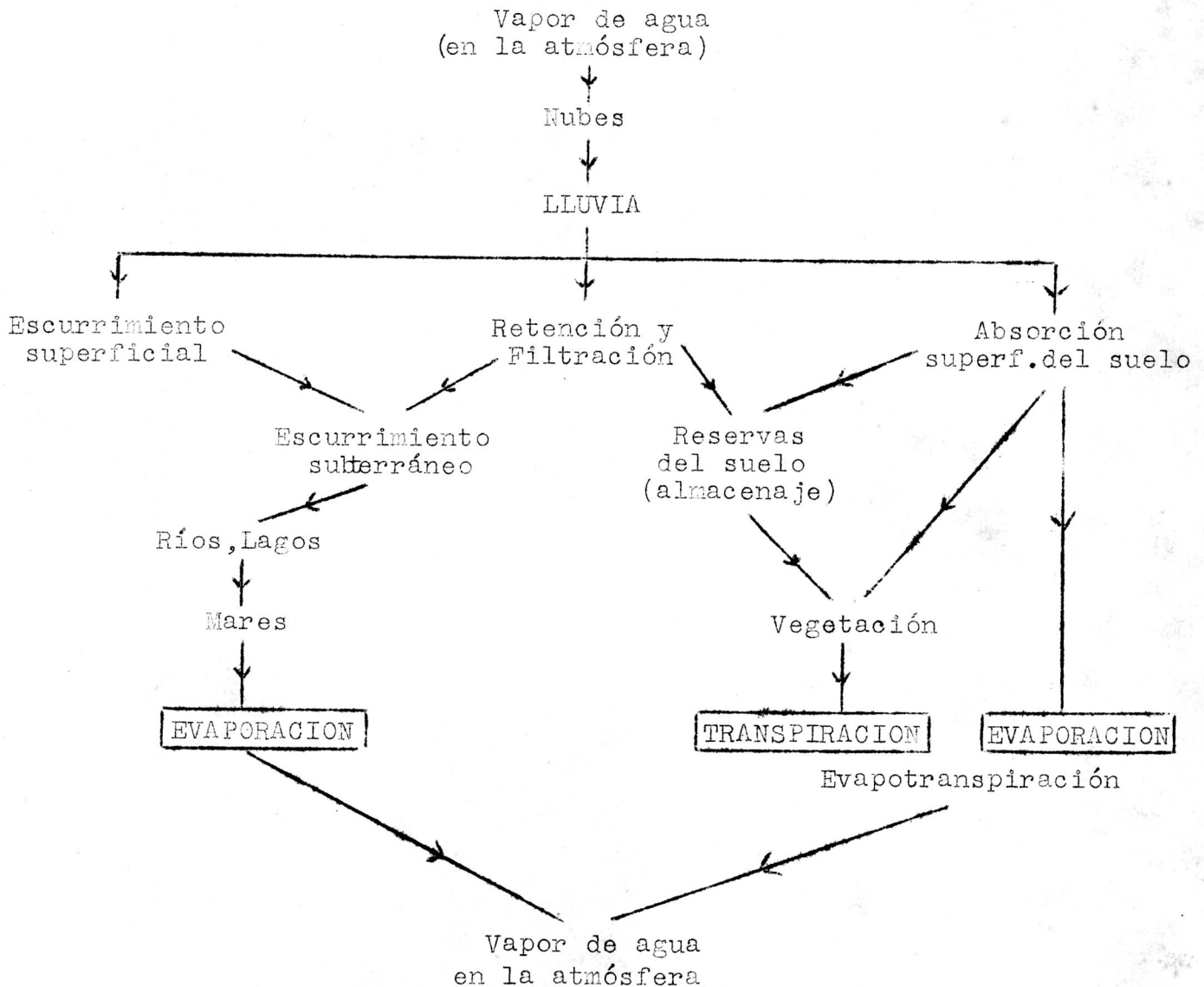
FINES DE LA INVESTIGACION:

Conocemos con el nombre de "evapotranspiración" a la evaporación conjunta que procede de la superficie del terreno y de la cubierta vegetal que sobre él se encuentra. Representa por tanto, la pérdida total de agua en la superficie terrestre debida a los factores: suelo y vegetación.

En los problemas agrícolas y de orden climatológico es de importancia capital conocer las variaciones de origen hídrico, debido a los efectos que ellas ocasionan sobre la producción agropecuaria y en el estado medio del ambiente para la vida humana en general.

Por una parte, nos interesa conocer la cantidad de agua que el suelo recibe (lluvia), y su distribución durante el año. Por la otra, también debemos saber la pérdida de ésta agua recibida, así como la distribución de ésta pérdida entre los distintos factores (evaporación de la superficie, absorción por el suelo y las plantas, escurrimiento) y en las diversas épocas del año.

El ciclo hidrológico nos muestra claramente el proceso hídrico que ocurre continuamente en la naturaleza, y que en forma de diagrama podemos expresarlo así:



Delos factores citados, el agua perdida por "escurrimiento" superficial y subterráneo va posteriormente a los ríos y mares, perdiéndose en él

La atención nuestra debe concretarse a la evaporación de la superficie del suelo y de la cubierta vegetal (evapotranspiración) y en la "retención" de agua por el terreno. Este último valor constituye lo que llamamos agua "almacenada", cuya cantidad varía según las características del suelo.

Nos interesa conocer el valor de la evapotranspiración porque representa la pérdida total de agua aprovechable por una superficie cultivada. Cuando el gasto de agua supera a la cantidad de agua recibida (lluvia) es natural que haya un déficit; el déficit representaría la cantidad de agua que debe agregarse a las plantas para mantenerlas vivas. Cuando el suelo no puede suministrarla por tener agotadas sus reservas, las plantas mueren.

Debe notarse que la evapotranspiración ocurre continuamente, durante todo el año, en una superficie cultivada. La lluvia normalmente no ocurre con la misma regularidad; en los intervalos de lluvias, la fuente de abastecimiento para las plantas es la reserva que tiene el suelo. Cuando la sequía es prolongada, el terreno agota el agua disponible y los cultivos perecen. La evapotranspiración se reduce y puede llegar a cero.

Concretando el proceso diremos: la evapotranspiración en la agricultura es el fenómeno inverso de la lluvia. La evaporación conjunta de la superficie del suelo (evaporación superficial) y de las plantas (transpiración) nos señala la cantidad de agua que regresa como pérdida total a la atmósfera. Este valor es el que trataremos de medir, para conocer con exactitud si el lugar es "húmedo" ó "seco"; si es apropiado para determinados cultivos ó no; si es preciso el riego y en qué cantidad.

Los términos húmedo y seco no pueden deducirse únicamente de los datos de lluvia en una localidad. Porque la efectividad de la lluvia se reduce cuando la evapotranspiración es abundante, y en muchos casos las pérdidas de agua superan a la precipitación del lugar. Una zona con abundante lluvia anual puede aparecer relativamente seca ó con deficiencia de agua, si los valores de evaporación son elevados en el curso del año.

La causa de que ésto ocurra con frecuencia, se debe a que los factores que producen la lluvia son diferentes a los que ocasionan la evaporación. En la lluvia influyen: las características de las masas de aire de la zona, la dirección de los vientos dominantes, la situación geográfica del lugar, etc. La evaporación total ó evapotranspiración es función de la radiación solar y las temperaturas, principalmente.

Por tal motivo, la lluvia y la evapotranspiración varían en forma diferente durante el año. Nos interesa pues, conocer su variación y los valores medios y extremos que alcanzan, a fin de llegar a un conocimiento exacto del clima local, sobre la base del equilibrio hídrico requerido para la agricultura.

#### MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

Todavía no se ha construido un instrumento capaz de medir con exactitud la evapotranspiración actual de un lugar. La evapotranspiración real ó actual podría determinarse en cuencas reducidas ó en zonas con drenajes adecuados donde puedan tomarse datos bastante precisos del escurrimiento total. Porque en tal caso, la evapotranspiración sería la diferencia entre la lluvia y el escurrimiento, es decir:

$$\text{Evapotranspiración} = \text{Lluvia} - \text{Eskurrimiento}$$

La evapotranspiración actual depende de la humedad disponible en el suelo; cuando ésta aumenta, aquella será mayor, y viceversa. El aumento de la evapotranspiración es proporcional a la humedad existente en el terreno.

En éste caso, trataremos de abordar el problema en forma diferente : en lugar de medir la evapotranspiración actual, mediremos la

Evapotranspiración potencial. Con ésta expresión definimos a la cantidad de agua que sería evaporada por una superficie cubierta de vegetación, si existieran permanentemente en el suelo condiciones óptimas de humedad para el uso de dicha vegetación.

Es decir: deseamos conocer la cantidad de agua que evaporaría una superficie sembrada si en el suelo hubiera en todo momento agua suficiente para ser utilizada por las plantas.

La condición de que haya siempre en el suelo el agua que necesitan las plantas, sin que éstas sean perjudicadas por exceso ó deficiencia de la misma, nos dice que la evapotranspiración potencial es precisamente el valor óptimo de agua que requieren para su desarrollo.

La consideración anterior se funda en un hecho característico de las plantas: éstas utilizan el agua según sus necesidades. En las zonas áridas la vegetación es escasa y requiere poca cantidad de agua para mantenerse viva; pero ésto no significa que no podría utilizar más agua si ésta estuviera disponible. Las plantas crecen y se desarrollan de acuerdo con las disponibilidades hídricas del lugar.

La evapotranspiración es pequeña en las zonas áridas debido a la escasez de agua; aumenta notablemente a medida que el abastecimiento de agua es mayor. Los cultivos crecen y se desarrollan mejor cuando el agua del suelo tiene un valor óptimo.

Para medir la evapotranspiración potencial utilizaremos un aparato denominado "Evapotranspirómetro". La construcción del mismo permite un suministro continuo de agua a una pequeña superficie del terreno que ha sido sembrada con determinado cultivo. Es posible asimismo, recoger el agua sobrante (exceso) cuando las lluvias aumentan repentinamente la cantidad de agua requerida por el suelo.

Un dibujo simplificado del instrumento puede verse en la página siguiente, donde se observa la posición relativa de sus diversas partes.

Las condiciones que reúne el evapotranspirómetro se resumen así:

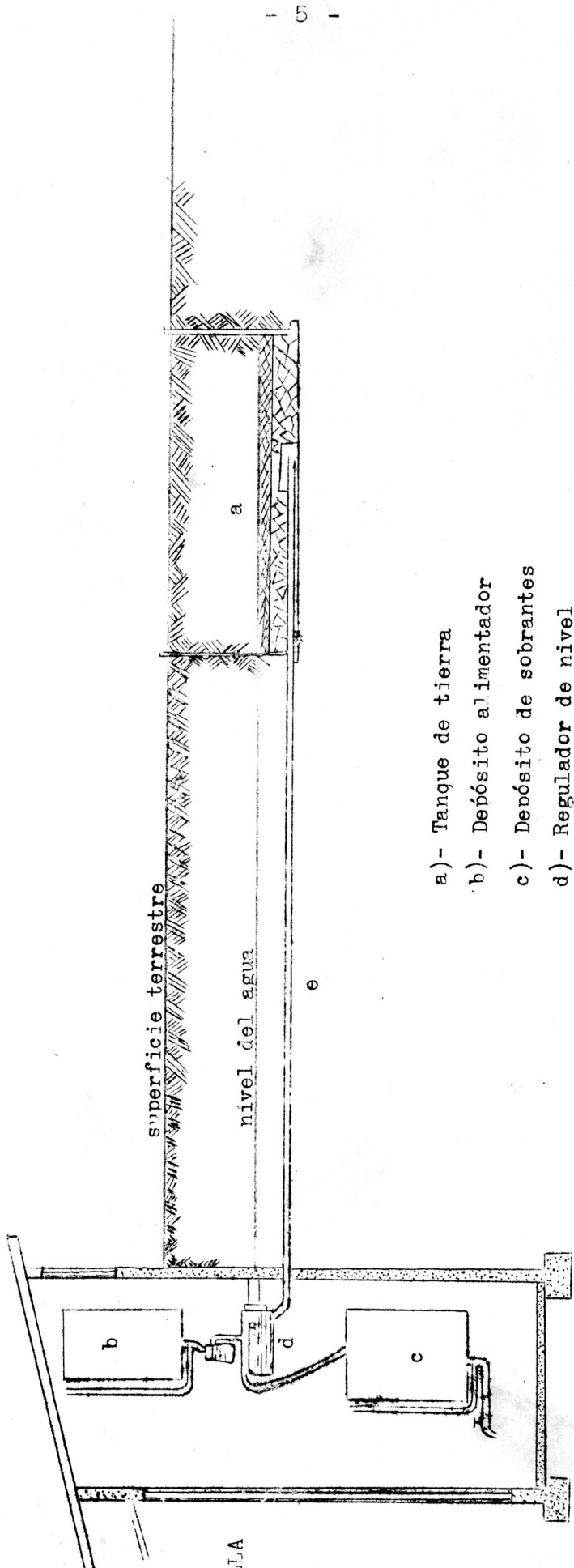
- 1.- Una superficie sembrada, conocida y aislada dentro del terreno experimental.
- 2.- Vegetación ó cultivo uniforme en toda la zona donde se encuentra el evapotranspirómetro.
- 3.- Abastecimiento de agua permanente y en forma subterránea, conociéndose la profundidad a que se encuentra el nivel de agua, y posibilidad de variar éste nivel a voluntad.
- 4.- Conocimiento de la cantidad de agua que se suple.
- 5.- Conocimiento de la cantidad de agua que es desechada por exceso al producirse las precipitaciones.

Adicionalmente, conocemos la cantidad de agua que cae (lluvia) sobre la superficie, por medio de un pluviómetro instalado cerca de ella.

La pérdida de agua por evapotranspiración la determinamos por adición y sustracción de valores, así:

$$\text{Evapotranspiración} = (\text{Lluvia} + \text{agua suplida}) - \text{agua desechada}$$

# EVAPOTRANSPIROMETRO



- a)- Tanque de tierra
- b)- Depósito alimentador
- c)- Depósito de sobrantes
- d)- Regulador de nivel
- e)- Tubo de abastecimiento

Diseño de la instalación del Evapotranspirómetro en el campo experimental

F.- La cantidad de agua que recibe el tanque en forma de lluvia logramos medirla con un pluviómetro instalado allí.

Las observaciones de evapotranspiración se deben hacer diariamente y a una hora fija. Los valores se expresan en forma similar a los de lluvia y evaporación: en milímetros.

La equivalencia de valores es: 1 mm. = 1 litro de agua/metro cuadrado ó 10.000 litros/hectárea.

Uno de los requisitos que debe guardar el "evapotranspirómetro", es que la vegetación ó cultivo bajo prueba sea uniforme en toda la parcela experimental. Es natural que la vegetación dentro del tanque de tierra se desarrolle mejor y más rápidamente que fuera de él, porque tiene condiciones óptimas de humedad para el crecimiento. En tal caso, la altura y densidad de las siembras no va a ser uniforme en toda la parcela, alterándose así el microclima de la misma.

Para evitar que se produzcan éstas anormalidades, se procura mantener en toda la zona una humedad permanente que sea en lo posible igual a la que existe dentro del tanque del evapotranspirómetro. Esto se consigue por medio de un riego periódico, cuidadosamente ejecutado, para el cual se toma en consideración la pérdida proporcional de agua que ocurre en la superficie del terreno.

-----  
Jesús M. Sánchez Carrillo

#### BIBLIOGRAFIA

- Thorntwaite, C.W. - "The determination of evaporation from land and water surfaces", U.S. Monthly Weather Review, 1939
- Thorntwaite, C.W. - "El agua en la agricultura", Comisión Nacional de Irrigación, México, 1945.
- Thorntwaite, C.W. - "The role of Evapotranspiration in Climate", Cop. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, Band III, 1951
- Mather, John R. - "Micrometeorology of the surface layer of the atmosphere -Manual of Evapotranspiration", Johns Hopkins University, New Jersey, U.S.A., 1950.

Teniendo en cuenta que las instalaciones tienen carácter permanente por la índole de los estudios a realizar, se ha procurado colocar varios instrumentos simultáneamente y en la misma zona, a fin de comparar entre sí los valores obtenidos y reducir posibles errores en las observaciones. Además logramos en tal forma variar ciertas condiciones en algunos de los instrumentos y comparar resultados con los demás.

Las características del terreno experimental y de los aparatos instalados en el Instituto Nacional de Agricultura, son las siguientes:

1) Una parcela de terreno de 1.600 metros cuadrados, aproximadamente, situada cerca del centro geográfico de los campos de cultivo. La parcela se siembra uniforme y temporalmente con un cultivo determinado. Ej: maíz.

2) Una serie de seis (6) Evapotranspirómetros, cada una de los cuales comprende:

- a) un "tanque de tierra" de 4 mts. cuadrados de superficie libre, colocado dentro del terreno y con el borde superior a ras de tierra.
- b) un depósito "alimentador" de agua con capacidad de 40 litros colocado a distancia y altura apropiadas.
- c) un depósito para "sobrantes" de agua, con capacidad de 200 litros, situado a nivel inferior a la superficie terrestre.
- d) un mecanismo "regulador de nivel" de agua en el tanque.
- e) un tubo conductor subterráneo para abastecimiento de agua.

3) Un refugio ó casilla de mampostería colocado en su mayor parte bajo el nivel del suelo, suficientemente amplio para **instalar** allí los depósitos alimentadores y de sobrantes de agua, así como los mecanismos reguladores de nivel.

4) Instrumentos meteorológicos diversos, instalados cerca de la parcela experimental: termómetros, pluviómetro, anemómetro, etc.

#### Funcionamiento:

Las diversas etapas que tienen lugar en la medida de la evapotranspiración se mencionan de seguidas:

A.- Se llena el "tanque de tierra" con una cantidad adecuada de suelo permeable, a fin de que el agua circule fácilmente a través de él hasta las raíces de las plantas; y también en sentido contrario, para el drenaje del exceso de agua.

B.- El nivel de agua en el tanque se ajusta a una profundidad de 50 cms. Los tubos de conducción subterráneos y el mecanismo regulador permiten lograr un nivel de agua constante a dicha profundidad.

C.- En consecuencia, al registrarse una pérdida de agua en el tanque por efecto de la evapotranspiración, se altera el nivel ajustado y entonces el agua empieza a fluir del depósito "alimentador" hacia el "tanque de tierra" a través del mecanismo de nivel.

D.- Teniendo en cuenta que conocemos la cantidad de agua (litros) que hay en el depósito alimentador, y que medimos la cantidad que periódicamente se le agrega, es posible calcular la pérdida ocurrida en los 4 metros cuadrados del tanque de tierra.

E.- Al producirse una lluvia, el nivel de agua en el tanque sube, y para restablecerse el equilibrio el agua es forzada hacia atrás por

F.- La cantidad de agua que recibe el tanque en forma de lluvia logramos medirla con un pluviómetro instalado allí.

Las observaciones de evapotranspiración se deben hacer diariamente y a una hora fija. Los valores se expresan en forma similar a los de lluvia y evaporación: en milímetros.

La equivalencia de valores es: 1 mm. = 1 litro de agua/metro cuadrado ó 10.000 litros/hectárea.

Uno de los requisitos que debe guardar el "evapotranspirómetro", es que la vegetación ó cultivo bajo prueba sea uniforme en toda la parcela experimental. Es natural que la vegetación dentro del tanque de tierra se desarrolle mejor y más rápidamente que fuera de él, porque tiene condiciones óptimas de humedad para el crecimiento. En tal caso, la altura y densidad de las siembras no va a ser uniforme en toda la parcela, alterándose así el microclima de la misma.

Para evitar que se produzcan éstas anormalidades, se procura mantener en toda la zona una humedad permanente que sea en lo posible igual a la que existe dentro del tanque del evapotranspirómetro. Esto se consigue por medio de un riego periódico, cuidadosamente ejecutado, para el cual se toma en consideración la pérdida proporcional de agua que ocurre en la superficie del terreno.

-----  
Jesús M. Sánchez Carrillo

#### BIBLIOGRAFIA

- Thorntwaite, C.W. - "The determination of evaporation from land and water surfaces", U.S. Monthly Weather Review, 1939
- Thorntwaite, C.W. - "El agua en la agricultura", Comisión Nacional de Irrigación, México, 1945.
- Thorntwaite, C.W. - "The role of Evapotranspiration **in** Climate", Cop. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, Band III, 1951
- Mather, John R. - "Micrometeorology of the surface layer of the atmosphere -Manual of Evapotranspiration", Johns Hopkins University, New Jersey, U.S.A., 1950.
-