

2198

tes 1244

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

RELACION ENTRE LA EVAPORACION Y LA ALTURA,

VELOCIDAD DEL VIENTO Y TEMPERATURA

FRADIQUE CHACON M.
MARCO A. FERNANDEZ P.

CARACAS, JUNIO DE 1964

AVHIME

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

*Asociación Venezolana de Hidrología y
Meteorología.*

20764

RELACION ENTRE LA EVAPORACION Y LA ALTURA
VELOCIDAD DEL VIENTO Y TEMPERATURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Trabajo Especial presentado
ante la ilustre Universidad
Central de Venezuela, para
optar el título de:

HIDROMETEOROLOGISTA

Fradique Chacón M.
Marco A. Fernández P.

Caracas, junio 1.964

00010007

DEDICATORIA

A mis queridos padres

Juan de Dios

DEDICATORIA

A mis queridos padres

A mi querida esposa

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'AS' or similar, located at the bottom right of the page.

A G R A D E C I M I E N T O

Nuestro agradecimiento al profesor Arturo Klanke del departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Central de Venezuela, por la desinteresada colaboración en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Rafael Convit, Jefe de la División de Hidrología del Instituto Nacional de Obras Sanitarias.

Al señor Ramón Zubizarreta, del departamento de Cálculos Numéricos - de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Central de Venezuela.

Al departamento de Meteorología e Hidrología de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Central de Venezuela, por la magnífica colaboración prestada durante nuestra formación profesional, así como a todas - aquellas personas que colaboraron en este trabajo.

I N T R O D U C C I O N

Dentro del campo de la Hidrología es de gran importancia el efecto que sobre las masas de agua, los diques o los lagos, produce la evaporación.

Muchas veces se puede calcular la evaporación por medio de fórmulas, - como la de Dalton, Meyer, etc.. Este resultado no es satisfactorio ya que - no representa el proceso complejo de la evaporación, ya que éste depende de diferentes condiciones como son: calor, vegetación, viento, etc.

El hecho de no poseer suficientes condiciones para determinar la evaporación de un lugar, nos ha llevado a realizar un estudio donde se relacione la evaporación con diferentes factores.

Generalmente la altura, la temperatura y la velocidad del viento, son - los factores que en mayor número se poseen como datos.

Por ese motivo y como sugerencia del Dr. Rafael Convit, Jefe de la División de Hidrología, del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, nos hemos decidido a realizar un trabajo el cual consiste en determinar una relación gráfica que nos permita conocer la evaporación media anual de un lugar, conociendo alguno de los factores antes señalados.

El trabajo en cuestión ha sido dividido en dos partes, a saber:

- a) Relación entre la evaporación y la altura.
- b) Relación entre la evaporación, la temperatura y la velocidad del viento.

Para obtener la posible solución gráfica aplicaremos el método de "Correlación Simple", para la primera parte y el método de "Correlación Múltiple" para la segunda parte.

Es posible que el resultado sea bastante aceptable pero también es posible que pueda ser mejorado más adelante, esto motivado a no tener un número de datos suficientes para obtener un buen coeficiente de correlación.

El primer resultado ha sido una recta de Regresión que nos permite obtener la evaporación media anual de un lugar conociendo la elevación. En la segunda parte hemos determinado un nomograma, donde aparecen tres variables. En este caso, se puede obtener la evaporación media anual conociendo la temperatura y la velocidad del viento.

El resultado esperado ha sido satisfactorio pese a las diferentes circunstancias adversas habidas en su realización, dado el caso de tener que trabajar con un número de datos muy pequeño.

En este trabajo no pretendemos determinar la evaporación, sólo deseamos contribuir a determinar la evaporación de lugares inaccesibles o que por diferentes motivos no se puedan recoger datos de la evaporación y otros factores meteorológicos.

Deseamos haber contribuido a solucionar en parte este problema, si así fuera, este trabajo sería el primer escalón en nuestras investigaciones para la Hidrometeorología en Venezuela.

E V A P O R A C I O N

En líneas generales se puede decir que el paso del estado líquido al estado gaseoso, se llama vaporización o evaporación. En nuestro trabajo, hidrológico, solo nos interesa la rata neta a la cual el agua de una superficie libre, se transfiere a la atmósfera.

Existen diferentes factores importantes para la evaporación, pero de todos ellos, los más importantes para nosotros son los siguientes:

Temperatura y altura:

Las experiencias de acuerdo a leyes físicas, demuestran que la evaporación se incrementa con la temperatura de la superficie. Esto nos indica que la evaporación está relacionada indirectamente con la altura, es decir, que a mayor altura menor evaporación y viceversa.

Viento:

Es un factor muy importante. Como sabemos el aire posee un grado llamado de saturación; cuando el aire está completamente saturado el poder absorbente disminuye. El viento produce un desplazamiento de las masas saturadas, lo cual origina una renovación de las capas de aire que están en contacto con la superficie.

Otros factores que influyen sobre la evaporación son:

- a) Calidad del agua
- b) Naturaleza de la superficie evaporante

Medición de la evaporación:

En vista de la importancia que posee la evaporación se ha tratado de medirla de la manera más precisa y sería bastante aproximada mediante el cálculo de los aportes, salidas, precipitación y pérdidas por filtraciones.

Por lo dificultoso para medir la evaporación en la superficie, sólo nos interesa la evaporación en masas de agua, diques, tanques, etc.

Como hemos dicho, es sumamente dificultoso la determinación de la evaporación de la superficie, así que se ha restringido esta medición a los instrumentos.

Los instrumentos miden el poder evaporante del aire. El poder evaporante es una medida del grado hasta el cual una región es favorable o desfavorable a la evaporación, es por eso que el poder evaporante de una costa húmeda es menor que el de un desierto caliente.

En general, la evaporación se mide por medio de tanques llamados cubetas de evaporación o evaporímetros.

Como la evaporación está relacionada con los cambios atmosféricos, es menester recoger datos meteorológicos simultáneos como son:

- a) velocidad del viento
- b) temperatura del aire
- c) precipitación
- d) humedad atmosférica

Las diferencias de evaporación entre evaporímetros de tierra y los colocados en agua es muy notable, esto es debido al almacenaje de calor. La relación de evaporación de grandes cuerpos de agua a las de un evaporímetro, se conoce como coeficiente de evaporímetro y se usa para estimar la evaporación de diques y lagos aplicándolos a cubetas cercanas.

Dentro de los evaporímetros debemos hacer una clasificación general, a saber:

- a) Evaporímetro tanque "A"
- b) Evaporímetro de balanza
- c) Esfera de Livingston

Evaporímetro tanque "A":

Este tipo de evaporímetro es el que más se usa en Venezuela, por ese -

motivo es el tipo de evaporímetro del cual hemos tomado los datos para este trabajo.

El evaporímetro tanque "A" es el más aceptado por la U. S. Weather Bureau y también recomendado por la Organización Mundial de Meteorología, hasta tanto no se encuentre un método más satisfactorio para determinar la evaporación.

Descripción:

Las dimensiones de este aparato son de cuatro (4) pies de diámetro por diez (10) pulgadas de profundidad. El aparato debe colocarse sobre una reja de madera para permitir la circulación del aire.

La profundidad del agua se mide en este aparato por medio de un gancho con tornillo micrométrico, el cual va colocado sobre un cilindro de reposo.

A fin de que el tanque "A" contenga cada día aproximadamente la misma cantidad de agua, hay que agregarle o quitarle (si hubo precipitación) para obtener un nivel constante según la marca grabada en la pared interior, a unos 150 mm. por debajo del borde.

La figura Nº 1 nos presenta una descripción detallada del evaporímetro tanque "A".

Evaporímetro de balanza:

Este tipo de evaporímetro se caracteriza por dar el valor de la evaporación mediante una escala en milímetros. El principio fundamental de este aparato es: una balanza.

La escala de este evaporímetro va de los 0 mm. a los 15 mm. La diferencia entre la lectura anterior y la lectura actual nos da el valor de la evaporación en milímetros, tomando en cuenta la precipitación.

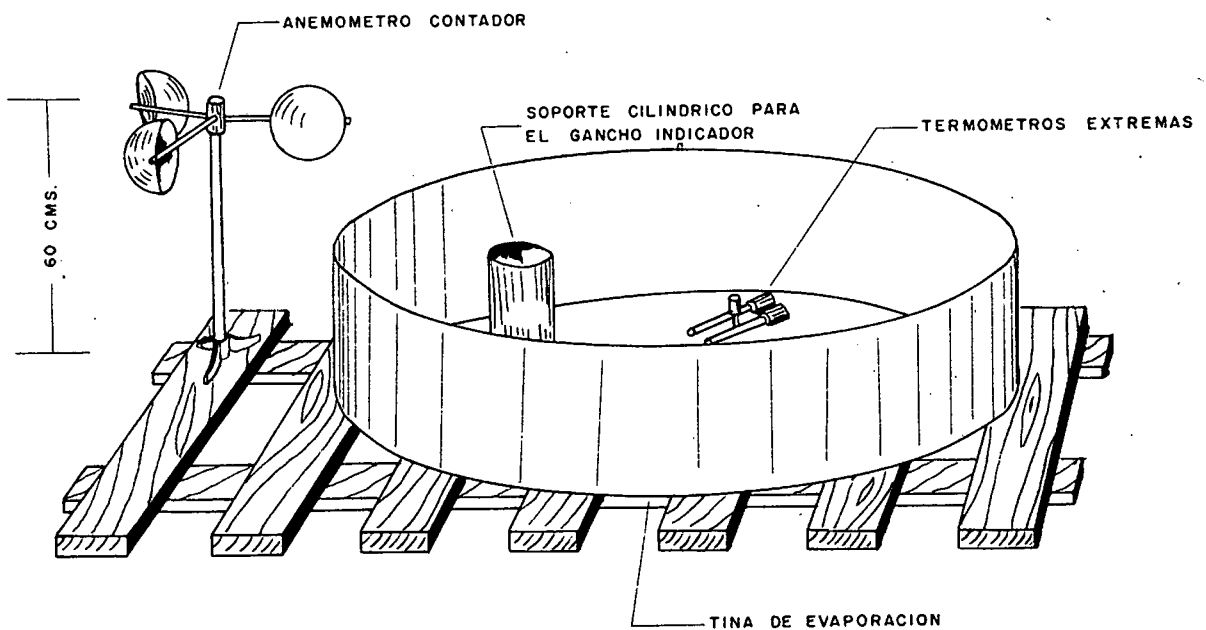
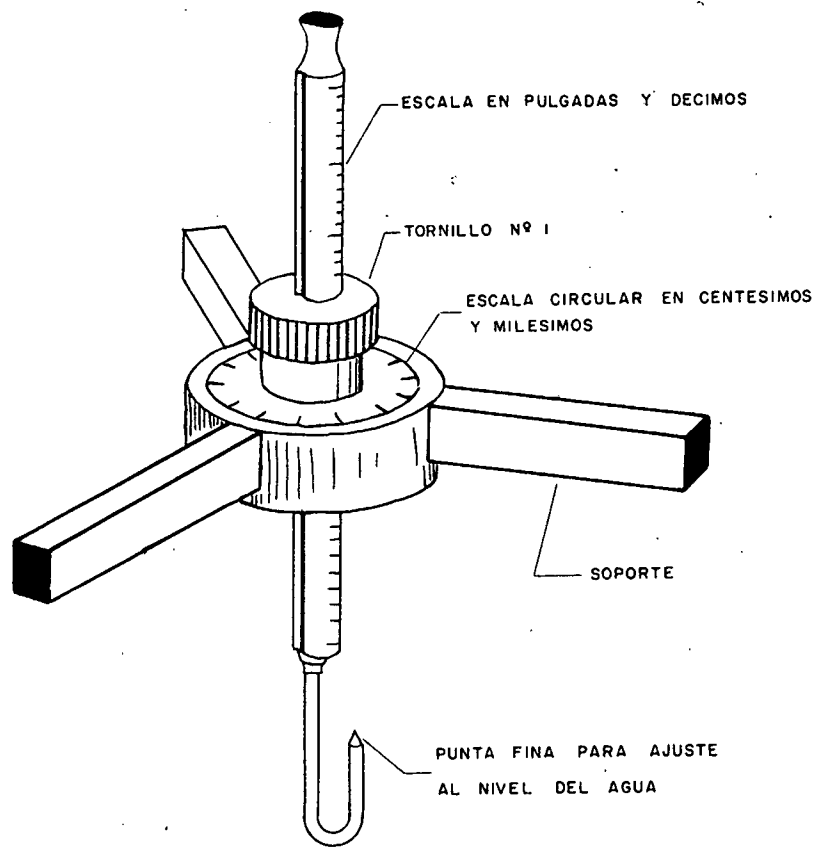


Fig. 1.

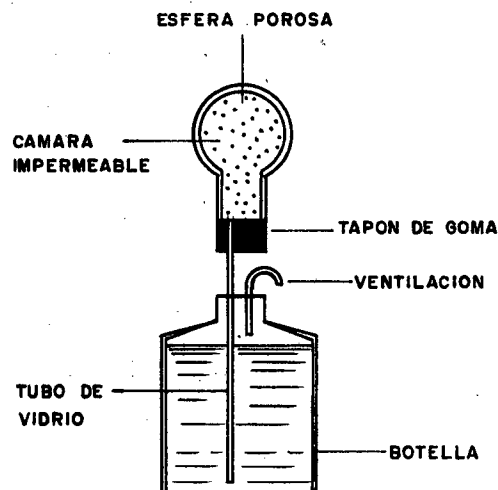
La balanza debe llenarse todos los días de manera que la aguja indicadora marque el 0 mm. de la escala, de ese modo al otro día se puede hacer la lectura directa de la evaporación.

La figura Nº 2 nos da una idea del evaporímetro de balanza Wild.

Esfera de Livingston:

Este tipo de aparato es usado por los fisiologistas en las plantas para averiguar y medir la evaporación, esto es debido a que la evaporación de la superficie de la esfera porosa es muy representativa de la evaporación de las plantas. La esfera porosa es de 12 pulgadas de diámetro por 0,1 pulgadas de espesor. Se llena con agua tal que la presión atmosférica sobre la superficie del agua, actúe para mantener llena la esfera.

El gráfico adicional nos da una idea de la esfera de Livingston y de las partes que la forman.



Fórmulas basadas en la Ley de Dalton:

Además de los instrumentos para medir la evaporación hemos dicho que existen fórmulas que nos dan la evaporación en función de diferentes variables.

El hecho de que estas fórmulas no representen el proceso complejo de la evaporación, hace que su aplicación no sea permanente.

J. Dalton fué el primero en reconocer la relación entre la evaporación y la presión de vapor. Esta relación la expresó de la siguiente manera:

$$E_a = b \cdot (e_w - e_a)$$

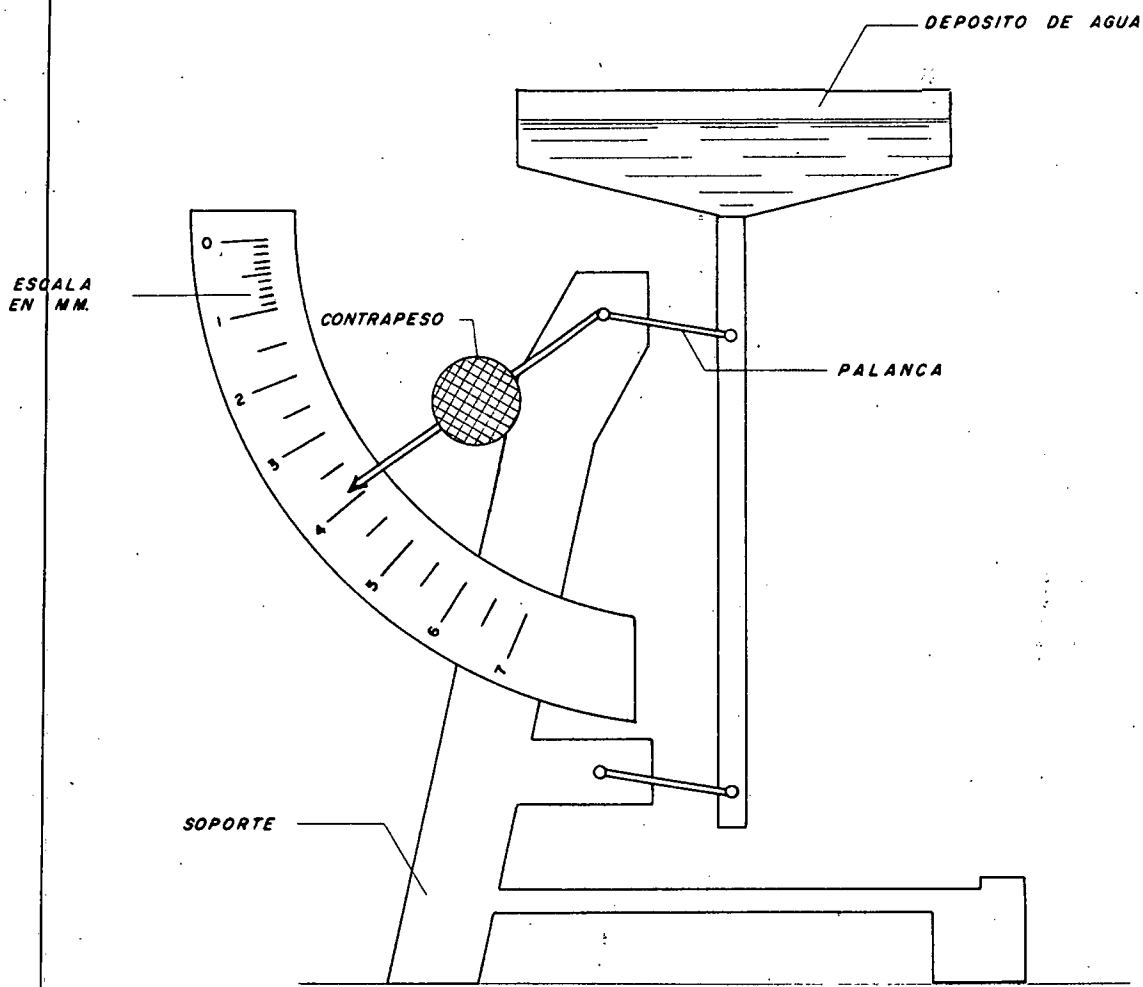


Fig. Nº 2.

donde

b es un coeficiente empírico que depende de la presión barométrica, la velocidad del viento, etc.

Fórmula de Meyer:

$$E_a = C \cdot (e_s - e_a) \cdot \left(1 + \frac{V_w}{10}\right)$$

donde

E_a es la evaporación mensual en pulgadas

e_s es la presión de saturación del vapor en pulgadas de mercurio correspondiente a la temperatura media mensual del aire

e_a es el promedio mensual de la presión del vapor en el aire

V_w es la velocidad del viento, promedio mensual en millas/hora

C es una constante empírica que tiene un valor aproximado de 15 para evaporímetros, vegetación, etc.

En el cálculo de la evaporación para lagos, diques, etc. el valor de e_s se debe sustituir por e_w y el valor de C debe ser aproximadamente 11.

CORRELACION SIMPLE Y MULTIPLE

Se han realizado diferentes estudios para ver la relación que hay entre la evaporación y los diferentes factores de los cuales depende.

En el presente trabajo hemos realizado un estudio que permite ver la relación directa o indirecta entre la evaporación y la altura en la primera parte y la correlación entre la evaporación, la temperatura y la velocidad del viento en la segunda parte.

Para ello hemos utilizado el método de Correlación Simple y Múltiple - para la primera y segunda parte respectivamente.

Por medio de este método se ha determinado un coeficiente llamado "Coeficiente de Correlación", que es la expresión matemática que da el grado de relación existente entre las variables.

El Coeficiente de Correlación está dado por la fórmula siguiente para la primera parte:

$$r = \frac{\overline{XY} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{\sqrt{\overline{X^2} - \bar{X}^2} \cdot \sqrt{\overline{Y^2} - \bar{Y}^2}}$$

donde

X y Y son las variables. Para facilitar el trabajo la elevación será representada por X y la evaporación por Y.

En la primera parte del trabajo utilizamos datos proporcionados por 39 estaciones de evaporación, pertenecientes al Ministerio de Obras Públicas y al Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Dichas estaciones están comprendidas entre los 5 m y los 1.700 mts. sobre el nivel del mar.

El anexo "A" incluye la lista de las 39 estaciones, teniendo como datos el serial de la estación, nombre, elevación y el promedio anual de la evaporación.

ANEXO "A"

SERIAL	NOMBRE	ELEVACION (m)	EVAPORACION Prom. Anual
0795	San Francisco	100.00	2.101,13
0883	Tacarigua	80.00	1.941,24
0893	San Juan	80.00	2.589,65
1812	San Antonio	66.00	2.799,67
2678	Rio Unare	60.00	1.977,38
1169	El Venado	58.00	2.247,20
3963	Puerto Ordaz	55.00	2.326,52
1022	Los Pozos	52.00	2.531,62
1083	Plan Bonito	52.00	1.450,12
0897	La Asunción	10.00	2.232,22
1726	Salinas de Araya	8.00	3.025,75
1931	Canal V.O.C.	5.00	1.604,41
1536	Tacarigua de Mamporal	20.00	1.738,00
1553	Caucagua	60.00	1.641,00
3455	Rio Corozo	200.00	2.278,79
2673	Rio Tucupido	190.00	2.201,16
3148	Socony	185.00	2.082,50
2293	Coromoto	180.00	1.839,30
1762	Montones	180.00	1.905,00
0198	Pedregal	170.00	3.078,80

ANEXO "A"

SERIAL	NOMBRE	ELEVACION (M)	EVAPORACION Prom. Anual
2562	Carrizal	160.00	1.739,20
0578	Rio Tuy	160.00	1.841,43
3405	Calabozo	106.00	2.059,80
2277	Turen	275.00	1.698,80
3707	Las Mercedes	250.00	1.905,49
2518	Rio Orituco	238.00	1.959,49
2253	Guache	350.00	1.776,30
0567	Rio Grande	350.00	981,10
3994	Rio Caroni	340.00	1.909,37
1386	El Torito	500.00	1.647,60
0464	Boca de Rio	444.00	1.852,00
1359	Guataparo	750.00	1.718,30
0555	Rio Guaire	850.00	1.461,07
0563	Dique Mariposa	985.00	1.442,81
0545	I.N.O.S.	920.00	1.722,46
0541	Carolina	916.00	1.591,00
1426	Macarao	1100.00	1.498,00
1439	El Carite	1013.00	1.231,52
1436	Agua Fria	1735.00	941,70

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>	<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
170.00	3.078,80	60.00	1.641,00
444.00	1.852,00	180.00	1.905,00
916.00	1591,60	66.00	2.799,67
920.00	1.722,46	5.00	1.604,41
850.00	1.461,07	350.00	1.776,30
985.00	1.442,81	275.00	1.698,80
160.00	1.841,43	180.00	1.839,30
100.00	2.101,13	238.00	1.959,29
80.00	1.941,24	160.00	1.739,20
52.00	2.531,62	190.00	2.201,16
58.00	2.247,20	60.00	1.977,38
750.00	1.718,30	185.00	2.082,50
500.00	1.647,60	106.00	2.059,80
1100.00	1.498,00	250.00	1.905,49
1013.00	1.231,52	55.00	2.326,52
20.00	1.738,00	340.00	1.909,37

X Media = 326,41

Y Media = 1939,36

COEF. CORR. = 0,6024

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,217 \cdot 10^4$$

$$A_1 = -0,708$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>	<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
5,135	3.078,80	4,094	1.641,00
6,095	1.852,00	5,193	1.905,00
6,820	1.591,60	4,189	2.799,67
6,284	1.722,46	1,609	1.604,41
6,745	1.461,07	5,857	1.776,30
6,892	1.442,81	5,616	1.698,80
5,075	1.841,43	5,193	1.839,30
4,605	2.101,13	5,472	1.959,29
4,382	1.941,24	5,075	1.739,20
4,382	2.589,65	5,247	2.201,16
3,951	2.531,62	4,094	1.977,38
4,060	2.247,20	5,220	2.082,50
6,620	1.718,30	4,663	2.059,80
6,214	1.647,60	5,298	2.278,79
7,003	1.498,00	5,521	1.905,49
6,920	1.231,52	4,007	2.326,52
2,995	1.738,00	5,828	1.909,37

X Media = 5,203

Y Media = 1.939,36

COEF. CORR. = 0,4131

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,2636 \cdot 10^4$$

$$A_1 = -0,1339 \cdot 10^3$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>	<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
170.00	8,032	60.00	7,403
444.00	7,524	180.00	7,552
916.00	7,372	66.00	7,937
920.00	7,451	5.00	7,380
850.00	7,286	350.00	7,482
985.00	7,274	275.00	7,437
160.00	7,518	180.00	7,517
100.00	7,650	238.00	7,580
80.00	7,571	160.00	7,461
80.00	7,859	190.00	7,696
52.00	7,836	60.00	7,589
58.00	7,717	185.00	7,641
750.00	7,449	106.00	7,630
500.00	7,407	200.00	7,731
1100.00	7,311	250.00	7,552
1013.00	7,116	55.00	7,752
20.00	7,460	340.00	7,554

X Media = 326,41

Y Media = 7,551

COEF. CORRE. = 0,6587

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,767 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,382 \cdot 10^{-3}$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>	<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
5,135	8,032	4,094	7,403
6,095	7,524	5,193	7,552
6,820	7,372	4,189	7,937
6,824	7,451	1,609	7,380
6,745	7,286	5,857	7,437
6,892	7,274	5,616	7,437
5,075	7,518	5,193	7,517
4,605	7,650	5,472	7,580
4,382	7,571	5,075	7,461
4,382	7,859	5,247	7,696
3,951	7,836	4,094	7,589
4,060	7,717	5,220	7,641
6,620	7,449	4,663	7,630
6,214	7,407	5,298	7,731
7,003	7,311	5,521	7,552
6,920	7,116	4,007	7,752
2,995	7,460	5,828	7,554

X Media = 5,203 Y Media = 7,551 COEF. CORR. = 0,4447

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES $A_0 = 0,792 \cdot 10^1$

$A_1 = -0,711 \cdot 10^{-1}$

De todos los resultados obtenidos el más acertado fué el de elevación (X) sobre Log. Evaporación (Log.Y), teniéndose los siguientes datos:

Coefficiente de correlación = 0,658

Coefficientes:

$$A_0 = 7,676$$

$$A_1 = -0,000382$$

donde A_0 y A_1 son los coeficientes de la ecuación de Regresión de la forma:

$$\text{Log. Y} = A_0 + A_1.X$$

tomando esta ecuación la expresión matemática:

$$\text{Log.Evapo.} = 7,676 - 0,000382 . \text{Elevación}$$

Al plotear los datos correspondientes, se observó que una serie de estaciones quedaban fuera de la recta de Regresión. Hemos considerado que estas estaciones presentaban ciertos errores debido a fallas en la ubicación de los evaporímetros o deficiencias en las lecturas de los aparatos no registradores.

El análisis de estos errores nos llevó a realizar nuevos cálculos considerando las estaciones en dos niveles. Un nivel entre los 0 m. y los 300 metros y el otro de los 300 metros a los 1.700 metros.

Para este nuevo estudio se eliminaron las estaciones con los siguientes seriales: 0567, 0563, 1083, 1536, 1553, 0198.

Estas estaciones son las que quedaban fuera de la recta de Regresión en el primer cálculo realizado.

Incluimos a continuación los datos obtenidos en el estudio de las estaciones por niveles.

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 0 mts Y LOS 300 mts

<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
8.00	3.025,75
10.00	2.232,22
52.00	2.531,62
55.00	2.326,52
58.00	2.247,20
66.00	2.799,67
80.00	2.589,65
80.00	1.941,24
100.00	2.101,13
106.00	2.059,80
160.00	1.841,43
160.00	1.739,20
180.00	1.905,00
180.00	1.839,30
200.00	2.278,79
190.00	2.201,16
238.00	1.959,29
185.00	2.082,50
275.00	1.698,80
250.00	1.905,49

X Media = 131,65 Y Media = 2.165,28 COEF.CORR. = 0,6936

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES $A_0 = 0,256 \cdot 10^4$ $A_1 = -0,305 \cdot 10^1$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 300 mts Y LOS 1.700 mts

<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
340.00	1.909,37
350.00	1.776,30
916.00	1.591,60
920.00	1.722,46
985.00	1.442,81
1100.00	1.498,00
1013.00	1.231,52
1735.00	941,70
500.00	1.647,60
444.00	1.852,00
850.00	1.461,07
750.00	1.718,30

X Media = 825,25 Y Media = 1.566,06 COEF.CORR. = 0,898

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,2085 \cdot 10^4$$

$$A_1 = -0,628$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 0 mts Y LOS 300 mts

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
8.00	8,014
10.00	7,710
52.00	7,836
58.00	7,717
66.00	7,937
80.00	7,859
80.00	7,571
100.00	7,650
106.00	7,630
160.00	7,518
160.00	7,461
180.00	7,552
180.00	7,517
200.00	7,731
190.00	7,696
238.00	7,580
185.00	7,641
275.00	7,437
250.00	7,552

X Media = 131,65

Y Media = 7,66

COEF. CORR. = 0,7036

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES:

$$A_0 = 0,784 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,136 \cdot 10^{-2}$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 0 mts Y LOS 300 mts

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
2,079	3.025,75
2,302	2.232,22
3,951	2.531,62
4,007	2.326,52
4,060	2.247,20
4,189	2.799,67
4,382	2.589,65
4,382	1.941,24
4,605	2.101,13
4,663	2.059,80
5,075	1.841,43
5,075	1.739,20
5,193	1.905,00
5,193	1.839,30
5,298	2.278,79
5,247	2.201,16
5,472	1.959,29
5,220	2.082,50
5,616	1.698,80
5,521	1.905,49

X Media = 4,577 Y Media = 2.165,28 COEF.CORR.= 0,697

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,3321 \cdot 10^4 \quad A_1 = -0,252 \cdot 10^3$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 0 mts Y LOS 300 mts

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
2,079	8,014
2,302	7,710
3,951	7,836
4,007	7,752
4,060	7,717
4,189	7,937
4,382	7,859
4,382	7,571
4,605	7,650
4,663	7,630
5,075	7,518
5,075	7,461
5,193	7,552
5,193	7,517
5,298	7,731
5,247	7,696
5,472	7,580
5,220	7,641
5,616	7,437
5,521	7,552

X Media = 4,577

Y Media = 7,668

COEF. CORR. = 0,6895

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,817 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,110$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 300 mts Y LOS 1700 mts

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
340.00	7,554
350.00	7,482
916.00	7,372
920.00	7,451
985.00	7,247
1100.00	7,311
1735.00	6,847
1013.00	7,116
500.00	7,407
444.00	7,524
850.00	7,286
750.00	7,449

X Media = 825,25 Y Media = 7,340 COEF. CORR. = 0,897

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,771 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,451 \cdot 10^{-3}$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 300 mts Y LOS 1700 mts

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
5,828	1.909,37
5,857	1.776,30
6,820	1.591,60
6,824	1.722,46
6,892	1.442,81
7,003	1.498,00
7,458	941,70
6,920	1.231,52
6,214	1.647,60
6,095	1.852,00
6,745	1.461,07
6,620	1.718,30

X Media = 6,607 Y Media = 1.566,06 COEF. CORR. = 0,842

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,462 \cdot 10^4$$

$$A_1 = -0,462 \cdot 10^3$$

ECUACION DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

NIVEL ENTRE LOS 300 mts Y LOS 1700 mts

<u>LOG. ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPORACION</u>
5,828	7,554
5,857	7,482
6,820	7,372
6,824	7,451
6,892	7,274
7,003	7,311
7,458	6,847
6,920	7,116
6,214	7,407
6,095	7,524
6,745	7,286
6,620	7,449

X Media = 6,607 Y Media = 7,340 COEF. CORR. = 0,8152

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES.

$$A_0 = 0,946 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,322$$

De todos estos resultados los más acertados fueron los de elevación sobre evaporación, por tener un mayor coeficiente de correlación.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Nivel 0 m A 300 m:

Coeficiente de correlación = 0,693

Coeficiente de la ecuación de Regresión

$$A_0 = 2568 \quad A_1 = - 3,055$$

luego la ecuación de Regresión de Y sobre X es:

$$\log Y = A_0 + A_1 X$$

siendo la expresión matemática:

$$\text{Evaporación} = 2568 - 3,055 (\text{Elevación})$$

Nivel 300 m a 1.700 m.:

Coeficiente de correlación = 0,898

Coeficientes de la ecuación de Regresión de Y sobre X:

$$A_0 = 2085 \quad A_1 = -0,628$$

de donde la ecuación es:

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X$$

es decir de la forma matemática:

$$\text{Evaporación} = 2085 - 0,628 (\text{Elevación})$$

La figura número tres (3) representa la ecuación de regresión para cada nivel calculado. La recta 1 es la correspondiente al nivel 0 m. a 300 m. y la recta 2 es la correspondiente al nivel 300 m. a 1.700 m.

Al estudiar las dos soluciones se observó que existía un cierto error debido a que se produce un descenso brusco en la evaporación entre los 200 m y los 300 m., lo cual es imposible. Es el caso, que en un mismo nivel se observan dos lecturas con una diferencia de 200 mm. de evaporación.

CORRELACION ENTRE EVAPORACION Y LA ALTURA POR NIVELES

RECTA 1 NIVEL 0-300 METROS

RECTA 2 NIVEL 300-1700 METROS

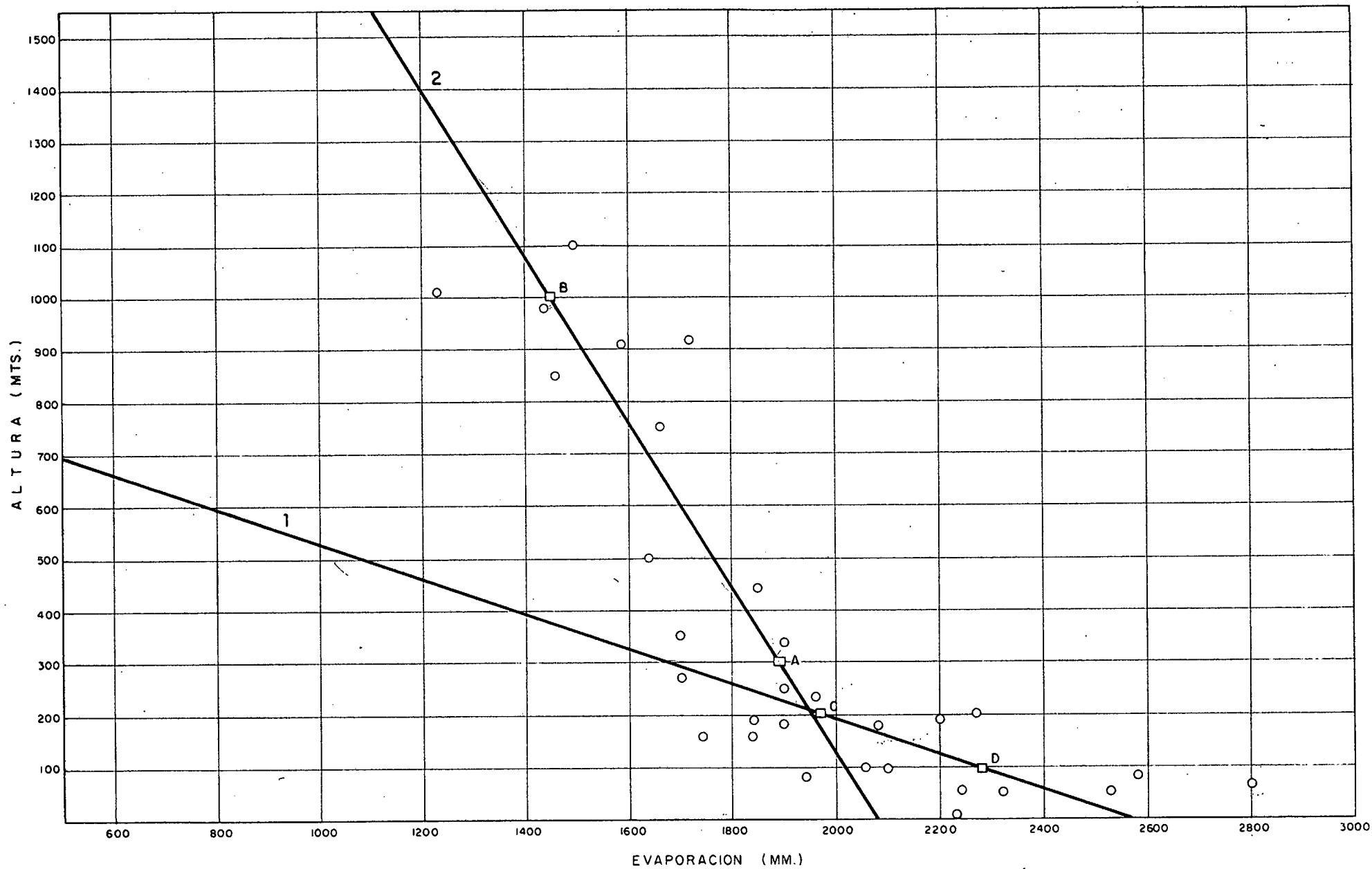


Fig. 3.

Esto traería como consecuencia que el punto de corte de las rectas de los dos niveles tendría que modificarse hasta lograr un nivel más estable, lo cual es imposible.

Por este motivo decidimos realizar un tercer cálculo que comprende un total de 37 estaciones de evaporación.

Incluimos a continuación los resultados obtenidos en este tercer cálculo de correlación.

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>	<u>ELEVACION</u>	<u>EVAPORACION</u>
850.00	1.461,07	180.00	1.905,00
444.00	1.852,00	180.00	1.839,30
750.00	1.718,30	200.00	2.278,79
5.00	1.604,41	190.00	2.201,16
8.00	3.025,75	238.00	1.959,29
10.00	2.232,22	185.00	2.082,50
20.00	1.738,00	250.00	1.905,49
52.00	1.450,12	275.00	1.698,80
52.00	2.326,52	340.00	1.909,37
55.00	2.326,52	916.00	1.591,60
58.00	2.247,20	920.00	1.722,46
60.00	1.641,00	985.00	1.442,81
60.00	1.977,38	1013.00	1.231,52
66.00	2.799,67	1100.00	1.498,00
80.00	2.589,65	500.00	1.647,60
100.00	2.101,13	1735.00	941,70
106.00	2.059,80	160.00	1.841,43
160.00	1.739,20		

X Media = 344,13 Y Media = 1.905,66 COEF. CORR. = 0,6766

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES $A_0 = 0,2146 \cdot 10^4$

$A_1 = -0,697$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>LOG. ELEVA.</u>	<u>LOG. EVAP.</u>	<u>LOG. ELEVA.</u>	<u>LOG. EVAP.</u>
6,745	7,286	5,075	7,461
6,095	7,524	5,193	7,552
6,620	7,449	5,193	7,517
1,609	7,380	5,298	7,731
2,079	8,014	5,247	7,696
2,302	7,710	5,472	7,580
2,995	7,460	5,220	7,641
3,951	7,279	5,521	7,552
3,951	7,836	5,616	7,437
4,007	7,752	5,828	7,554
4,060	7,717	5,857	7,482
4,094	7,403	6,820	7,372
4,189	7,937	6,824	7,451
4,382	7,859	6,892	7,274
4,382	7,571	6,920	7,116
4,605	7,650	7,003	7,311
4,663	7,630	6,214	7,407
5,075	7,518	7,458	6,847
4,094	7,589		

X. Media = 5,069 Y Media = 7,529 COEF. CORR. = 0,583

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES.

$$A_0 = 0,799 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,918 \cdot 10^{-1}$$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>LOG. ELEVA.</u>	<u>EVAPORACION</u>	<u>LOG. ELEVA.</u>	<u>EVAPORACION</u>
6,745	1.461,07	5,075	1.739,20
6,095	1.852,00	5,193	1.905,00
6,620	1.718,30	5,193	1.839,30
1,609	1.604,41	5,298	2.278,79
2,079	3.025,75	5,247	2.201,16
2,302	2.232,22	5,472	1.959,29
2,995	1.738,00	5,220	2.082,50
3,951	1.450,12	5,521	1.905,49
3,951	2.531,62	5,616	1.698,80
4,007	2.326,52	5,828	1.909,37
4,060	2.247,20	5,857	1.776,30
4,094	1.641,00	6,820	1.591,60
4,094	1.977,38	6,824	1.722,46
4,189	2.799,67	6,892	1.442,81
4,382	2.589,65	6,920	1.231,52
4,382	1.941,24	7,003	1.498,00
4,605	2.101,13	6,214	1.647,60
4,663	2.059,80	7,458	941,70
5,075	1.841,43		

X Media = 5,069 Y Media = 1.905,66 COEF.CORR. = 0,582

EQUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES $A_0 = 0,2773 \cdot 10^4$

$A_1 = -0,171 \cdot 10^3$

RECTA DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPOR.</u>	<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPOR.</u>
850.00	7,286	160.00	7,461
444.00	7,524	180.00	7,552
750.00	7,449	180.00	7,517
5.00	7,380	200.00	7,731
8.00	8,014	190.00	7,696
10.00	7,710	238.00	7,580
20.00	7,460	185.00	7,641
52.00	7,279	250.00	7,552
52.00	7,752	275.00	7,437
55.00	7,752	340.00	7,554
58.00	7,717	350.00	7,482
60.00	7,569	916.00	7,372
60.00	7,589	920.00	7,451
66.00	7,937	985.00	7,274
80.00	7,859	1013.00	7,116
80.00	7,571	1100.00	7,311
100.00	7,650	500.00	7,407
106.00	7,630	1735.00	6,847
160.00	7,518		

X Media = 344,13

Y Media = 7,529

COEF. CORR. = 0,745

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES

$$A_0 = 0,767 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,411 \cdot 10^{-3}$$

De todos estos datos el resultado más exacto fué el de la relación Log. Evaporación sobre Elevación, es decir, Log. Y sobre X, por tener un Coeficiente de Correlación mayor.

Los datos obtenidos en este resultado fueron los siguientes:

Coeficientes de Correlación = 0,745

siendo los Coeficientes de la Recta de Regresión los siguientes:

$$A_0 = 7,67$$

$$A_1 = - 0,000411$$

siendo la ecuación

$$\text{Log.Evap.} = A_0 + A_1 \cdot (\text{Elevación})$$

es decir, de la forma matemática siguiente:

$$\text{Log. Evaporación} = 7,67 - 0,000411 \cdot \text{Elevación}$$

La representación gráfica de estos resultados están en la figura número cuatro (4), donde observamos la recta que relaciona el logaritmo neperiano de la evaporación con la altura.

Esto no nos permite obtener el valor real de la evaporación, por lo cual hemos hecho los equivalentes de los logaritmos neperianos a los valores reales de la evaporación media anual.

La figura número cinco (5) es el resultado final donde relacionamos el verdadero valor de la evaporación con la altura de un lugar, por medio de la recta AB dada por la ecuación de Regresión:

$$\text{Log.Evaporación} = 7,67 - 0,000411 \cdot \text{Elevación}$$

Es lógico suponer que al hacer una lectura sobre esta recta determinada se comete un cierto error, esto nos ha llevado a calcular el error de lectura así como el error de correlación.

CORRELACION ENTRE LA EVAPORACION MEDIA ANUAL
Y LA ALTURA DE LA ESTACION

$$E = 7,67 - 0,41 \times 10^{-3} \cdot X$$

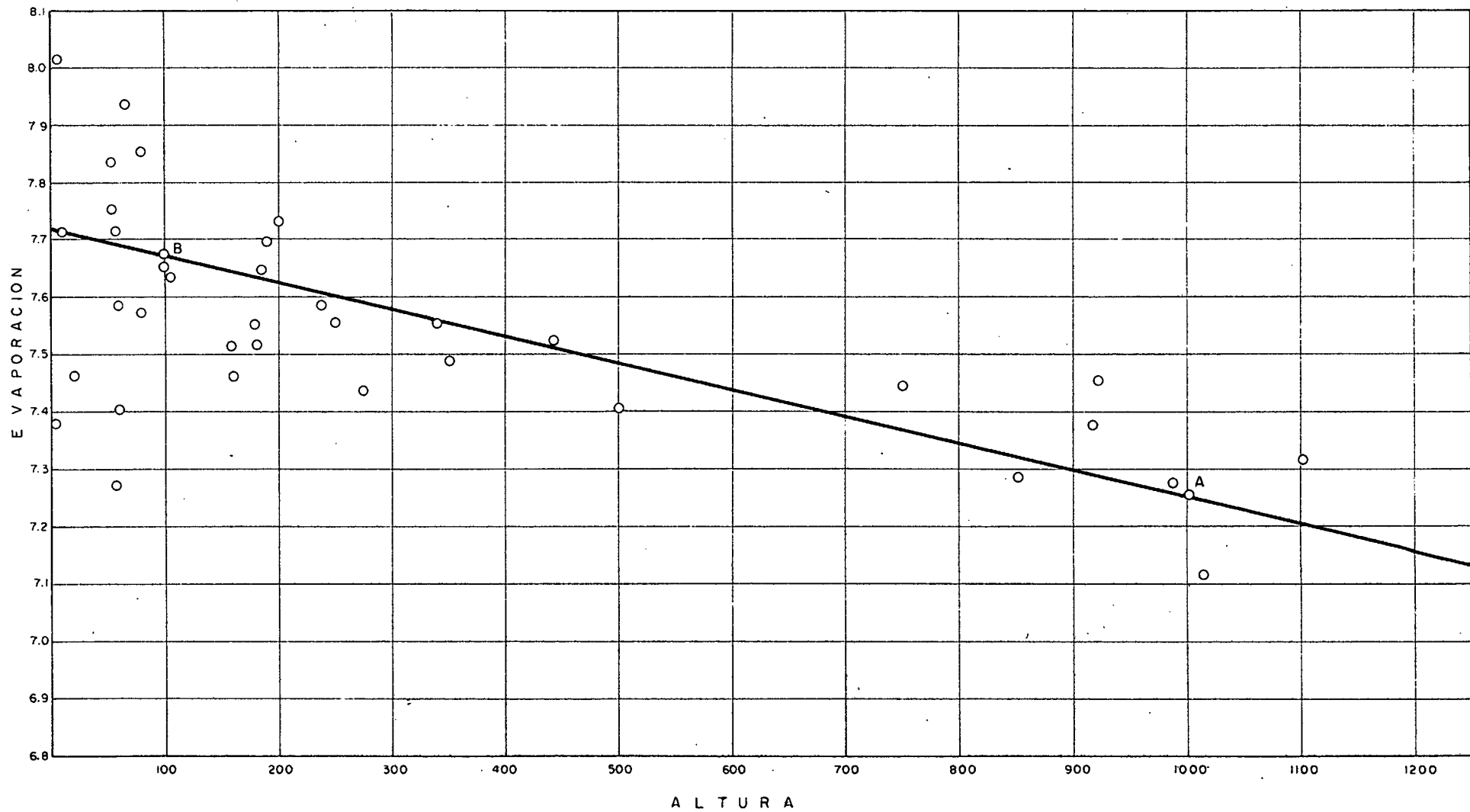


Fig. 4.

Error de correlación:

El valor del error de correlación se calcula a partir de la fórmula general:

$$e = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

donde "n" es el número de datos y "r" es el Coeficiente de Correlación.

Luego se tiene:

$$r = 0,745$$

$$r^2 = 0,56$$

$$n = 37$$

de donde el error de correlación es de 0,088, es decir, aproximadamente 0,09.

Error de lectura en la recta:

Para determinar el error que se comete al hacer la lectura de evaporación, se ha determinado por medio de un sistema IBM y el cual dió como resultado, para la relación Log. Y sobre X un valor de $0,18.10^4$, es decir, un valor de 0,018.

Esto quiere decir que al hacer una lectura sobre la recta de la figura Nº 5, debe agregarse al valor leído una constante de valor 0,018, aproximadamente 0,02.

Incluimos a continuación los resultados obtenidos para determinar el error de lectura en la relación Log. Y sobre X.

CORRELACION ENTRE EVAPORACION MEDIA ANUAL
Y ALTURA DE LA ESTACION

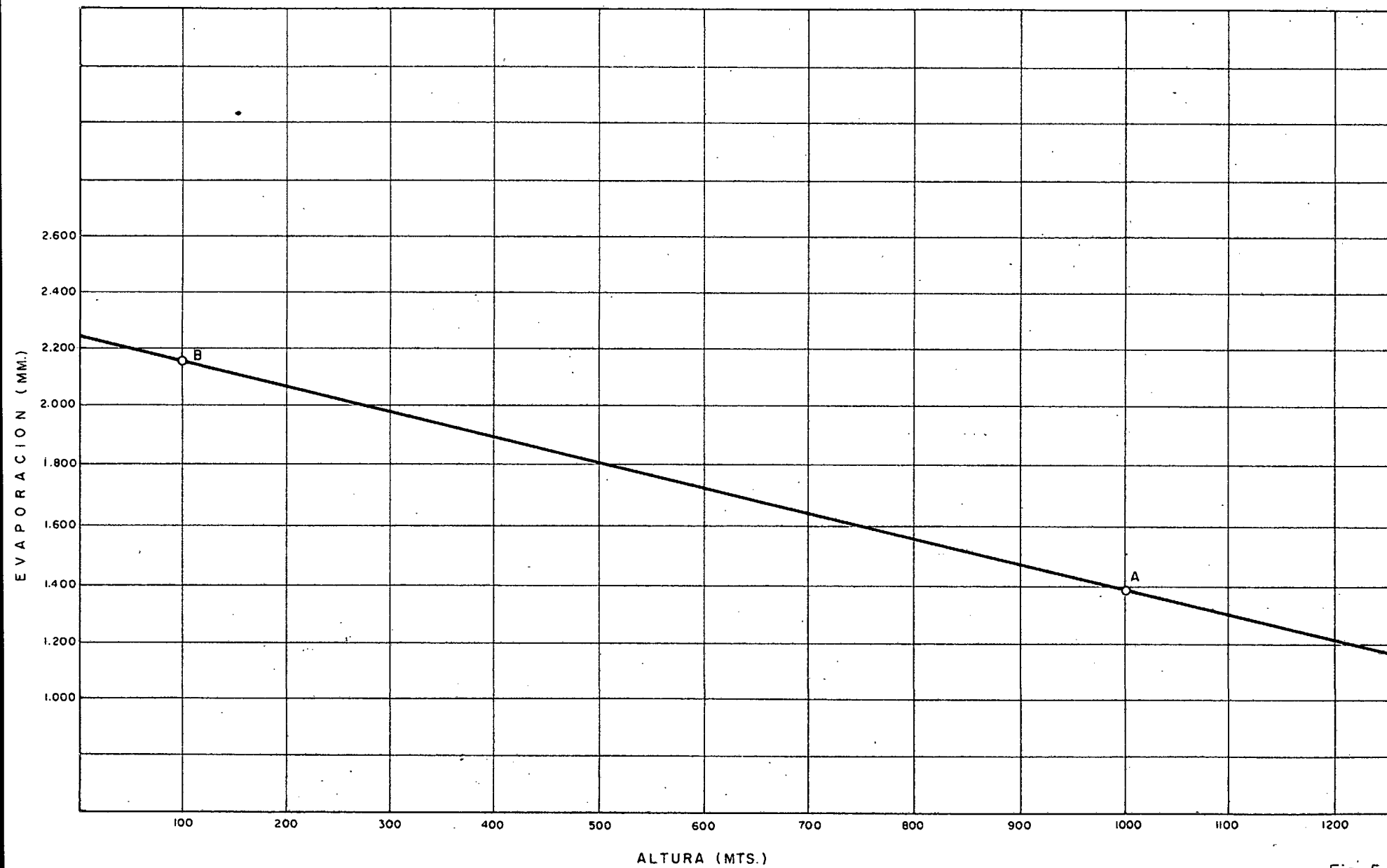


Fig. 5..

CALCULO DEL ERROR STANDARD DE ESTIMACION

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES $A_0 = 0,767 \cdot 10^1$ $A_1 = -0,4114 \cdot 10^{-3}$

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPOR.</u>	<u>VALOR ESTIM.</u>	<u>DIFERENCIA</u>
850.00	7,286	7,3205	-0,0336
444.00	7,524	7,4876	0,0365
750.00	7,449	7,3617	0,0874
5.00	7,380	7,6681	-0,2876
8.00	8,014	7,6669	0,3480
10.00	7,710	7,6661	0,0447
20.00	7,460	7,6620	-0,2015
52.00	7,279	7,6488	-0,3694
52.00	7,836	7,6488	0,1878
55.00	7,752	7,6476	0,1046
58.00	7,717	7,6463	0,0711
60.00	7,403	7,6455	-0,2425
60.00	7,589	7,6455	-0,0560
66.00	7,937	7,6431	0,2942
80.00	7,859	7,6273	0,2220
80.00	7,571	7,6373	-0,0662
100.00	7,650	7,6291	0,0212
106.00	7,630	7,6266	0,0038
160.00	7,518	7,6044	-0,0861
160.00	7,461	7,6044	-0,1432
180.00	7,552	7,5962	-0,0439
180.00	7,517	7,5962	-0,0790
200.00	7,731	7,5879	0,1435

CALCULO DEL ERROR STANDARD DE ESTIMACION

ECUACION DE REGRESION DE Y SOBRE X

COEFICIENTES.

$$A_0 = 0,767 \cdot 10^1$$

$$A_1 = -0,4114 \cdot 10^{-3}$$

<u>ELEVACION</u>	<u>LOG. EVAPOR.</u>	<u>VALOR ESTIM.</u>	<u>DIFERENCIA</u>
190.00	7,696	7,5920	0,1047
238.00	7,580	7,5723	0,0080
185.00	7,641	7,5941	0,0472
250.00	7,552	7,5674	-0,0149
275.00	7,437	7,5571	-0,1194
340.00	7,554	7,5303	0,0242
350.00	7,482	7,5262	-0,0439
916.00	7,372	7,2934	0,0791
920.00	7,451	7,2918	0,1598
985.00	7,274	7,2650	0,0093
1013.00	7,116	7,2535	-0,1375
1100.00	7,311	7,2177	0,0942
500.00	7,407	7,4645	-0,0574
1735.00	<u>6,847</u>	6,9565	-0,1088

ERROR STANDARD DE ESTIMACION = $0,1839 \cdot 10^{-1}$

RELACION ENTRE LA EVAPORACION, TEMPERATURA
Y VELOCIDAD DEL VIENTO

?

RELACION ENTRE LA EVAPORACION, LA TEMPERATURA Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO

Una vez determinada la relación entre la evaporación y la altura nos queda por determinar la relación entre la evaporación, la temperatura y la velocidad del viento.

Para realizar este estudio se ha empleado el método de Correlación Múltiple, utilizando para ello el sistema electrónico IBM-1620, del departamento de Cálculo Numérico de la Facultad de Ciencias.

Para este cálculo se utilizaron datos de once (11) estaciones con medias anuales de temperatura, velocidad del viento y evaporación. Las once estaciones pertenecen al Ministerio de Obras Públicas y al Instituto Nacional de Obras Sanitarias.

El hecho de tener solamente once estaciones nos ha llevado a utilizar los datos anuales y no utilizar las medias de períodos de igual número de años para cada variable.

Como consecuencia se tienen un total de 97 observaciones para las once estaciones utilizadas.

En este método tendremos dos variables independientes que son la temperatura y la velocidad del viento y la variable dependiente que es la evaporación.

Incluimos a continuación los resultados obtenidos en la Correlación Múltiple.

CALCULO DE CORRELACION MULTIPLE

NUMERO DE OBSERVACIONES = 97 No. DE VAR. INDEPENDIENTES = 2

MEDIA DE X_1 = 2.097,324

MEDIA DE X_2 = 25,381

MEDIA DE X_3 = 1,240

COEFICIENTES DE CORRELACION TOTALES (ORDEN CERO)

1 2 0,65798174

1 3 0,75508561

2 3 0,21713279

COEFICIENTES DE CORRELACION PARCIALES

1 2 0,77193749

1 3 0,83287009

2 3 -0,56652785

VARIABLE DEPENDIENTE X_1

<u>VARIABLES</u>	<u>COEF. REGRESION</u>	<u>ERROR COEF. REGR.</u>
1 2	96,22857	8,17352
1 3	280,41754	19,22015

TERMINO CONSTANTE = -693,04

COEFICIENTE DE CORRELACION MULTIPLE R_1 = 0,909007

ERROR STANDARD DE ESTIMACION S_1 = 272,723

CALCULOS DE CORRELACION MULTIPLE

<u>VAR. DEPENDIENTE</u>	<u>EVAP. ESTIMADA</u>	<u>DIFERENCIA</u>
1.702,54	2.253,22	-550,68
1.791,93	2.237,23	-445,30
2.131,75	2.278,90	-147,15
1.921,07	2.159,54	-238,47
1.843,08	2.012,51	-169,43
1.687,57	2.032,14	-344,57
1.729,14	1.953,24	-224,10
1.883,95	2.194,07	-310,12
2.179,31	2.191,33	- 12,02
2.151,07	2.041,82	109,24
2.203,65	1.996,13	207,51
2.063,53	2.247,94	- 11,14
2.355,34	2.589,79	-234,44
2.347,44	2.415,93	- 68,49
2.208,87	2.169,48	39,38
2.041,28	2.059,35	- 18,07
2.441,22	2.286,93	154,28
2.725,49	2.453,65	275,83
3.036,32	2.916,02	120,29
2.958,94	2.764,47	194,46
2.702,68	2.487,80	214,87
2.645,15	2.487,80	157,34
2.317,90	2.148,70	169,19
2.203,15	2.368,58	-165,43
2.221,20	2.102,25	118,95

CALCULOS DE CORRELACION MULTIPLE

<u>VAR. DEPENDIENTE</u>	<u>EVAP. ESTIMADA</u>	<u>DIFERENCIA</u>
1.824,18	1.937,83	-113,65
1.815,79	1.952,29	-136,50
1.730,36	1.954,71	-224,35
1.909,07	1.950,76	- 41,69
1.988,22	2.026,15	- 37,93
2.043,43	1.860,14	183,28
1.985,74	1.751,10	234,63
1.898,98	1.911,32	- 12,34
1.912,90	1.908,96	3,93
1.953,50	2.000,85	- 47,35
1.933,54	1.891,81	41,72
1.857,21	1.895,00	- 37,79
1.876,82	2.025,64	-148,82
1.593,65	1.291,62	302,02
1.421,82	1.218,27	203,54
1.518,67	1.251,92	266,74
1.477,36	1.977,91	-500,55
1.220,44	1.977,91	-322,91
1.289,32	1.411,88	-122,56
1.815,59	1.245,54	570,04
1.575,44	1.381,74	193,69
1.458,85	1.481,54	- 22,69
1.422,10	1.425,39	- 3,29
1.401,65	1.898,12	-496,47
1.461,40	1.896,15	-434,75

CALCULOS DE CORRELACION MULTIPLE

<u>VAR. DEPENDIENTE</u>	<u>EVAP. ESTIMADA</u>	<u>DIFERENCIA</u>
2.045,59	1.893,08	152,50
2.048,01	2.034,11	13,89
2.195,51	2.107,91	87,59
2.445,88	2.250,16	195,71
2.396,84	2.117,47	252,36
2.479,05	2.158,38	320,66
2.364,01	2.216,89	147,11
2.440,86	2.302,99	137,86
2.628,24	2.447,27	180,96
2.408,52	2.323,83	84,68
2.349,68	2.304,20	45,47
2.518,00	2.455,30	62,69
2.489,64	2.581,55	- 91,91
3.529,21	2.877,91	651,29
3.382,44	3.619,68	-237,24
3.180,70	3.585,65	-404,95
3.119,29	3.580,81	-461,52
3.033,39	3.271,85	-238,46
3.091,05	3.329,46	-238,41
3.384,09	3.010,94	373,14
3.595,45	2.892,78	702,66
3.698,52	3.476,29	222,22
3.825,86	3.207,73	618,12
1.191,77	1.966,75	-774,98
2.206,25	1.980,39	225,85

CALCULOS DE CORRELACION MULTIPLE

<u>VAR. DEPENDIENTE</u>	<u>EVAP. ESTIMADA</u>	<u>DIFERENCIA</u>
1.613,58	1.627,92	- 14,34
1.636,06	1.600,20	35,85
1.595,32	1.516,46	78,85
924,91	914,73	10,17
986,72	992,87	- 6,15
968,49	1.035,37	- 66,88
848,35	1.021,35	-173,00
714,91	1.053,79	-338,88
933,54	963,56	- 30,02
868,50	848,91	19,58
1.989,92	2.177,77	-187,85
2.187,27	2.203,90	- 16,63
2.205,20	2.203,90	-243,17
2.045,52	2.279,67	-243,15
2.072,93	2.163,49	- 90,56
2.109,74	2.172,23	- 62,49
2.137,27	2.076,94	60,32
2.136,03	2.335,37	-199,34
2.254,49	2.164,70	89,78
2.217,60	2.069,74	147,85
2.856,91	2.050,88	806,02

Del resultado final de estos cálculos hemos obtenido la ecuación de regresión de la forma:

$$\text{Evap.} = 96,2 \cdot t + 280,4 \cdot v - 693,04$$

donde el error standard de estimación es 272,72 y el valor del coeficiente de correlación múltiple es 0,909.

Los valores 96,2 y 280,4 son los coeficientes de Regresión y el valor 693,04 es el término constante.

Los términos t y v representan la temperatura media anual y la velocidad del viento media anual respectivamente.

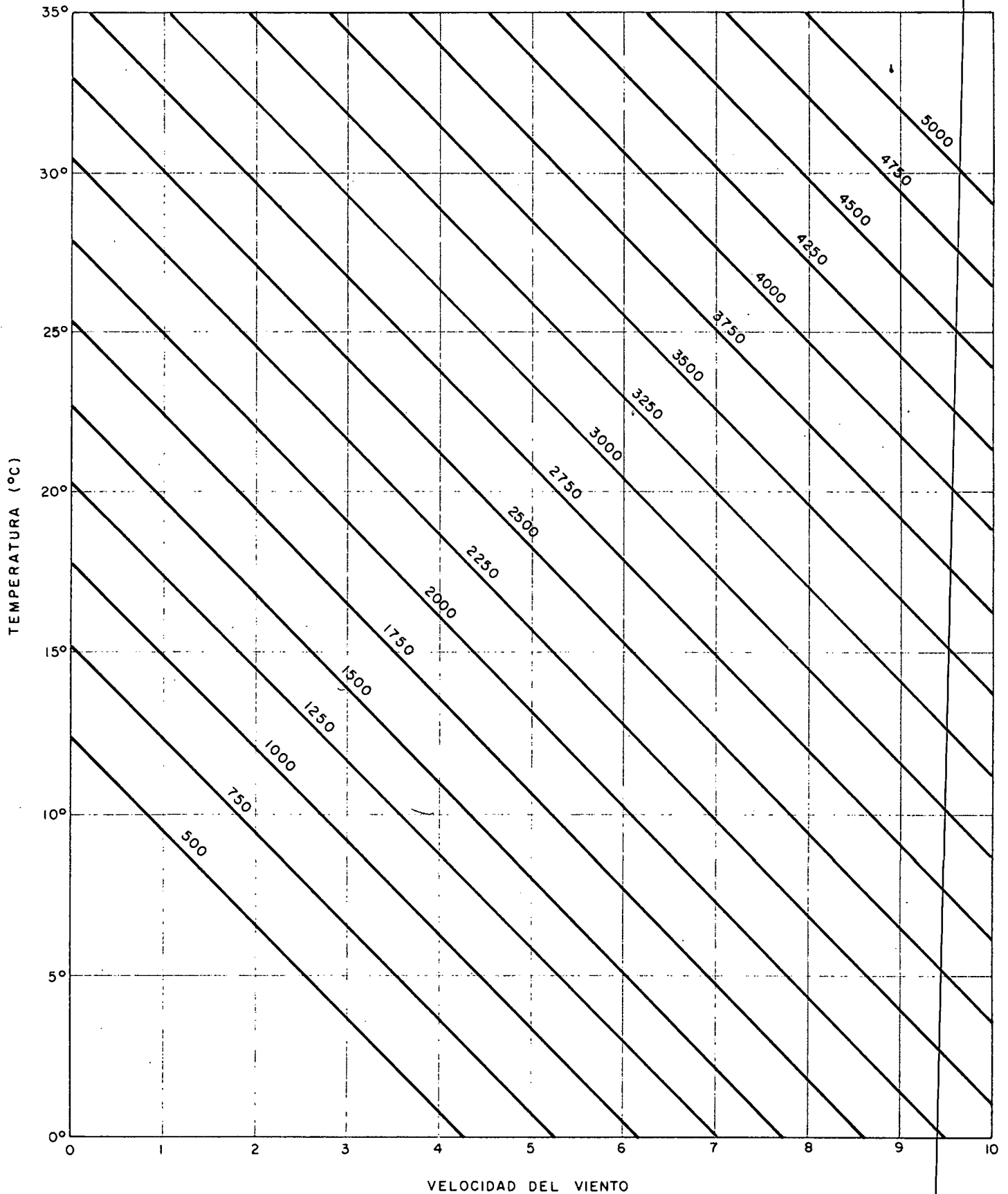
El hecho de tener tres variables nos indica que la representación gráfica debe ser una familia de rectas, la cual representamos por medio de un nomograma, en el cual se determina la evaporación media anual de un lugar a base de la temperatura media anual y la velocidad del viento media anual de ese lugar.

Las abscisas del nomograma representan la velocidad del viento y las ordenadas la temperatura.

Las rectas diagonales nos representan la evaporación media anual.

A continuación incluimos el nomograma de evaporación media anual, temperatura media anual y velocidad media anual.

NOMOGRAMA PARA CALCULAR LA EVAPORACION MEDIA ANUAL (mm.)
A BASE DE LA TEMPERATURA (°C) Y LA VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)



Conclusiones.-

El resultado de este trabajo ha sido el que se esperaba pese a las circunstancias adversas.

A pesar de esto podemos observar que el resultado es bastante satisfactorio por cuanto el error standard en el primer cálculo ha sido muy pequeño.

Como se ha podido observar el error standard de estimación es de apenas 0,02. Es decir, al estimar la evaporación media anual en base a la altura de un lugar, se comete un pequeño error en la lectura, lo cual nos indica que el valor de la evaporación media anual es bastante aproximado con el valor real que se puede obtener con aparatos de medición.

En la segunda parte el error standard de estimación es bastante bueno, este error standard es de 272,72 mm., lo cual quiere decir que al hacer una lectura en el nomograma se comete un error, por ese motivo al valor obtenido debe sumarse el error standard de estimación.

En un futuro es posible que al poseer mayor número de datos este trabajo debe ser mejorado, obteniendo un error standard más pequeño en ambos casos.

Con un mayor número de datos se puede mejorar el coeficiente de correlación simple y múltiple, lo cual nos representa mejores resultados.

Esperamos que este pequeño trabajo haya contribuído a solucionar uno de los muchos problemas que tiene la Hidrometeorología en nuestro país.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Apuntes de Meteorología, Hidrología y Climatología
Departamento de Meteorología e Hidrología, Fac. de Ingeniería, U.C.V.
- 2.- Statical Methods
Herbert Arkin
Raymond R. Colton
- 3.- Climatología
Wilhelm Koeppen
- 4.- Applied Hidrology
Linsley, Kohler y Paulhus
- 5.- Meteorology
Pettersen
- 6.- Apuntes de Regresión Lineal y Correlación Múltiple
Departamento de Cálculo - Numérico, Fac. de Ciencias U.C.V.
- 7.- Meteorología
José M. Lorente

I N D I C E

Introducción	Pág. No	5
Evaporación.....	" "	7
Medición de la evaporación.....	" "	8
Evaporímetro Tanque "A".....	" "	9
Evaporímetro de Balanza y esfera de Livignston	" "	11
Fórmulas de Dalton.....	" "	13
Correlación simple y múltiple.....	" "	14
Cálculos de correlación simple.....	" "	17
Error de correlación.....	" "	40
Error de lectura en la recta.....	" "	42
Relación entre la evaporación, temperatura y la velocidad del viento.....	" "	46
Conclusiones.....	" "	54
Bibliografía.....	" "	55

