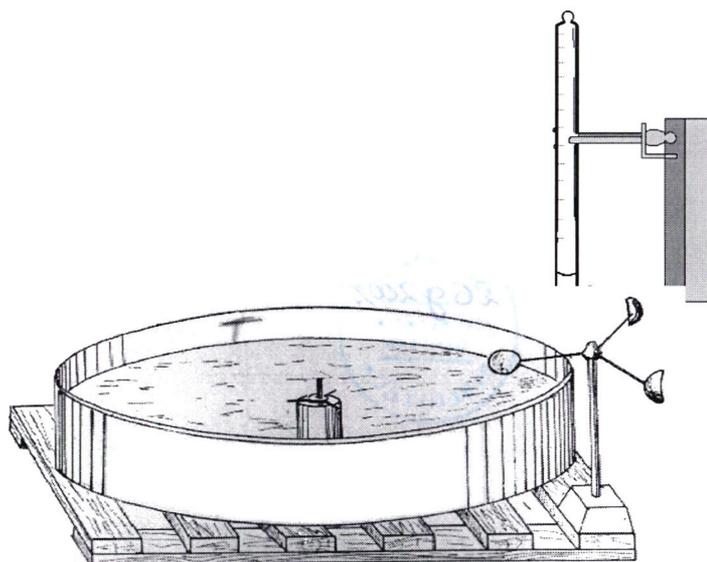


SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

DIRECCION REGIONAL DE CAJAMARCA



**RELACION ENTRE EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A" Y EL  
EVAPORIMETRO PICHE EN EL VALLE DE CAJAMARCA**



SNMH

551.508.72

CAJAMARCA - PERU  
1999

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA  
SENAMHI

**DIRECCION REGIONAL DE CAJAMARCA**

JEFE DEL SENAMHI  
MAYOR GENERAL FAP  
**GERMAN ROJAS BARRANTES**

DIRECTOR TECNICO DEL SENAMHI  
CORONEL FAP  
**RAFAEL CAMPOS CRUZADO**

DIRECTOR REGIONAL DE CAJAMARCA  
METEOROLOGO  
**JULIO E. URBIOLA DEL CARPIO**

**ELABORACION Y EDICION:**

METEOROLOGO	<b>JULIO E. URBIOLA DEL CARPIO.</b>
AGRONOMO	<b>WALTER IVAN VENEROS TERAN.</b>

**COLABORO:**

AGRONOMO	<b>SERGIO MERCADO NORIEGA.</b>
SECRETARIA	<b>NELLY GONZALES GUERRA.</b>

DIRECCION: PASAJE JAEN 121 URB. RAMON CASTILLA. CAJAMARCA  
CASILLA POSTAL 14  
TELEFAX: (044) 825701  
E MAIL: dre3\_cajamarca@computextos.com.pe  
<http://www.senamhi.gob.pe>

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
OBJETIVOS .....	1
REVISION BIBLIOGRAFICA .....	3
MATERIALES Y METODOS .....	6
RESULTADOS .....	9
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	11
BIBLIOGRAFIA .....	12

## **RELACION ENTRE EVAPORACION EN TANQUE TIPO "A" Y EL EVAPORIMETRO PICHE EN EL VALLE DE CAJAMARCA.**

### **INTRODUCCION**

La evaporación del agua es el proceso físico por medio del cual el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso desde superficies libres de agua como océanos, mares, lagos, ríos, reservorios, represas, así como también desde campos de cultivo y superficies húmedas, formando el vapor de agua que contiene el aire.

Este proceso es considerado como pérdida de agua líquida, por lo que se hace necesario cuantificar su magnitud.

La estimación de la evaporación desde superficies húmedas y superficies libres de agua se realiza utilizando evaporímetros como el tanque tipo "A" y el evaporímetro piché.

Ambos instrumentos son utilizados en las Estaciones Climatológicas de la Dirección Regional de Cajamarca, sin embargo, existe una diferencia entre los datos de evaporación obtenidos en el evaporímetro Piché y los datos obtenidos en el tanque tipo "A", por lo que es necesario determinar la relación entre estos dos valores para saber el grado de asociación entre ambos, así como la variabilidad que presentan cada uno de estos valores y saber cual es más confiable, asumiendo que, la evaporación medida en tanque tipo "A" es más real que la evaporación medida en evaporímetro Piché, debido al funcionamiento de cada instrumento.

### **OBJETIVOS**

El presente trabajo de investigación se realizó con los siguientes objetivos:

- Determinar la ecuación de regresión lineal entre los valores de evaporación obtenidos en tanque de evaporación tipo "A" y evaporímetro piché.
- Determinar el coeficiente de correlación entre ambos valores.

- Determinar el coeficiente de variación y la desviación estándar de ambos valores.
- Determinar el comportamiento de la evaporación durante el año.

## **REVISION BIBLIOGRAFICA.**

### **1. LA EVAPORACION.**

La evaporación es un proceso físico mediante el cual el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso. Es un proceso que requiere gran cantidad de energía para vencer las fuerzas de tensión superficial que impiden el escape de las moléculas del agua hacia la atmósfera. En la naturaleza la fuente de energía, casi exclusiva, para la evaporación es la radiación solar. Debido a que la evaporación es considerada como una pérdida de agua líquida es necesario cuantificar su magnitud, es decir, determinar la cantidad de agua líquida que se ha evaporado, este proceso se realiza utilizando evaporímetros si se quiere determinar la evaporación en forma directa o también se puede determinar indirectamente usando métodos climatológicos (GARCIA, 1992).

Los elementos meteorológicos que condicionan la humedad relativa son: velocidad media del viento, temperatura del aire, temperatura de la superficie del agua, humedad del aire, presión atmosférica, precipitación, calidad del agua y naturaleza y forma de la superficie (GOMEZ, 1983).

### **2. MEDICION DE LA EVAPORACION.**

La evaporación se mide con relación a la variación de altura de una columna de agua que se evapora en milímetros por día. No obstante, se debe mencionar que las observaciones indican solamente valores relativos (VALDIVIA, 1977).

La evaporación se puede medir en forma directa o indirecta por medio de medidores de evaporación relativa, evaporímetros registradores y medidores de evaporación absoluta; dentro de estos tenemos tanques de evaporación tipo A, enterrados, flotantes, evaporímetro de balanza, de papel

(Piche) y registradores. Los métodos indirectos pueden ser de balance energético, de transferencia de masa, de balance hídrico y por fórmulas empíricas (GOMEZ, 1983).

**a. EL TANQUE TIPO "A".**

Es un recipiente circular de hierro galvanizado u otro metal resistente a la corrosión, con un diámetro de 124 cm y una profundidad de 25 cm en cuyo interior se coloca agua. (PANTOJA, H. 1995).

En el interior del tanque se instala un tubo cilíndrico llamado "vaso tranquilizador" para impedir que el oleaje o movimiento del agua afecte la medición, este tubo se monta sobre una pieza metálica triangular, en cuyas tres esquinas hay tornillos de nivelación, dentro del vaso tranquilizador se coloca el gancho indicador y tornillo micrométrico con su escala graduada para hacer las lecturas por diferencia de nivel. El tanque es colocado sobre una base de madera, en donde también se coloca un anemómetro para relacionar la pérdida de agua por evaporación y recorrido del viento. (VALDIVIA, 1977).

**b. EL EVAPORIMETRO PICHE.**

Es un tubo de cristal graduado en milímetros o mililitros, abierto en uno de sus extremos. Para su funcionamiento se llena el tubo con agua y se cubre el extremo abierto con un disco de papel secante, que se sujeta con un dispositivo especial, echo esto se invierte el aparato y se le cuelga, en seguida el agua impregna el papel secante y luego comienza la evaporación. (VALDIVIA, 1977).

El evaporímetro Piché, es un instrumento sencillo de utilizar, el cual actualmente está casi en desuso pues gradualmente la evaporación de tanque ha reemplazado al Piché (PANTOJA, H.1995).

### **3. CORRELACION.**

Es la asociación entre dos o más variables aleatorias. El coeficiente de correlación es el parámetro estadístico más comúnmente utilizado para medir el grado de asociación entre dos variables linealmente relacionadas (CALZADA, 1964).

### **4. REGRESION.**

Es la representación gráfica y determinación de una ecuación matemática que expresa una variable en función de otra variable relacionada (CALZADA, 1964).

## **MATERIALES Y METODOS.**

### **1. UBICACIÓN DEL TRABAJO.**

Los datos de evaporación han sido obtenidos en la estación MAP Augusto Weberbauer ubicada en el valle de Cajamarca a 07° 10' de latitud sur, 78° 30' de longitud oeste y a 2536 m.s.n.m., la zona presenta una temperatura media anual de 14,7 °C, una humedad relativa media anual de 70%, una precipitación total anual de 619 mm y una cantidad diaria de horas de sol promedio anual de 5.9 horas.

### **2. MATERIALES.**

- Datos de evaporación en milímetros obtenidos en Tanque tipo "A" y en Evaporímetro Piché de la estación MAP Augusto Weberbauer desde el año 1973 hasta 1998.

### **3. EQUIPOS.**

- Tanque de evaporación tipo "A".
- Evaporímetro piché.
- Computadora personal.

### **4. METODOLOGIA.**

Los datos de evaporación en milímetros obtenidos en la estación MAP. Augusto Weberbauer fueron ingresados a la computadora personal en una hoja de cálculo (Microsoft Excel) ordenados por años en forma vertical y por meses en forma horizontal, desde 1975 hasta 1998.

Teniendo en cuenta que en cada mes del año la evaporación es diferente, se procedió a hallar el coeficiente de correlación para cada mes,

asi como también los coeficientes "a" y "b" de la ecuación de regresión lineal. Después se calculó la evaporación promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación para Tanque tipo "A" y para Piché en cada mes del año.

#### 4.1. CALCULO DE LA ECUACION DE REGRESION LINEAL.

La Ecuación de regresión lineal es la siguiente:

$$4.1.1. \quad Y = a + bX$$

Donde:

**Y:** es la evaporación diaria en milímetros obtenida en tanque tipo "A"

**a y b:** son constantes numéricas de la ecuación lineal.

**X:** es la evaporación diaria en milímetros obtenida en Piché.

El valor de "a" se obtiene con la siguiente fórmula:

$$4.1.2. \quad a = ((\Sigma Y) / n) - (b (\Sigma X) / n)$$

El valor de "b" se obtiene con la siguiente fórmula:

$$4.1.3. \quad b = ((n\Sigma XY) - \Sigma X \Sigma Y) / (n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2)$$

**n:** es el número de pares de puntuaciones (X,Y) que en este caso es igual al número de días de observación durante 23 años.

#### 4.2. CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL.

$$4.2.1. \quad r = (n\Sigma XY - (\Sigma X \Sigma Y)) / \sqrt{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \sqrt{n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}$$

#### 4.3. CALCULO DE LA EVAPORACION PROMEDIO.

$$4.3.1. \quad \bar{X} = \Sigma X_i / n$$

Donde:

$\bar{X}$  = Evaporación promedio en mm.

$X_i$  = Evaporación diaria en mm.

**4.4. CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR.**

4.4.1.  $S = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / n}$   
Donde:

S = Desviación estándar

**4.5. CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD.**

4.5.1.  $CV = (S / \bar{X}) * 100$

**RESULTADOS.****1. EVAPORACION PROMEDIO.**

Tabla N° 01. Evaporación diaria promedio en milímetros (mm).

MES	Promedio Piché	Promedio Tanque
ENERO	2.4	3.8
FEBRERO	2.0	3.5
MARZO	2.1	3.5
ABRIL	2.1	3.3
MAYO	2.4	3.3
JUNIO	3.3	3.6
JULIO	4.1	4.1
AGOSTO	3.9	4.2
SEPTIEMBRE	3.5	4.1
OCTUBRE	2.8	4.0
NOVIEMBRE	3.0	4.4
DICIEMBRE	3.0	4.3
<b>PROMEDIO</b>	<b>2.9</b>	<b>3.8</b>

(\*) Promedio de 23 años



## 2. ECUACION DE REGRESION LINEAL Y COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL.

Tabla N° 02. Ecuación de regresión lineal y coeficiente de correlación lineal mensual.

MES	ECUACION DE REGRESION LINEAL	COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL
ENERO	$Y = 3.47 + 0.22 X$	0.39
FEBRERO	$Y = 3.62 + 0.04 X$	0.46
MARZO	$Y = 3.52 + 0.03 X$	0.42
ABRIL	$Y = 3.46 + 0.01 X$	0.36
MAYO	$Y = 3.39 + 0.0003 X$	0.38
JUNIO	$Y = 3.88 - 0.03 X$	0.34
JULIO	$Y = 0.86 + 0.79 X$	0.40
AGOSTO	$Y = 4.50 - 0.03 X$	0.38
SETIEMBRE	$Y = 4.20 + 0.02 X$	0.55
OCTUBRE	$Y = 4.02 + 0.04 X$	0.60
NOVIEMBRE	$Y = 4.43 + 0.07 X$	0.64
DICIEMBRE	$Y = 4.24 + 0.07 X$	0.65

## 3. DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION.

Tabla N° 03. Desviación Estándar y Coeficiente de Variación.

MES	Desv. Estandar Piché	Desv. Estandar Tanque	C.V. Piché	C.V. Tanque
ENERO	1.2	1.4	50.9	37.6
FEBRERO	1.1	1.4	54.2	40.4
MARZO	1.1	1.3	50.7	38.0
ABRIL	1.1	1.1	54.1	32.5
MAYO	1.2	1.0	48.3	31.3
JUNIO	1.8	1.1	54.2	30.4
JULIO	2.6	1.2	63.8	30.1
AGOSTO	1.9	1.2	48.2	29.3
SETIEMBRE	1.4	1.3	40.5	31.3
OCTUBRE	1.4	1.4	49.7	36.2
NOVIEMBRE	1.7	1.6	57.9	36.9
DICIEMBRE	1.9	1.6	66.1	38.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.5</b>	<b>1.3</b>	<b>53.2</b>	<b>34.4</b>

En la tabla N° 03 se observa que la desviación estándar y el coeficiente de variación en promedio es mayor en el evaporímetro Piché que en el tanque tipo "A", lo cual significa que la evaporación medida en evaporímetro Piche presenta valores mucho más dispersos con respecto al promedio que la evaporación medida en tanque tipo "A", haciendo más preciso y confiable los valores obtenidos en tanque tipo "A" por presentar menos variación con respecto al promedio; esto posiblemente se debe a que el evaporímetro Piché funciona utilizando un disco de papel secante el cual puede presentar fallas en su consistencia y calidad, lo cual repercute en la medida de la evaporación.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

- a. El coeficiente de correlación lineal es bajo en todos los meses del año, con valores que oscilan entre 0.34 en Junio y 0.65 en Diciembre.
- b. Existe una correlación positiva en todos los meses del año.
- c. La desviación estándar es mayor en la evaporación medida en el evaporímetro Piché que en el tanque tipo "A", con valores promedios de 1,5 y 1,3 respectivamente.
- d. El coeficiente de variación es mayor en la evaporación medida en el evaporímetro Piché que en el tanque tipo "A" con valores promedios de 53.2 y 34.4 respectivamente.
- e. La mayor evaporación se da entre los meses de Julio a Agosto y Noviembre a Diciembre, coincidiendo con la época de estiaje e inicios del período lluvioso respectivamente.
- f. Se recomienda que para medir evaporación es más conveniente instalar tanques de evaporación tipo "A" que evaporímetros Piché.
- g. Finalmente es conveniente realizar investigaciones que permitan relacionar los valores obtenidos en evaporímetro Piché y en tanque tipo "A" pero en otras localidades y con otras condiciones climáticas.

**BIBLIOGRAFIA.**

- **CALZADA, B.** 1964. Métodos Estadísticos para la Investigación. Segunda edición. SESATOR, Lima - Perú. 326 p.
- **GARCIA, J.** 1992. Agrometeorología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 176 p.
- **GOMEZ , W.** 1983. Precipitación, caudales y evaporación. En Hidrología General y Aplicada - Notas de Clase. Publicación técnica. SENAMHI. Lima - Perú. 239 p.
- **PANTOJA T. H.** 1995. Instructivo para los observadores de las estaciones climatológicas del SENAMHI. Chiclayo - Perú. 32 p.
- **VALDIVIA, J.** 1977. Meteorología General. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú. 168 p.

**GRAFICAS DE PUNTOS DE EVAPORACION EN PICHE Y TANQUE TIPO A DURANTE CADA MES DEL AÑO**

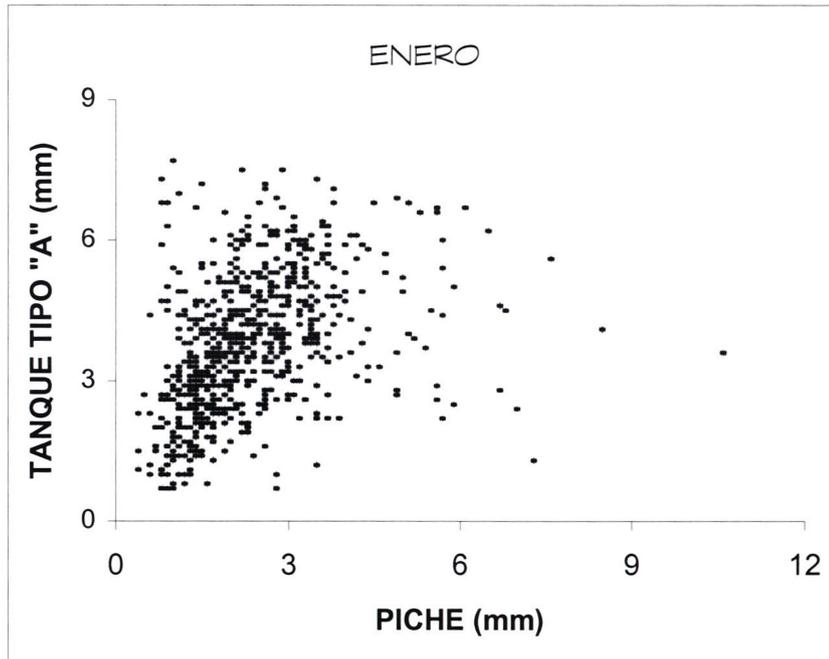


FIGURA N° 01. Gráfica de puntos de evaporacion en piché y tanque tipo "A". durante el mes de enero

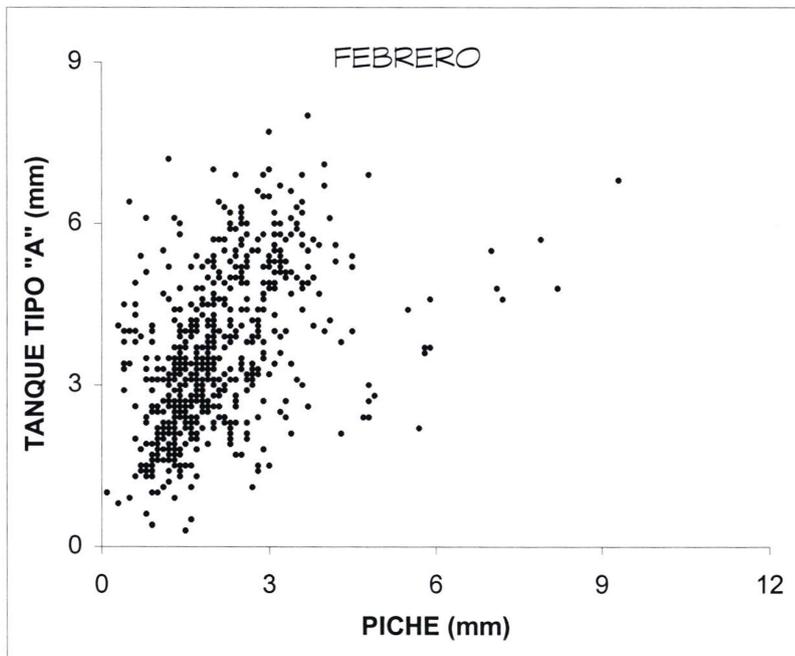


FIGURA N° 02. Gráfica de puntos de evaporacion en piché y tanque tipo "A". durante el mes de febrero

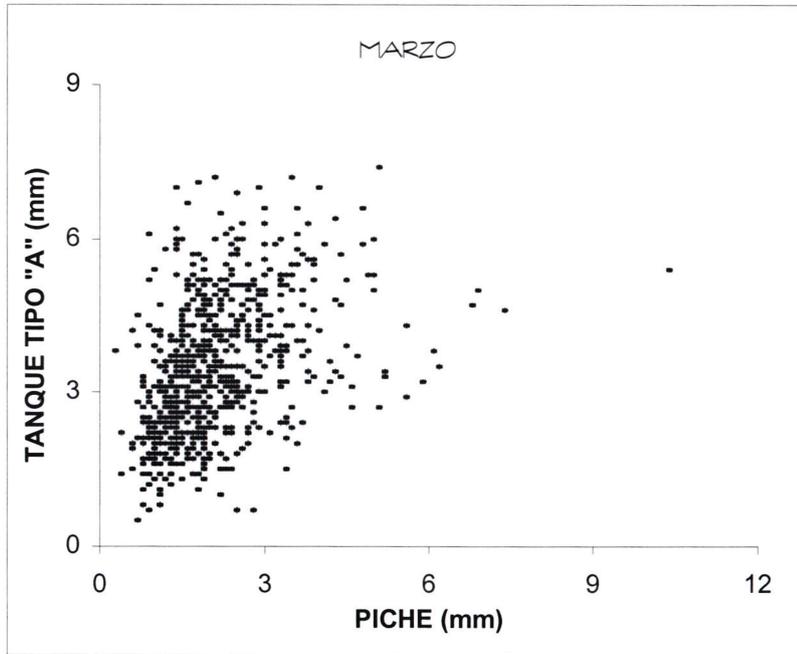


FIGURA N° 03. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de marzo

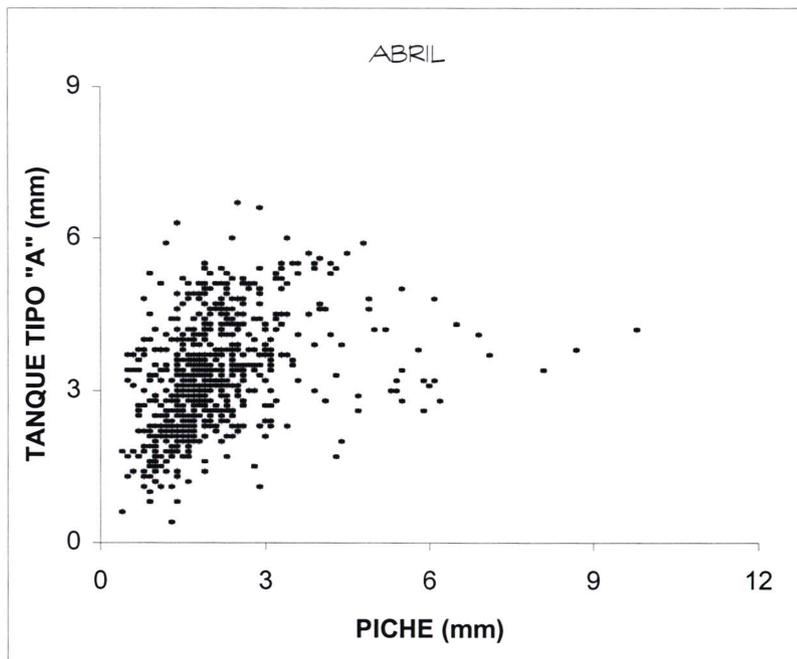


FIGURA N° 04. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de abril

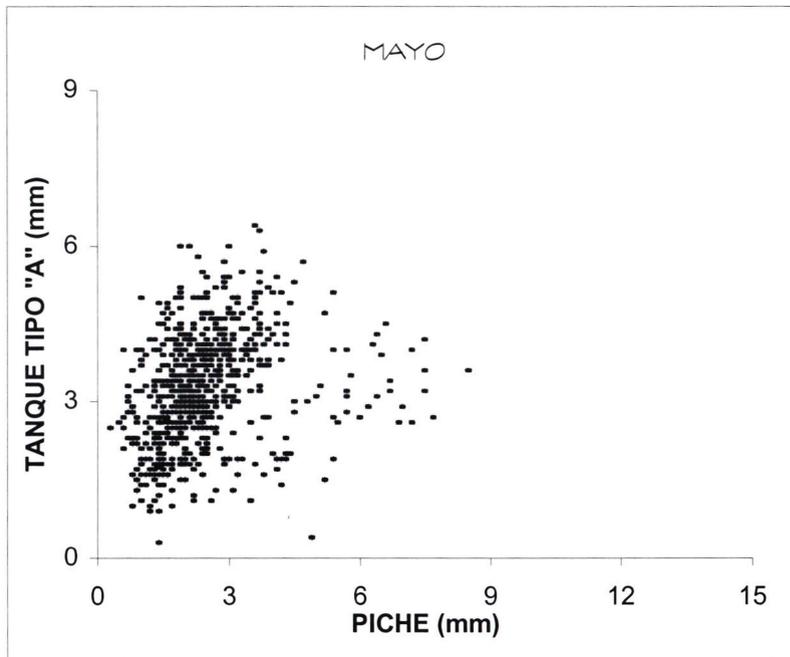


FIGURA N° 05. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de Mayo

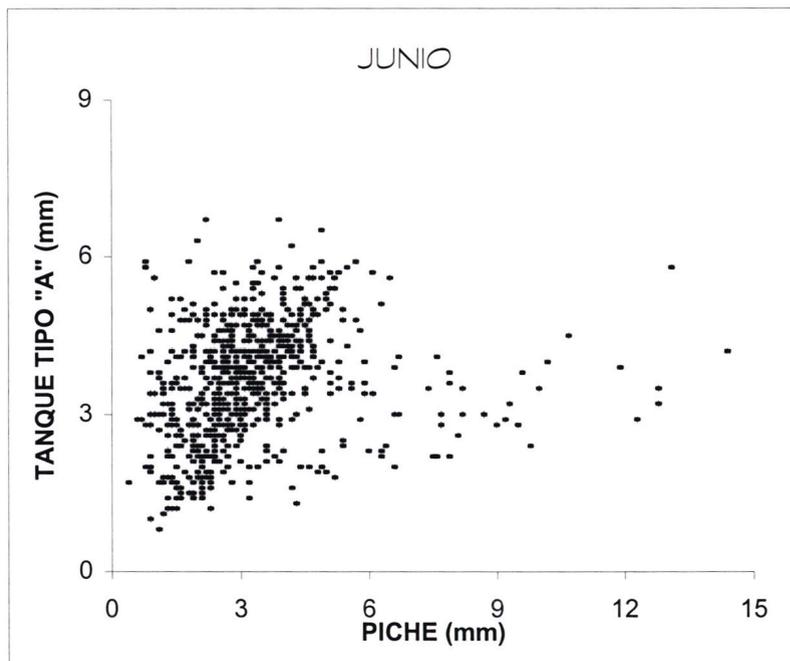


FIGURA N° 06. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de Junio

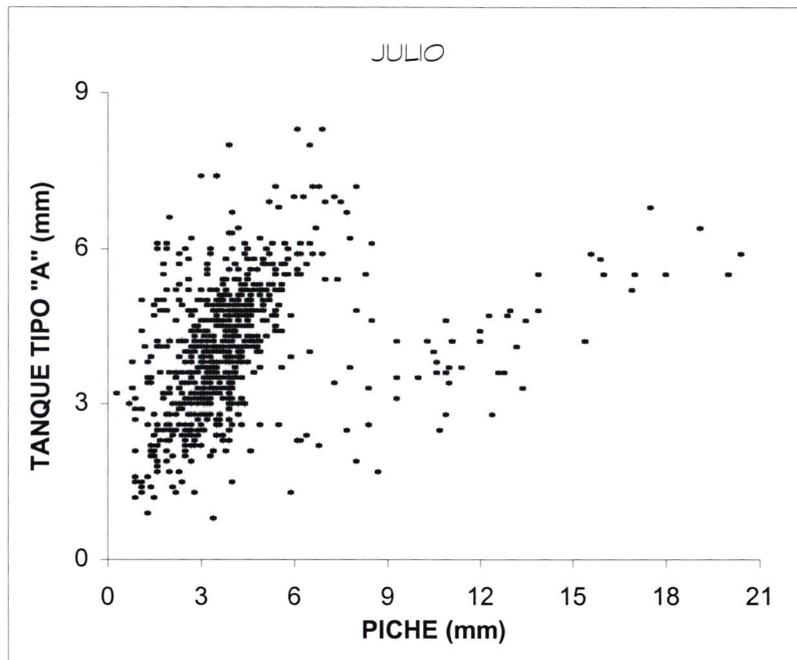


FIGURA N° 07. Gráfica de puntos de evaporación en piche y tanque tipo "A". durante el mes de Julio

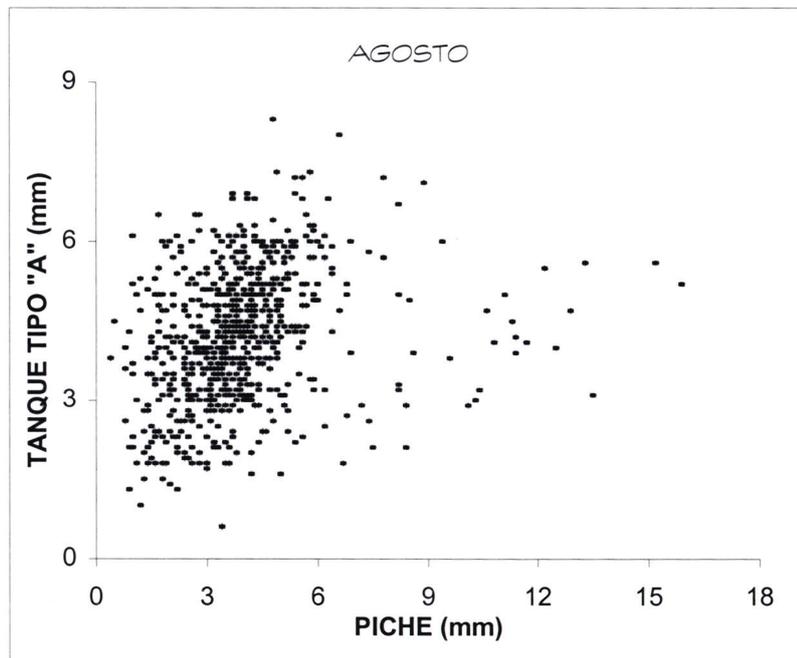


FIGURA N° 08. Gráfica de puntos de evaporación en piche y tanque tipo "A". durante el mes de Agosto

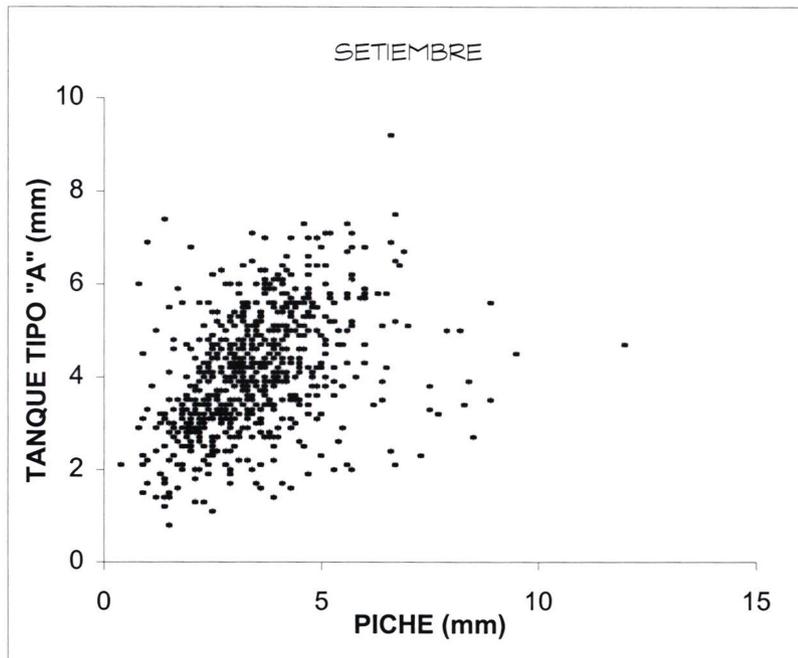


FIGURA N° 09. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de Setiembre

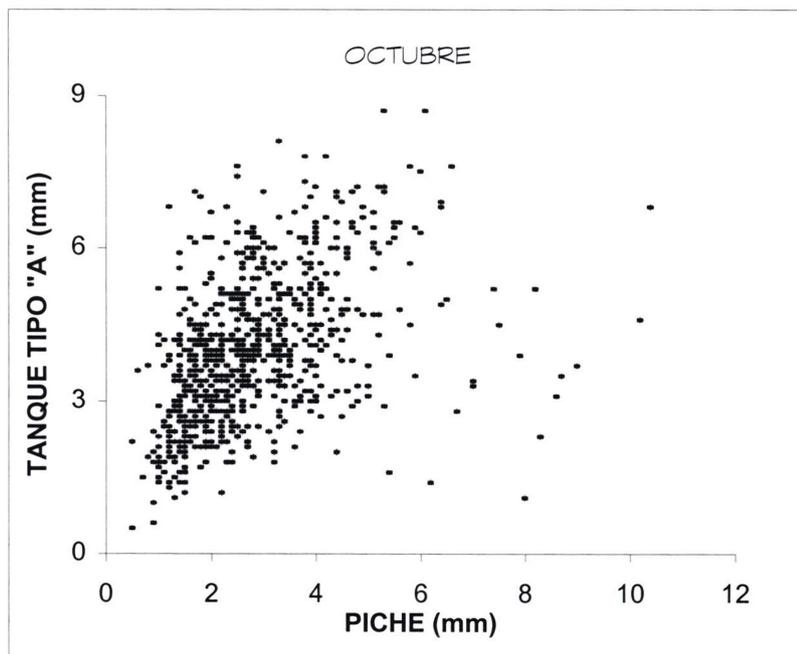


FIGURA N° 10. Gráfica de puntos de evaporación en piché y tanque tipo "A". durante el mes de Octubre

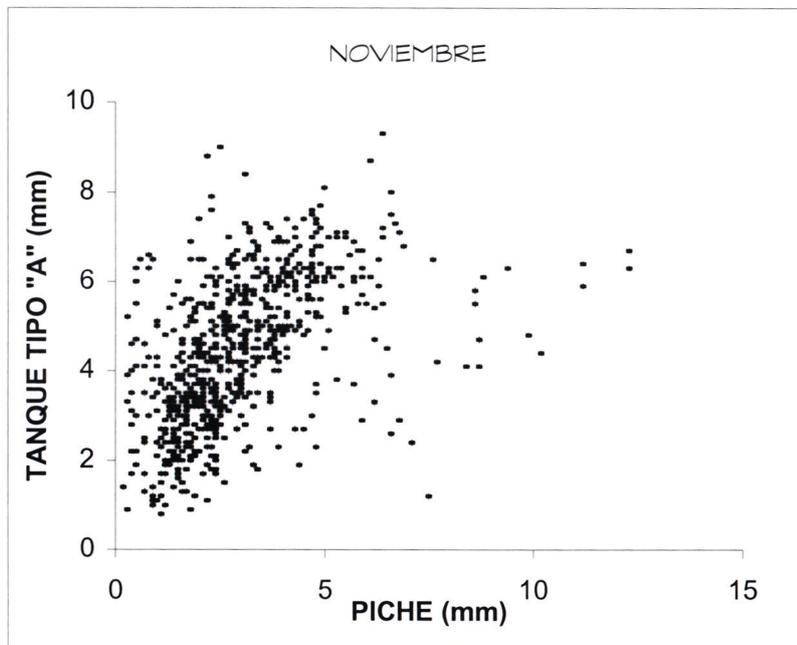


FIGURA N° 11. Gráfica de puntos de evaporacion en piché y tanque tipo "A". durante el mes de noviembre

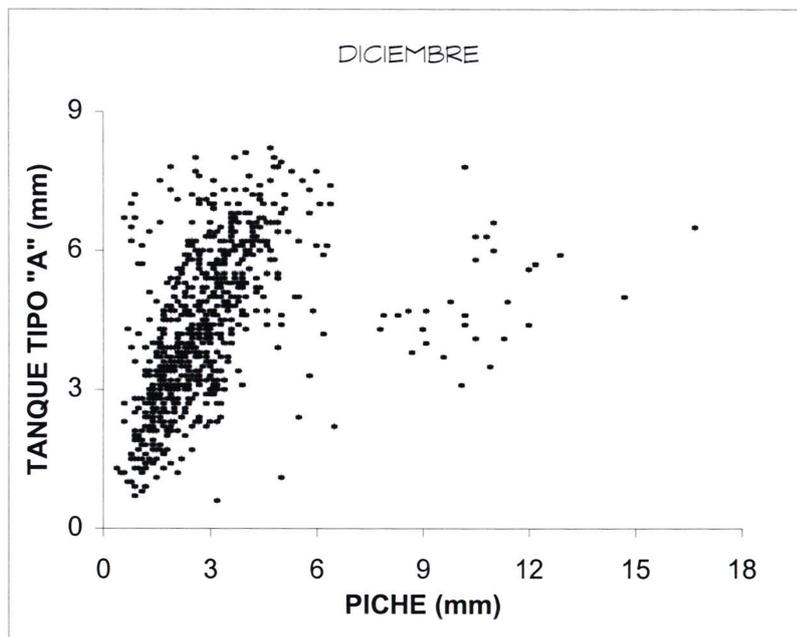


FIGURA N° 12. Gráfica de puntos de evaporacion en piché y tanque tipo "A". durante el mes de Diciembre

