

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA  
(SENAMHI)

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS ESPECIALES

PROYECTO DE INVERSIÓN N° 900030 "APROVECHAMIENTO  
DEL RECURSO AGUA DE LAS NIEBLAS EN LAS LOMAS DE  
LACHAY Y PASAMAYO

I N F O R M E

OBSERVACIONES MICROMETEOROLÓGICAS EN LAS LOMAS DE LACHAY  
REALIZADAS DEL 23 AL 25 DE AGOSTO 1986

LIMA - PERU

SNMH  
551.575.2  
P59

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA  
( S E N A M H I )

CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO  
DIRECCION DE PROYECTOS ESPECIALES

PROYECTO DE INVERSION N°900030 "APROVECHAMIENTO  
DEL RECURSO AGUA DE LAS NIEBLAS EN LAS LOMAS DE  
LACHAY Y PASAMAYO

I N F O R M E

OBSERVACIONES MICROMETEOROLOGICAS EN LAS LOMAS DE LACHAY  
REALIZADAS DEL 23 AL 25 DE AGOSTO 1986

Elaborado : Ing. Cristobal Pinche Laurre.  
Mecanografiado : Sra. Vilma Rengifo de Cuya.

LIMA - PERU

## OBSERVACIONES MICROMETEOROLOGICAS EN LAS LOMAS DE LACHAY

### 1. INTRODUCCION:

Las observaciones micrometeorológicas realizadas en las Lomas de Lachay entre el 23 al 25 de agosto del presente año, comprendieron las mediciones en situ de temperatura, humedad atmosférica, precipitación, viento y visibilidad durante la ocurrencia de niebla y de las gotas de agua de la niebla en los lugares donde se esta efectuando los ensayos de explotación del contenido de agua líquida de la niebla en la zona de estudio.

Dicha actividad contó con el apoyo del Centro de Investigación de Zonas Aridas de la UNA-La Molina y del INFOR del Ministerio de Agricultura ; quienes dieron todas las facilidades en el uso de sus laboratorios y equipos, así como también brindaron el apoyo debido durante la ejecución de la misma.

Las observaciones micrometeorológicas son importantes por cuanto nos permitirá tener un mejor conocimiento de la estructura física de la niebla, el cual es un factor importante y determinante, según Telford (1985) y Esponzoa (1985) en los ensayos de captación de agua de la niebla y por cuanto ello nos conducirá a conocer el fenómeno de captura de la gota de agua de la niebla por la superficie de captación (malla o bosque natural) y elegir la superficie de captación más eficiente y económico.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de la realización de las observaciones micrometeorológicas fueron las siguientes:

- 2.1 Análisis de las condiciones meteorológicas durante la ocurrencia de la niebla en las Lomas de Lachay.
- 2.2 Determinación del contenido de agua líquida de la niebla en las Lomas de Lachay.

## 3. REVISION LITERARIA

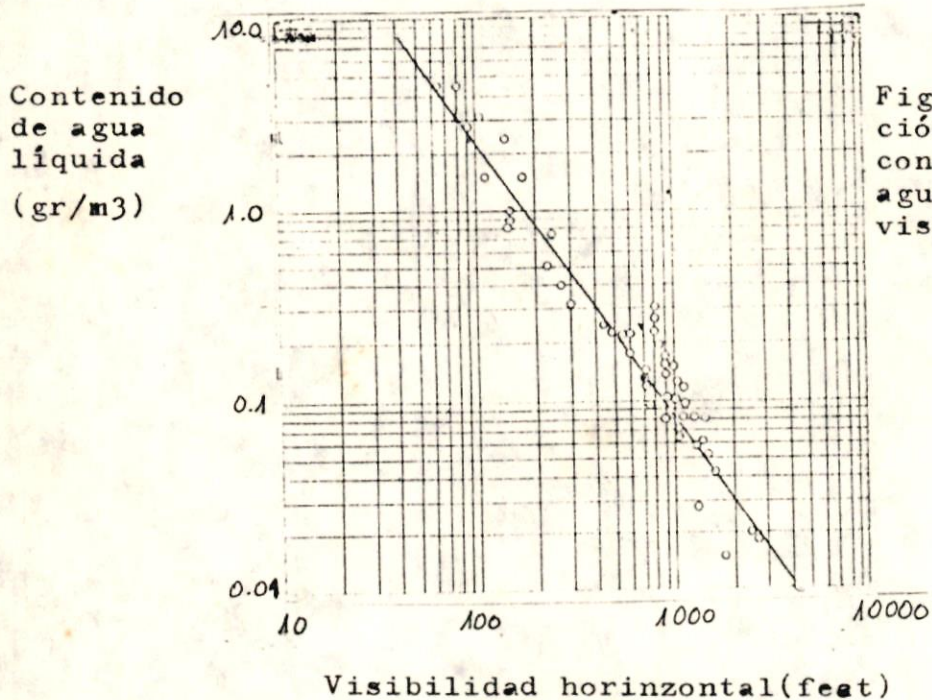
### 3.1 Aspectos Generales de la Niebla

Dependiendo de su intensidad y expresada en término de visibilidad TVERSKOI (1985) realizó la siguiente clasificación de niebla y neblina:

- |                   |               |                         |     |
|-------------------|---------------|-------------------------|-----|
| -Niebla densa     | ( <u>-2</u> ) | Visibilidad:50          | mts |
| -Niebla moderada  | ( <u>-</u> )  | Visibilidad:50 - 500mts |     |
| -Niebla ligera    | ( <u>=0</u> ) | Visibilidad:500-1000mts |     |
| -Neblina moderada | (=,00)        | Visibilidad:1-2         | km  |
| -Neblina ligera   | (=o,00)       | Visibilidad:2-10km      |     |



Recolectando información del contenido de agua líquida y del rango visual de diversas variedades de niebla, RADFUR (1938) citado por **PETTERSSEN (1956)**, llegó a determinar la relación que se muestra en la Fig. N°1.



La característica más importante de una niebla es su contenido de agua líquida. El contenido absoluto de agua de una niebla (o nube) es una combinación de gotas de agua y cristales de hielo en un volumen unitario ( $1m^3$ ) de aire. Generalmente el contenido absoluto de agua es simplemente llamado contenido de agua líquida.

Matreco (1967), señala que el agua en una niebla existe en 2 fases y a temperaturas negativas en 3 fase. El contenido absoluto de agua en una niebla se expresa de la siguiente manera:

$$Q = a + \delta \dots (1)$$

$Q$  = Contenido absoluto de agua en una niebla

$a$  = Humedad del aire (vapor de agua).

$\delta$  = Contenido de gotas de agua y cristales de hielo.

Antes que la niebla se forme  $\delta = 0$  y  $Q = a$ . La humedad del aire en una niebla es aproximadamente el máximo  $a_m$ , el mismo que es una función solamente de la temperatura (T).

Para una niebla, la ecuación anterior puede ser reinscrita de la siguiente manera:

$$\delta = Q - am(T) \dots 2$$

El contenido de gotas de agua y cristales de hielo de una niebla, puede aumentar debido al incremento en el contenido absoluto de agua en una niebla y al enfriamiento del aire.

El contenido absoluto de agua en una niebla puede incrementarse debido a : (i) la evaporación de agua desde una superficie húmeda (vegetación, lagos, océanos, etc) y (ii) mezcla vertical y horizontal del aire.

La temperatura en una parcela de aire puede disminuir debido a : (i) intercambio molecular y turbulento con masas de aire vecinas y de la superficie terrestre, (ii) enfriamiento radiactiva y (iii) expansión adiabática en un movimiento vertical.

La variación en el contenido de humedad y temperatura de una determinada región, es también influenciada por el transporte horizontal (advección) y movimiento vertical del aire.

### 3.2 Características Físicas de la Niebla.

Según Matveev (1967), el contenido de agua líquida de una niebla varía considerablemente, desde  $10^{-2}$ - $10^{-3}$  a  $15 \cdot 10^{-2}$  gr/m<sup>3</sup>. Asimismo muestra valores del contenido de agua líquida " $\delta$ " de una nube o niebla, determinado por varios autores mediante cálculos o experimentos, en los siguientes cuadros:

C U A D R O N<sup>o</sup> 1

$\delta$ (gr/m <sup>3</sup> )		T (grado centígrado)	
desde	a	desde	a
0.02	0.3	2	15
0.02	0.2	3	17
0.02	0.96	1	13
0.004	0.95	1.5	17
0.05	0.8	-2	18
0.16	0.6	-5	5

C U A D R O N<sup>o</sup> 2

Tipo de niebla y temperatura	densidad de la niebla		
	densa	moderado	ligero
Advección T > 0°C	0.02-0.09	0.04-0.18 0.004-0.095	0.10-0.76
Evaporación T < 0°C	0.02-0.04 0.02	0.05-0.11 0.02-0.04	0.08-0.37 0.04-0.14

Acorde con los cuadros N<sup>o</sup>1 y 2, el contenido de agua líquida incrementa con su densidad y cuando esta pasa de temperaturas negativas a positivas.

De acuerdo a Mason y Meyer referidos por Fernández (1981), aseguran que las nieblas marinas pueden contener entre 0.05 a 3 gr/m<sup>3</sup>.

Resulta interesante observar a Preari que los límites inferiores y superiores corresponden de 0.02 a 3 gr/m<sup>3</sup> respectivamente, existiendo una variación relativa de 150 veces entre la mínima concentración y la máxima.

La humedad relativa en una niebla a temperaturas positivas se encuentra mayormente en el rango de 90% a 100% o cercanamente a 100%. La figura N<sup>o</sup>2 muestra los resultados experimentales alcanzados GRACHEVA mencionados por MATVEEV (1967), en ella se nota un decrecimiento de la temperatura cuando la humedad relativa de una niebla decae, alcanzando valores de 97 a 80% de 15°C a -20°C.

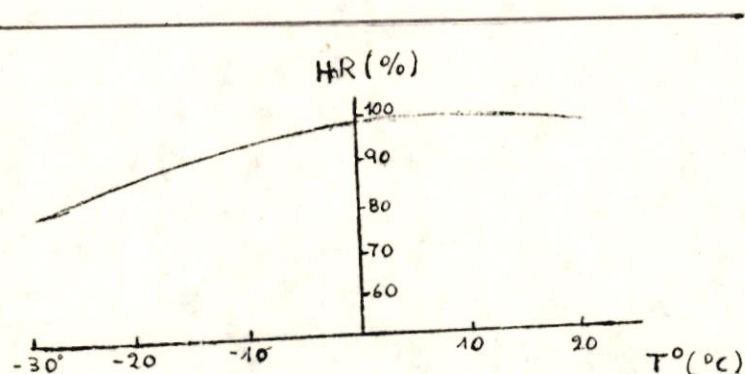


Figura N<sup>o</sup>2. Se muestra la variación de la humedad relativa en una niebla a diversas temperaturas.



Diversas investigaciones efectuadas referente a la distribución del tamaño y número de gotas de agua de una niebla, revelan que estas están constituidas por diferentes partículas de variadas dimensiones. MATVĚEV indica que el número de gotas en 1 cm<sup>3</sup> varía desde 0.5 a 93 en una niebla advectiva de 50 a 860 en una niebla radiactiva y de 70 a 500 en una niebla de evaporación.

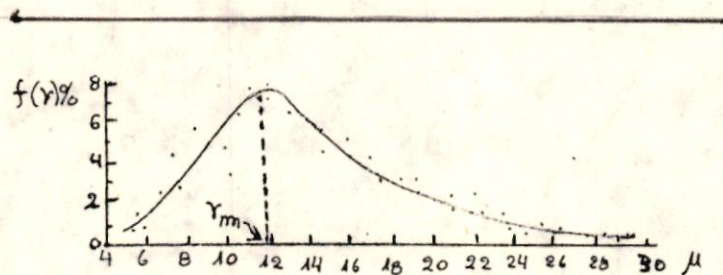


Figura N<sup>o</sup> 3 . Histograma del tamaño de la gota de agua de una niebla a una temperatura de -9°C a -10°C.

El tamaño de las gotas de agua de una niebla varía desde una fracción de micrón a algunas decenas (en el caso de cristales de hielo) de micrones. Y el radio de la mayoría de las gotas de agua se encuentra entre 2 a 18 μ , siendo una característica muy saltante el radio de mayor frecuencia ( r<sub>m</sub> ), según se indica en la figura N<sup>o</sup> 3.

### 3.3 Formación y crecimiento de las gotas de agua de la niebla o Nube.

Una nube o niebla, la cual está conformada por vapor y gotas de agua (o cristales de hielo) es una estructura estable donde las gotas muestran una ligera tendencia a juntarse o cambiar su di men sión, excepto para el crecimiento de estas gotas de agua. La precipitación ocurrirá cuando las gotas se conviertan en inestable y cuando algunas de estas crezcan debido al flujo de vapor de agua (condensación) o a expensas de otras gotas (colisión o coalescencia).

Una gota de agua, según FLEAGLE y BUSINGER(1980) crece por condensación si la presión de vapor de agua del ambiente que la rodea es mayor que la presión de equilibrio del vapor de la superficie, es decir producto de la difusión de la masa de vapor de agua hacia una gota, el cual es expresada por una ecuación matemática.

Sin embargo el crecimiento de una gota de agua por condensación no es suficiente para que la gota alcance dimensiones (100 mm) que provoquen su caída. En este sentido los procesos de colisión y coalescencia con otras gotas de diferentes tamaño y velocidades de caída juegan un rol decisivo (FLEAGLE y BUSINGER 1980).

Estos tres procesos de crecimiento de la gota de agua son definidos matemáticamente, y son citados y discutidos en el estudio efectuado por PINCHE (1986) referente el estudio de la niebla y las condiciones climáticas en la Costa Norte de Lima.

### 3.4 La Estructura Física y la Eficiencia de Captación de Agua de la Niebla.

De acuerdo a los experimentos realizados por VALDEZ y SAA (1963) en Antofagasta, que estuvieron orientados a explicar el fenómeno de captación de agua de la niebla en una superficie de hielo, se concluyó que la captación es un fenómeno completamente mecánico, es decir por el proceso de "coalescencia". Donde aquellas gotas de la niebla que inciden en su recorrido sobre el hilo de nylon eran atrapados o captados.

De acuerdo a las condiciones meteorológicas reinantes en los lugares de experimentación y al tipo de superficie de captación empleada (malla de nylon de 1 mm) se considera que la captación alcanzada representa el 30% del contenido de agua líquida de la niebla en Antofagasta y la Serena (SAA y VALDEZ, 1963; TAPIA y ZULETA, 1980).

La Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF, 1985) definió una expresión que relaciona la captura total de agua ( $A_c$ ), la eficiencia de captación y el contenido de agua líquida de la niebla ( $\delta$ ), el mismo que es definido en la ecuación N°3.

$$A_c = \xi \cdot V \cdot \delta \dots (3)$$

donde V: volumen total del aire que se utiliza

$\delta$ : total de gotas de agua en gr/m<sup>3</sup>.



El volumen  $V$  puede ser calculado a partir del área del captador ( $S$ ), velocidad del viento ( $U$ ) y del tiempo total de duración de la niebla ( $D$ ).

$$V = S \cdot U \cdot D \quad \dots(4)$$

En suma la captura total de agua es definida por la siguiente expresión

$$Ac = \xi \cdot S \cdot U \cdot D \cdot \delta \quad \dots(5)$$

Como se vé las variables meteorológicas juegan un papel importante sobre las eficiencias de las gotas de agua que impacta; mientras que el tamaño de las gotas de agua, la velocidad del suelo y el diseño de los captadores en la eficiencia de captación de la gota de agua de la niebla.

#### 4. MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales y equipos empleados en las observaciones micrometeorológicas son las siguientes:

#### 4.1 Equipos Meteorológicos

- 1 Termógrafo
- 1 Higrógrafo
- 1 Rociógrafo
- 2 Anemómetros
- 2 Veletas
- 1 Aspiropsicrómetro

#### 4.2 Equipos Diversos

- 1 Calculadora programable Casio F X 702-P
- 1 Microscópio electrónico
- 2 Cámaras fotográficas
- 1 Carpa
- 3 Bolsas de dormir
- 1 Escalera
- 3 Linternas
- 1 Abrigo meteorológico

#### 4.3 Materiales y Otros Accesorios

- 50 Porta objetos
- 1/8 Aceite (shell spirex con 250 ASA de viscosidad
- 1 Primus
- 1 Alicata
- 1 Martillo
- 20 Metros de manguera
- 1 Sierra
- 1 Comba
- 2 Galoneras de agua de 5 litros

5. PROCEDIMIENTO Y RESULTADO

Los pasos que se siguieron para llevar a cabo las observaciones micrometeorológicas fueron establecidos en un cronograma de trabajo, que a continuación se muestra:

C U A D R O N°3

	AGOSTO DE 1986													
	14	15	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1. Actividades Previas a la Realización de las Observaciones Micrometeorológicas.														
1.1 Conseguir los materiales y equipos a emplearse.	x	x	x	x										
1.2 Ensayos en Laboratorio para las mediciones de las gotas de agua de la niebla.			x	x	x	x								
1.3 Preparación de los materiales y equipos.							x	x	x					
2. Realización de las Observaciones Micrometeorológicas.														
2.1 Salidas a las Lomas de Lachay.														x
2.2 Ejecución de las mediciones de temperatura, viento, humedad atmosférica, visibilidad y recolección de gotas de agua de la niebla.														x x x
2.3 Regreso de las Lomas de Lachay.														x

../

---

AGOSTO DE 1986

14 15 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

---

3. Procesamiento y Evaluación de los Resultados.

3.1 Mediciones y Canteo de las gotas de agua de la niebla en las Lomas de Lachay

x x x

3.2 Procesamiento de la información obtenida en el campo.

x x

=====

En el desarrollo de las actividades programadas se cuenta con el apoyo y participación del CIZA, en el cual intervinieron el siguiente personal:

- Ing. Cristobal Pinche Laure (CID - SENAMHI )
- Bio. Juan Arias (CIZA - UNA La Molina)
- Sr . Julio Pérez (OAD - SENAMHI )
- Sr . Ricardo Chira (CIZA - UNA La Molina)

#### 5.1 Actividades Previas a la Realización de las Observaciones Micrometeorológicas.

- Conseguir y alistar los materiales y equipos a emplearse:

Los equipos meteorológicos, materiales y otros necesarios, fueron proporcionados por el Almacén "A" de la OAD (SENAMHI). Los equipos diversos fueron proporcionados por el CIZA (UNA La Molina), en ciertos casos para ser llevados al campo o para ser usados en el Laboratorio de Biología de la misma.

Los equipos meteorológicos, equipos diversos, materiales y otros accesorios estuvieron listos 48 horas antes de la partida al campo.

- Ensayos de las mediciones de las gotas de agua de la niebla:

La metodología seguida para las mediciones de las gotas de agua de la niebla fue el sugerido por el Dr. JAMES TELFORD (1985) y que consiste en la captura de las gotas de agua de la niebla por medio del aceite. El aceite empleado para tal fin, fue el SHELL SPIREX con 250 de ASA de viscosidad.



Para asegurar el éxito de las mediciones de las gotas de agua de la niebla, se obtuvo por realizar ensayos de las labores que se va a ejecutar en el campo para tal fin, en el Laboratorio del CIZA.

Los pasos que se siguieron en el Laboratorio para medir las gotas de agua fueron los siguientes:

- Depositar sobre un porta objeto el aceite (SHELL SPIREX. con 250 de ASA) a través de 1 pincel.
- Simular la ocurrencia de una niebla en una cámara a través de una nebulizadora de agua.
- Exponer en forma horizontal el porta objeto con el aceite por el espacio de 20 segundos.
- Introducir con cuidado la placa sobre 1 cassetts la cual le permitirá aislar la placa del medio ambiente.
- Extraer la placa del cassetts y exponerlo ante el microscópio para contar y medir las gotas de agua de la "niebla" que han sido atrapadas.
- Con un aumento de 10x y un lente graduado en el ocular se pudo medir y contar las gotas de agua atrapadas en el aceite.
- Se trabajó con 2 campos escogidos aleatoriamente de 55 micrones de radio por placa.

Estos pasos se repitieron varias veces en forma continuada durante los cuatro últimos días previo a la realización de los mismo en el campo, para

ganar rapidez y efectividad en el conteo de las gotas de agua de la niebla.

## 5.2 Realización de las Observaciones Micrometeorológicas

### -Instalación de los Equipos en el Lugar de Observación:

Se partió de Lima a las 9:00 a.m. del día 23 de Agosto, con todos los materiales y equipos meteorológicos y otros accesorios; se llegó a las Lomas de Lachay a las 12:30, procediéndose inmediatamente a instalar los equipos meteorológicos de apoyo en el lugar de trabajo.

El lugar de trabajo elegido dentro de las Lomas de Lachay fue la Quebrada Hierba Buena, en donde se encuentran instalados los captadores modelo "Cortina N°1 y N°2", que está a una altura de 400 m.s.n.m. y exposición SW-SE.

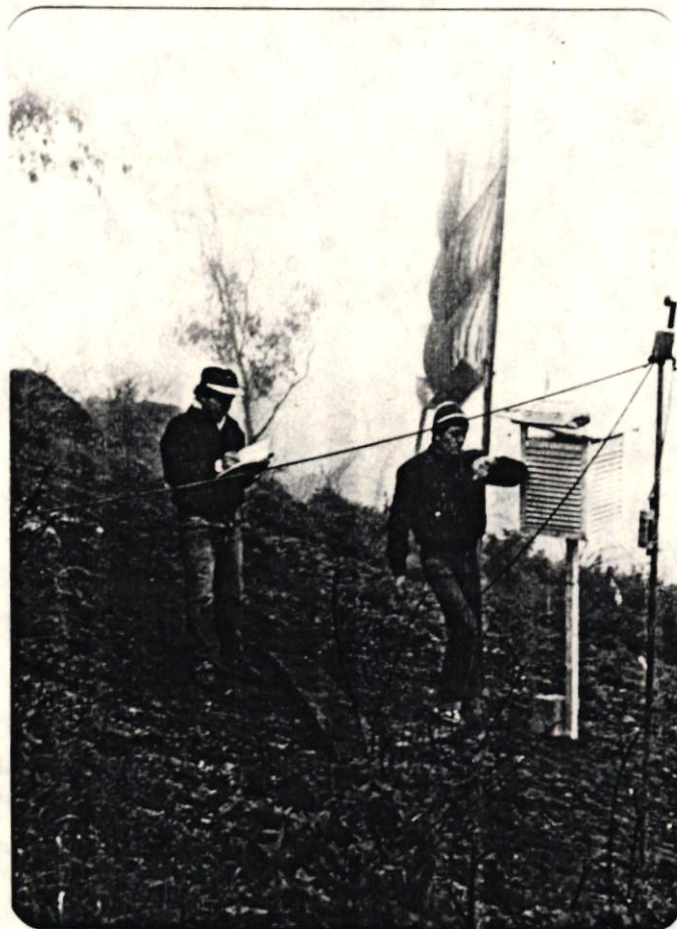
Entre los dos captadores de niebla fue instalado una caseta meteorológica conteniendo en el interior un higrógrafo, un termógrafo, y cerca a este un poste para la instalación de una veleta, anemómetro y un aspirosicrómetro.

### -Observaciones Micrometeorológicas

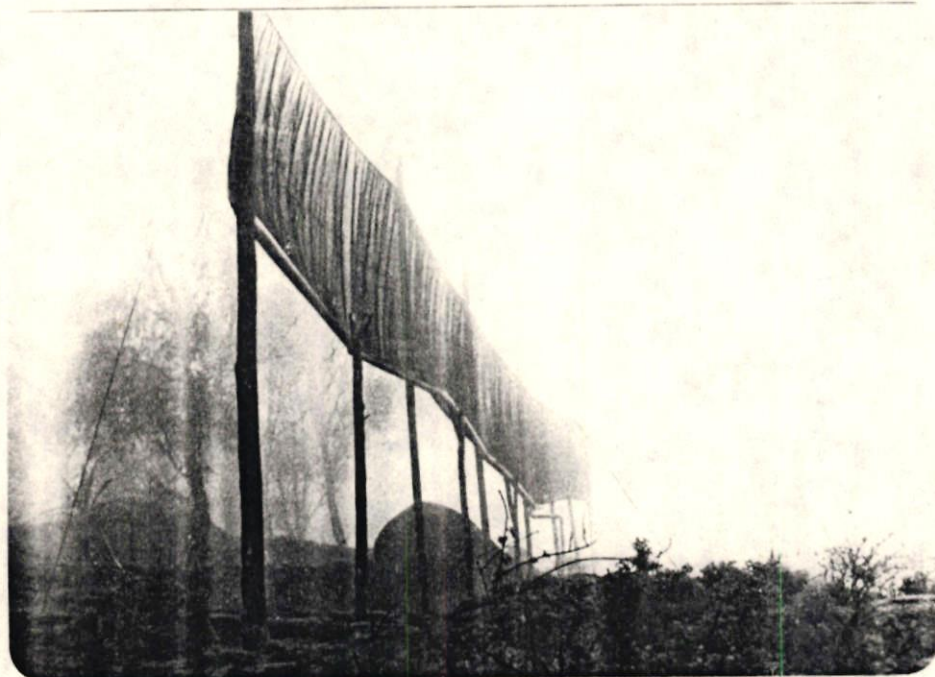
De acuerdo a lo planeado durante la ocurrencia de niebla se va a efectuar la exposición de las placas para la medición de las gotas de agua de la niebla y las observaciones de la dirección y velocidad del viento, visibilidad, precipitación, temperatura

del bulbo húmedo y seco, y del volumen de agua captada del captador de niebla modelo "Cortina Nº 1". La frecuencia de las observaciones no tuvo un horario estricto, sino que esta se efectuó de acuerdo a las situaciones meteorológicas cambiantes que se apreció durante la ocurrencia de niebla.

FOTOGRAFIA Nº1 - Se muestra la disposición de los equipos e instrumental meteorológico en la Quebrada Hierba Buena (400 m.s.n.m.) en las Lomas de Lachay.



FOTOGRAFIA N°2 - Se visualiza el captador modelo "Cortina N° 2 " y la densa niebla que cubrió el lugar de estudio, durante el tiempo que se permaneció allí.



A continuación se muestra los resultados alcanzados durante la realización de las observaciones micrometeorológicas.

C U A D R O      N<sup>o</sup> 4

LOMAS DE LACHAY

QUEBRADA HIERBA BUENA

400 m.s.n.m. SW-SE exposición

D I A	HORA	Precipit. (mm)	Visibil. (m)	Temperatura		Viento (m/seg)		Agua captada de la Niebla Modelo Corti na N <sup>o</sup> 1 (m <sup>3</sup> )	Exposición de Placas
				Seco	Húmeda	Direc.	Veloc.		
23-08-86	17:14		150.00	14.0	13.8	S	3.8	-	-
23-08-86	18:14	0.10	100.00	13.9	13.8	S	4.3	0.0136	x
23-08-86	21:05	0.28	70.00	-	-	-	-	0.0136	-
23-08-86	22:00	0.00	50.00	13.8	13.8	C	0	0.00547	x
24-08-86	07:00	0.80	40.00	-	-	-	-	0.03828	x
24-08-86	10:00	0.1	25.00	14.00	13.80	S	0.1	0.002734	x
24-08-86	16:10	0.16	200.00	13.80	13.70	S	4.5	0.01640	x
24-08-86	18:00	0.10	170.00	13.00	12.90	S	4.8	0.01367	x

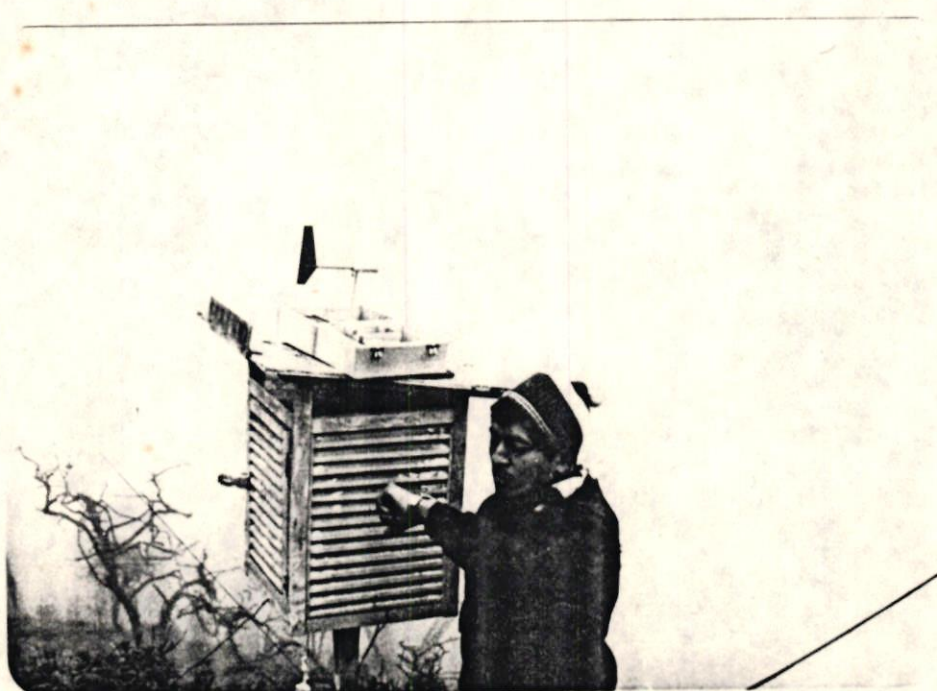
=====

Las placas después que eran expuestas a la niebla, fueron aisladas del ambiente introduciéndolas en un cassetts para su posterior traslado al Laboratorio del CIZA, para la medición y conteo de las gotas de la niebla. Lo ideal ubiese sido efectuar el conteo y medición de las gotas de agua atrapado en la placa en el mismo instante de expuesta la muestra, para evitar pérdidas por evaporación y para que la muestra fue se la más confiable, pero esto no fue posible, porcuanto en esta oportunidad nose contó con un microscópio de campo.

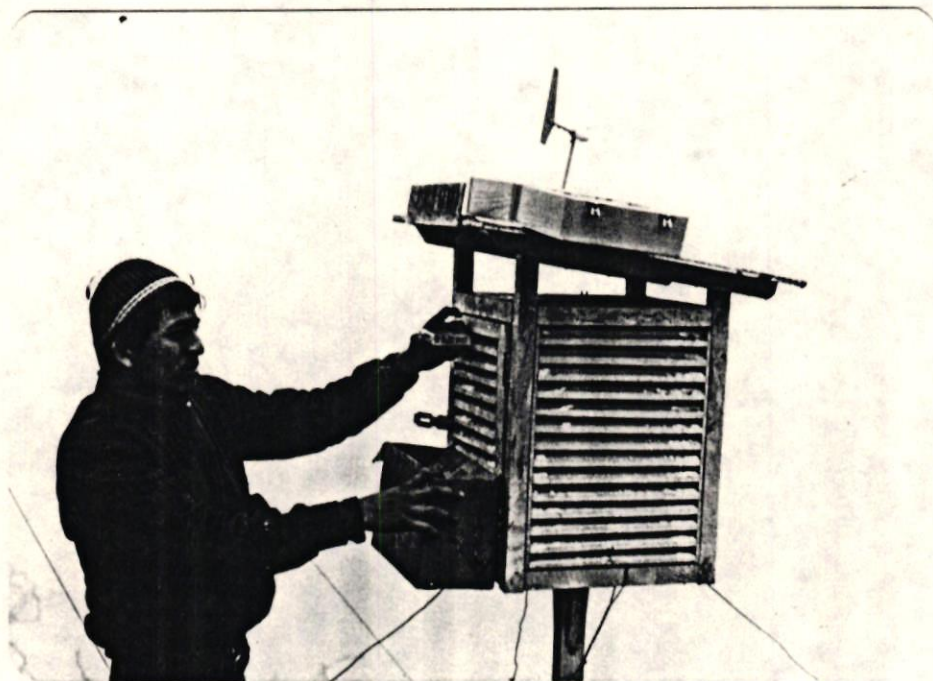
FOTOGRAFIA Nº 3 - Instante en que el Observador va cuidadosamente a exponer la placa al ambiente para atrapar sobre el aceite las gotas de agua de la niebla.



FOTOGRAFIA Nº 4 - Se aprecia la placa encima del cassetts, expuestas en forma horizontal a la niebla, en el tiempo de 20 segundos.



FOTOGRAFIA Nº 5 - El Observador a introducido dentro del cassetts la placa para aislarlo del ambiente y está procediendo a asegurar el cassetts para su posterior traslado al Laboratorio del CIZA.



FOTOGRAFIA Nº 6 - Se muestra la forma como se ha llevado a cabo las mediciones y conteo de las gotas de agua de la niebla atrapada en la placa, a través de un microscópio en el Laboratorio del CIZA de la UNA La Molina.



## 6. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 6.1 La Ocurrencia de Niebla

La ocurrencia e intensidad de la niebla en las Lomas de Lachay durante los días que se efectuaron las observaciones micrometeorológicas, fueron determinados mediante la información de visibilidad, esta fue variable y estuvo en dependencia del nivel altitudinal de la zona. Entre los 350 á 800 m.s.n.m. la visibilidad estuvo en el orden de los 25 á 200 metros y entre los 200 á 350 m.s.n.m. valores de visibilidad de 200 á 2000 metros, predominando en todos los casos los menores valores de visibilidad en las primeras horas del día. Estos resultados encontrados nos permite tener una idea del gran potencial hídrico, que según PETTERSEN (1956) se encuentra en el orden de los 2.5 á 0.15 gr/m<sup>3</sup>. en los niveles superiores (350 á 800 m.s.n.m.) y de 0.15 á 0.01 gr/m<sup>3</sup> de contenido de agua líquida entre los 350 á 200 m.s.n.m.

La extensión vertical de la niebla en las Lomas de Lachay durante los días de observaciones micrometeorológicas, estuvo entre los 350 metros hasta los 1200 metros de altitud, de acuerdo a la información de altura proporcionado por los sondeos aerológicos de la estación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en los días indicados.

De acuerdo a los resultados encontrados, se tiene que el mayor potencial hídrico atmosférico se encuentra en los niveles superiores de las Lomas de Lachay y es en estos niveles donde se está efectuando los ensayos de explotación del agua de la



niebla, con la finalidad de empezar los trabajos de reforestación en estos niveles (INFOR) y aprochar la escorrentía superficial y sub-superficial en la recuperación de las extensas áreas de Lomas degradadas en los niveles inferiores.

## 6.2 Condiciones Meteorológicas durante la Ocurrencia de la Niebla.

### Temperatura

En la figura N<sup>o</sup>3 se aprecia el comportamiento horario promedio de la temperatura durante el mes de agosto y la variación horaria de los días que se permaneció en el lugar de observación (400 m. s.n.m.) en las Lomas de Lachay. La oscilación - térmica (2<sup>o</sup>C) en agosto se caracteriza por ser menor, debido a la gran frecuencia de ocurrencia de niebla y nubosidad estratiforme típico de este mes. Durante la ocurrencia de niebla la temperatura del aire permaneció casi constante, y estuvo alrededor de los 13.5<sup>o</sup>C, con una oscilación horaria de 0.6<sup>o</sup>C.

La presencia de la niebla ocasiona que la temperatura y su oscilación horaria se mantenga estable, y sea mínima respectivamente, debido a que la niebla se comporta como una barrera que impide la penetración de la radiación solar y la pérdida de la radiación extraterrestre.

### Humedad Atmosférica

En la figura N<sup>o</sup>4 se aprecia la variación horaria promedio de la humedad relativa del mes de agosto y durante los días que se permaneció en el lugar

FIGURA N°3

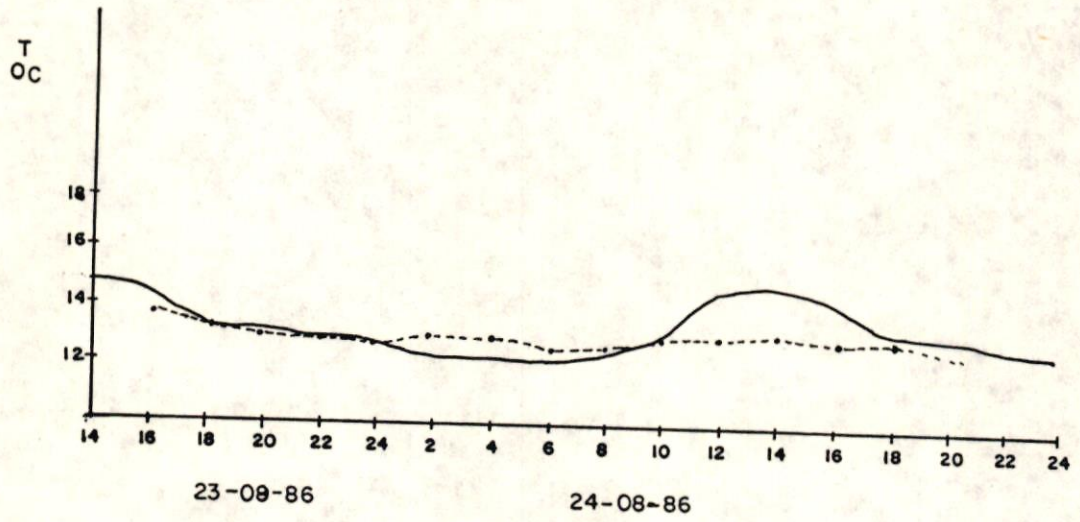
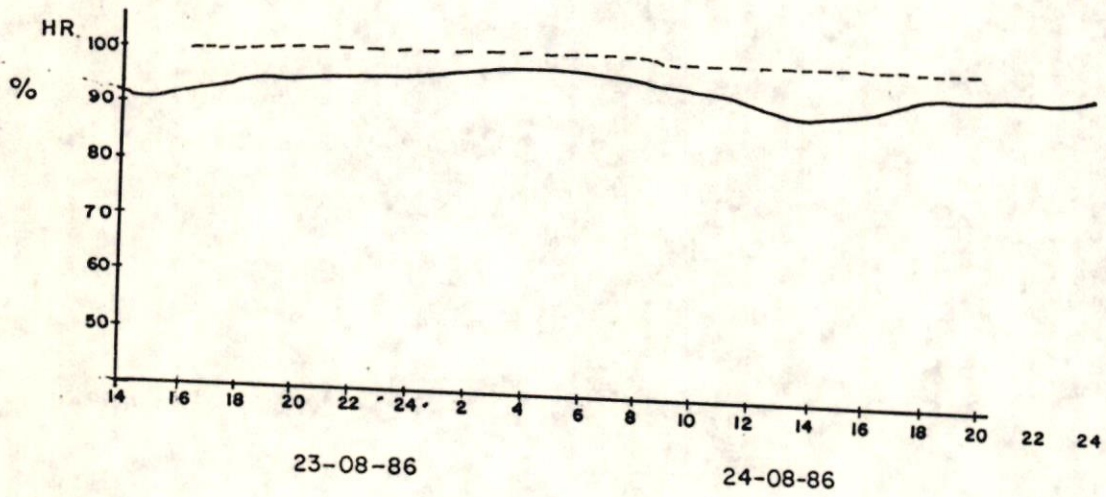


FIGURA N°4



de observación (400 m.s.n.m.) en las Lomas de Lachay. Se aprecia que la HR presenta elevados valores durante este mes y que se encuentra entre 90% a 94%, llegando a alcanzar valores que oscilan entre 98% a 100% durante la ocurrencia de niebla.

La cantidad de vapor de agua, expresada en término de relación de mezcla (gr/kg de aire seco), es también elevado durante la ocurrencia de niebla, llegando a adquirir valores que oscila entre 13 a 14 gr/kg. El vapor de agua juega un papel importante durante los procesos de crecimiento de la gota de agua de la niebla por cuanto el proceso de condensación se produce a través de un flujo de vapor de agua de la atmósfera a la gota de agua y también porque al condensarse este por rocío llega a convertirse en una fuente hídrica de importancia que merece ser considerado en este Proyecto (Telford, 1985).

### Viento

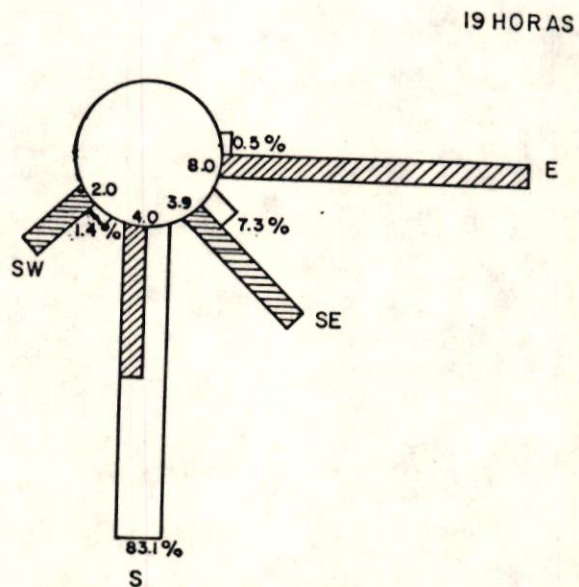
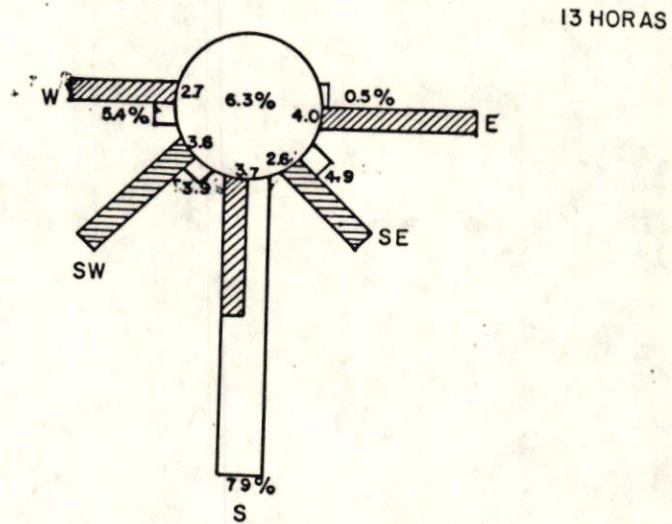
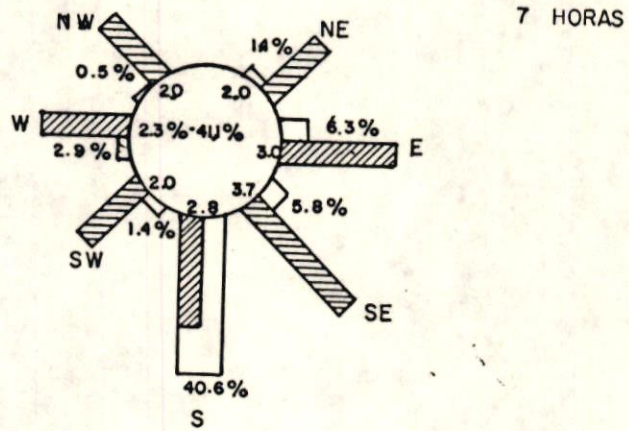
En la figura N°5 se muestra la rosa de viento predominante del mes de agosto, correspondiente a las 3 horas de observación (07, 13 y 19 horas) de la estación "CO" Lomas de Lachay, del mes de agosto. Se distingue un cambio de horario del viento en este mes, apreciándose a las 07 y 19 horas una gran predominancia del flujo del S, con 40.6% y 83%, y velocidad que están en el orden de 3.4 y 4 m/seg. respectivamente. Esta predominancia del flujo en las horas nocturnas permite la invasión de masas de aire húmedo proveniente del Pacífico, la cual va a intensificar la frecuencia de ocurrencia de niebla en la zona. Por otro lado la turbulencia creada por la

FIGURA N° 5

CO-534  
MES: AGOSTO

FRECUENCIA = %  
0 10 20 30 40 50 60

0 1 2 3 4 5 6  
VELOCIDAD = M/seg



predominancia de este flujo sobre la costa, provoca la prolongación hacia los niveles inferiores de la nubosidad estratiforme sobre las elevaciones cercanas al litoral (Lomas Costeras).

El viento durante la ocurrencia de niebla fue predominantemente del Sur, con velocidades que varió entre 0 á 4.8 m/seg., estando las mayores velocidades del viento asociado a la menor visibilidad y a la mayor captación de agua de la niebla.

### Precipitación

La lluvia que cae durante esta temporada se debe a la turbulencia creada por el flujo de aire predominante del Sur, la cual dará lugar a la caída por arrastre de las gotas de agua de la niebla. Sin embargo, esta precipitación que apenas es de 0.8 mm/día (en agosto) en promedio es insignificante al potencial hídrico atmosférico con que se cuenta en las Lomas de Lachay.

La precipitación de tipo llovizna se produjo acompañado de la ocurrencia de niebla y de viento moderado durante los días de observaciones micrometeorológicas. La caída de las gotas de agua de la niebla se produjo primero por crecimiento de las gotas por condensación debido al flujo de vapor de agua hacia la gota, y segundo por la fuerza de arrastre debido al flujo turbulento, la cual producirá su caída.

### 6.3 Evaluación del Contenido de Agua Líquida de la Niebla.

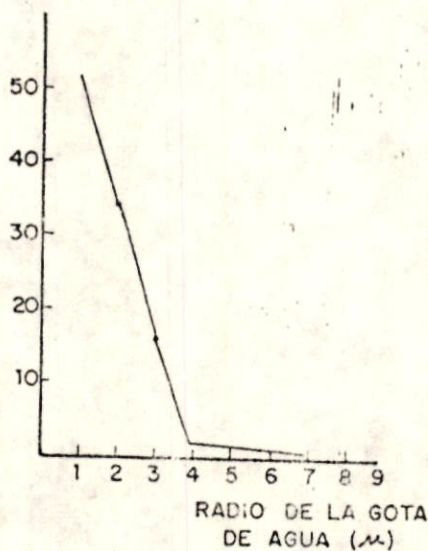
El contenido absoluto de agua en una niebla ( $Q$ ) está constituida por la humedad atmosférica ( $\delta$ )

y el contenido de agua de las gotas ( $\delta$ ). El contenido de agua líquida de una niebla es expresado entonces como la suma del total de gotas de agua que la conforman y que es el potencial hídrico más importante que se está captando con fines de reforestación.

Las gotas de agua de la niebla en las Lomas de La chay fueron medidas a través de un microscópio, según el procedimiento señalado en el punto 5.1. Los resultados que se alcanzaron son mostrados en la figura N<sup>o</sup>6, en el cual se señalan el porcentaje de gotas de agua que se encuentran en un campo de observación de 55 micras de radio, en promedio .

Figura N<sup>o</sup> 6

c/o  
Gotas de  
Agua de  
la niebla



La densidad de gotas de agua se encuentra concentrado en el rango de  $1\mu$  a  $5\mu$ , esto difiere un tanto de lo encontrado por MATVEEV (1965). La razón de esta diferenciación puede ser debido a la diferencia en el origen y las condiciones meteorológicas de la ocurrencia de niebla.

Efectuando la integración respectiva para una película de aceite de 1 mm. y teniendo la información del radio de las gotas y la densidad del agua, el contenido de agua líquida calculada estuvo en el rango de 0.359 á 0.9013 gr/m<sup>3</sup>. Comparando estos resultados por los alcanzados por MATVEEV (1967), este se encontró dentro del rango de valores obtenidos en forma experimental por dicho Autor.

#### 6.4 Eficiencia de Captación de Agua de la Niebla

La eficiencia de captación del agua de la niebla fue estimado mediante la observación del volumen de agua captada en el modelo "Cortina N<sup>o</sup>1" (área 13.5 m<sup>2</sup>) de las condiciones meteorológicas (viento) y del contenido de agua líquida de la niebla

De total de mediciones efectuadas únicamente se escogieron 3 representativas para tal fin, y haciendo uso de la ecuación se calculó la eficiencia de captación de agua de la niebla.

C U A D R O N° 5

D i a	T I E M P O			Viento (m/seg)	Conteni do de Agua Lí quida (gr/m <sup>3</sup> )	Agua Cap- tada de la Niebla ( m <sup>3</sup> )	Eficiencia de Captación de Agua de la Niebla-Modelo "Cortina N°1"
	De	A	Inter valo (seg)				
23-08-86	17:14	18:14	3,600	4.30	0.359	0.011367	15.15%
23-08-86 24-08-86	22:00	07:00	32,400	0.20	0.5985	0.03828	73.11%
24-08-86	16:10	18:00	6,600	4.8	0.9013	0.01367	3.54%

Según se aprecia en el Cuadro N° 5, la eficiencia de captación fue variable durante el día, produciéndose la mayor eficiencia durante las horas nocturnas y la madrugada (22 á 07 horas) a pesar que el registro representativo del viento y contenido de agua líquida durante este lapso de tiempo no fueron los más elevados.

Los valores de la eficiencia de captación estimado en base a la fórmula N° 4, no parecen ser las más realistas, ya que se espera que a un mayor contenido de agua líquida y viento la eficiencia de captación debe ser elevadas. Todo parece indicar que la superficie de captación empleada en el modelo "Cortina N° 1" no es la más recomendable debido a la poca eficiencia, comprobadas durante las observaciones micrometeorológicas. Sin embargo, convendría tener mayores muestras del contenido de agua líquida y observaciones meteorológicas durante las horas nocturnas y las madrugadas, y con ello explicar la mayor captación de agua alcanzado durante esas horas; ya que según los estudios efectuados por SHARRER y CULQUI (1977); PINCHE(1986) el flujo S-SW en la temporada de invierno es más predominante e intenso durante las horas nocturnas, sobre la



Costa Norte de Lima, la cual daría lugar a la mayor intensificación de la ocurrencia de niebla y por ende la mayor captación de agua de la niebla.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones de las observaciones micrometeorológicas realizadas en agosto del presente año, son las siguientes:

- La visibilidad alcanzada durante la ocurrencia de niebla estuvo en el rango de 25 a 200 metros, estando los valores en relación inversa a la velocidad del viento y a la captación de agua de la niebla.
- Durante la ocurrencia de niebla la temperatura estuvo alrededor de los 13.5°C con una desviación de 0.6°C y la humedad relativa en el orden de los 98 a 100%.
- Los valores de precipitación durante los días de permanencia en la zona fueron (2.5<sup>4</sup> mm.) y no fue significativa en relación al potencial hídrico atmosférico que se ha tenido en las Lomas de Lachay.
- Las gotas de agua de la niebla en las Lomas de Lachay fueron entre 1 a 5 micras mayormente, y el contenido de agua líquida fue de 0.3597 á 0.9013 gr/m<sup>3</sup>; determinado por el método de la captura de la gota de agua por el aceite, y sugerido por el Dr. James Telford (1985).
- La eficiencia de captación estimada con la información del contenido de agua líquida y del agua

captado con el modelo "Cortina Nº1" estuvo en el rango de 3.54 a 73.11% , correspondiéndole la mayor eficiencia entre las 22 a 07 horas.

- Es conveniente efectuar el conteo y medición de las gotas de agua de la niebla en la misma zona de trabajo y en el menor tiempo posible para evitar cualquier pérdida por evaporación u otros. De esta forma se estará dando mayor grado de exactitud a este método, y confiabilidad a los resultados alcanzados
  
- Es recomendable establecer que en futuras campañas de observaciones micrometeorológicas de este tipo, se tomen todas las acciones pertinentes hasta el mínimo detalle, puesto que la labor a cumplir se desarrollará en condiciones de alta humedad ambiental a fin de evitar cualquier contratiempo y cumplir con los objetivos trazados. Esto conlleva a contar con vistimenta, víveres, equipos meteorológicos, equipos, materiales y accesorios que puedan soportar dichas condiciones húmedas.

.....o.....

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

1. ESPINOZA, C. (1985) : Aplicación Racional de las Camanchacas. Atacameñas. Proyecto de Investigación Arca 1984 - 1985. Departamento de Física de la Universidad del Norte . Antofagasta - Chile. 31 pág.
2. FLEAGLE, R.G. y BUSGINGER, J.A. (1980) : An Introduction to Atmospheric Physics. International Geophysics Series . Volumen 25 segunda edición. 432 pp.
3. MATVVEV, T.L. (1967) : Physics of the Atmosphere. Israel Aerogramam for Scientific Translation Jerusalem Leningrado.
4. PETERSSEN, S. (1956): Weather Analysis and Forecasting. Wather and Weather.
5. PINCHE, C. (1985) : Uso Agrario de la Niebla. Artículo N°33 Revista AGRO del Banco Agrario del Perú. Año II N° 4 - Junio.
6. PINCHE, C. (1986) : Estudio de la Niebla y de las Condiciones Climáticas en la Costa Norte de Lima. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Meteorólogo - UNA - La Molina.

7. ROESSL, L.C. (1967) : Las Lomas de la Costa y los beneficios que pueden prestar a la Economía Nacional. Servicio Forestal y de Caza. Informe N<sup>o</sup> 29. Ministerio de Agricultura. 51 pag.
8. ROGERS, R.R. (1979) : A short course in cloud physics. Pergamon Press. Orford New York - Toronto Sydney - Frankfurt.
9. SAA, G.;VALDEZ, M. (1963) : Captación de agua de Neblina. Instituto de Investigaciones Científicas. Universidad del Norte. Antofagasta-Chile .
- 10 SHARRER, H.;CULQUI, E. (1977) : Estudio Meteorológico en el Area de Instalación de la Refinería de Zinc en Cajamarquilla. Lima - Perú.
- 11 TELFORD, J. (1985) : Agricultura Water from fog in Perú report to world Meteorological Organization. 29 pp.
- 12 TVERSKOI, N. (1965) : Physics of the Atmosphere, Translated from Russian. Lenin grad 1962. Published by the Israel Program for Scientific Translations. 560 pp.



# LA NIEBLA COMO FUENTE DE RECURSO HIDRICO EN LAS LOMAS DEL DESIERTO PERUANO COSTERO

## 1. INTRODUCCION:

Uno de los importantes ecosistemas de la Costa Peruana, lo constituyen las Lomas que abarcan superficies de 800,000 a 1'200,000 Has. La existencia de éstas se halla condicionada a la captura de agua líquida de la niebla por parte de los bosques naturales de tara, molle y huarango, existentes en dichas zonas.

En los últimos años, estas Lomas han sido sometidas a un acelerado proceso de degradación debido a la sobre-explotación de sus recursos naturales, con la consiguiente pérdida del potencial biológico (flora y fauna), y la disminución del abastecimiento natural de agua de la niebla.

Por tanto, con el propósito de recuperar dichas áreas se hace indispensable impulsar la captación de agua de la niebla, devolviendo de esta forma la hidráulica a tales Lomas.

El presente estudio tiene como objetivos principales: -) la evaluación de la ocurrencia de niebla y de las condiciones meteorológicas; y, -) la determinación del potencial de captación de agua de la niebla en las Lomas de la Costa Peruana, para lo cual se ha instalado en este año una estación Meteorológica y un Captador de Niebla, en dos Lomas representativas de la Costa Peruana (Lachay y Atiquipa).

## 2. MATERIALES Y METODOLOGIA:

### 2.1 MATERIALES

#### Area de Estudio

El área de estudio son las Lomas de la Costa Peruana, representado por Lachay y Atiquipa, ubicada a 105 kms al Norte y 602 kms al Sur de Lima respectivamente, a una altitud de 250 a 1.150 m.s.n.m. Estas zonas son observaciones topográficas aisladas de las contrafuertes occidentales de la Cordillera de los Andes, que se encuentran limitados por los Valles Costeros.

VER A CONTINUACION FIGURA Nº 1

Las Lomas según Pinche (1986) tienen un clima muy seco y templado, con una temperatura promedio anual de 17.9°C y una precipitación total anual de 66.8 mm, y esta definido según Haldridge dentro de la zona de vida matorral desértico-Montano Bajo Tropical. Son áreas singulares, teniendo en cuenta que se encuentran rodeados por el desierto hiper-árido de la costa peruana con una temperatura promedio de 18.5°C y una precipitación total anual de 2.5 mm.

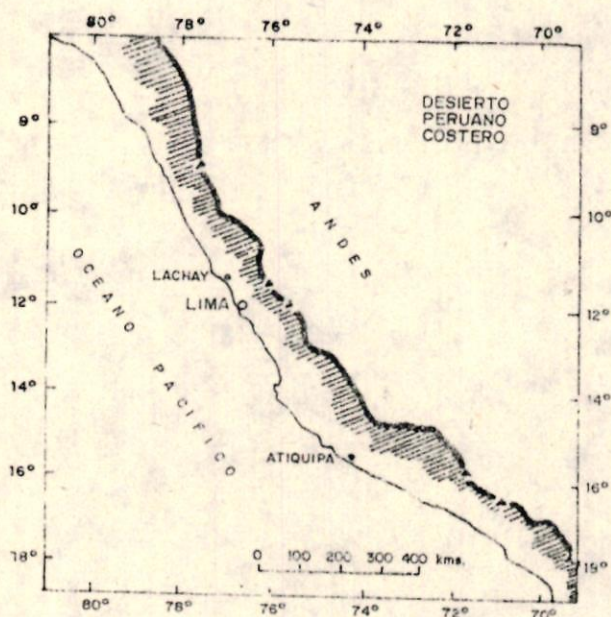


Fig. 1 Desierto Peruano Costero, en la cual se muestra la localización de las Lomas. Los registros de captación de agua de la niebla fueron tomados de Lachay y Atiquipa.

150-2008

DO: SENAMHI / DGIA

## Equipos Meteorológicos

Se rehabilitó las estaciones Meteorológicas en las Lomas de Lachay y Atiquipa, que estuvieron paralizadas desde el año 1981. Estas estaciones se implementaron desde marzo de 1988 con un Termógrafo, Pluviógrafo, Higrógrafo, Anemógrafo y Pluviómetro, y estuvieron ubicadas a una altitud de 350 metros en Lachay y a 650 metros en Atiquipa.

### Captador de Niebla

Se instaló un captador de niebla modelo "Cortina" (ver Figura Nº 2) en los mismos lugares donde se ubicaron los equipos meteorológicos. El Captador de Niebla consiste de una superficie de captación constituida de una malla de nylon tipo "Mosquitero" de 4.5 m<sup>2</sup> de área y un distanciamiento de hilos de 1 mm x 1 mm; una canaleta de recolección de plancha galvanizada; y un sistema de medición, de un pluviógrafo, para tener registros horarios de la ocurrencia y volumen de captación de agua de la niebla.

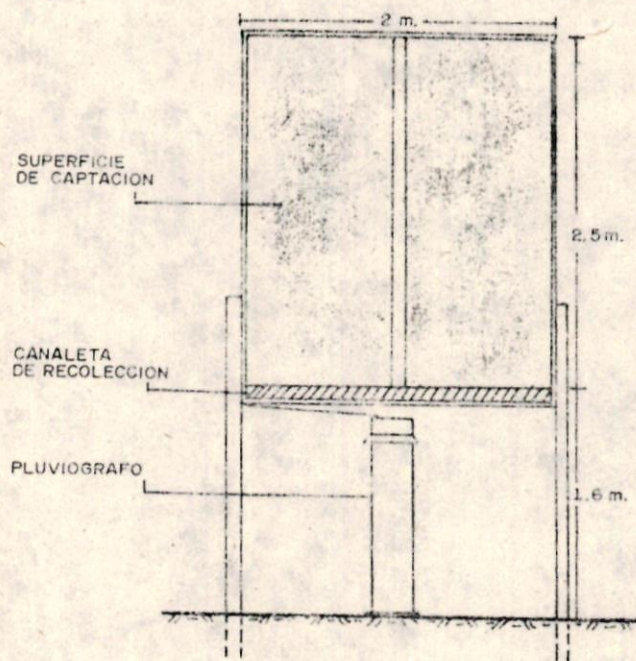


Fig. 2 Captador de Niebla, modelo Cortina de 4.5 m<sup>2</sup> instalado en Lachay y Atiquipa.

## 2.2 METODOLOGIA

La evaluación de la información obtenida en Lachay y Atiquipa se realizó a nivel horario, diario y mensual, con el fin de definir la Captación de agua de la niebla y las condiciones meteorológicas reinantes en las Lomas.

## 3. RESULTADOS:

### 3.1 CONDICIONES METEOROLOGICAS Y OCURRENCIA DE NIEBLA

En el Cuadro Nº 1 se muestra las condiciones climáticas promedio (1966-81) y meteorológicas registradas en 1988. La temporada de niebla en las Lomas se da de mayo a noviembre, la cual se caracteriza por presentarse con una baja precipitación que oscila de 1.5 a 16.0 mm/mes y una temperatura de 13.1 a 22.3°C.

La temporada de 1988 ha estado dentro de los rangos normales de ocurrencia de niebla, a pesar de que este año ha sido considerado frío por haberse producido el fenómeno del "Anti Niño" (Climanálise, 1988), mientras que la precipitación ha sufrido un notable declive al registrarse valores casi nulos.

### 3.2 CAPTACION DE AGUA DE LA NIEBLA

El Cuadro Nº 2 nos muestra los resultados obtenidos en los ensayos captación de agua de la niebla en las Lomas. La ocurrencia de captación varió de 6 días en mayo a 24 días en agosto, el cual fue mayor en Lachay que en Atiquipa. La Captación de agua varió de 61.7 litros/mes/mayo a 790.2 litros/mes (agosto) en Lachay, y de 20.7 litros/mes(junio) a 522.5 litros/mes(julio) en Atiquipa. Ello representa en término de lluvia, de un total (de mayo a agosto de 296.8 mm en Lachay y de 165.1 mm en Atiquipa. La captación unitaria en esta última tuvo valores de 2.3 (mayo) a 16.6 litros/m<sup>2</sup>/día (julio), siendo relativamente mayores en Atiquipa que en Lachay.

Esta captación de agua según las investigaciones efectuadas por Pinche (1986) en Lachay, representa únicamente el 27% del contenido total de agua líquida de la niebla.



El agua captada de la niebla en los 4 meses (mayo a agosto de 1988), representa más del doble de la precipitación total anual (registrado de 1966 a 1981) en Atiquipa y más del triple en Lachay. Dichos resultados pueden explicar en cierta forma la presencia de la vegetación natural de Lomas, considerando que los bosques de "tara, molle, huarango" y otros, son captadores naturales de esta zona.

4. CONCLUSIONES:

Las conclusiones alcanzadas en el presente estudio fueron las siguientes:

- El clima en las Lomas se caracterizan por la ocurrencia de niebla de mayo a noviembre, la cual provee de agua a esta zona para el sostenimiento de una vegetación natural anual y perenne. Asimismo, la precipitación es baja encontrándose en los rangos de 59.1 a 76.4 mm. anuales, y temperaturas entre 13.12C a 22.82C promedio mensual.
- Las condiciones meteorológicas en la temporada de 1988, estuvieron dentro de los rangos normales, aunque este año fue más frío debido a la ocurrencia del "Anti-Niño" Este evento no afectó de manera significativa la temporada de niebla, pero si afectó la precipitación, por cual llegó a ser casi nula en estos meses.
- Los ensayos de captación de agua de la niebla realizada en 1988 con la malla de nylon "Mosquitero" de 4.5 m2 arrojan un volumen total en 4 meses (de mayo a agosto) de 1,336.2 litros en Lachay y de 742.5 litros en Atiquipa, representando en términos de lluvias 296.8 mm y 165.1mm respectivamente.
- Los resultados alcanzados en los ensayos de captación de agua de la niebla en 1988, nos abre el camino para la implantación de un programa de reforestación de Lomas mediante este sistema y sin embargo es preciso tener mayores años de registro de captación de agua con otras superficies de captación para asegurar el éxito de este programa.

Lima, Diciembre 12, 1988

*MS*

-----  
CRISTOBAL PINCHE LAURRE

TABLA N<sup>o</sup> 1

M	LACHAY (350 m)						ATIQUIPA (650 m)					
	1966-80			1988			1966-80			1988		
	TE °C	PRE mm	DOF x	TE °C	PRE mm	DOF x	TE °C	PRE mm	DOF x	TE °C	PRE mm	DOF x
ENE	20.2	0.0	3	-	-	-	21.8	8.8	0	-	-	-
FEB	21.5	0.0	3	-	-	-	22.8	2.9	1	-	-	-
MAR	21.1	0.5	4	-	-	-	22.3	0.0	1	-	-	-
ABR	19.2	1.5	6	-	-	-	20.3	0.1	2	-	-	-
MAY	16.2	4.0	13	16.1	0.0	7	17.8	0.6	4	16.8	0.0	3
JUN	14.3	13.0	16	14.3	0.5	11	15.7	1.5	5	14.1	0.0	3
JUL	13.3	14.0	19	13.1	1.2	23	14.2	11.8	12	13.8	0.5	11
AGO	13.1	16.8	23	12.8	1.5	24	14.8	8.8	16	12.1	0.5	12
SET	13.6	12.0	25	-	-	-	14.3	13.1	17	-	-	-
OCT	14.6	8.2	21	-	-	-	15.8	4.0	13	-	-	-
NOV	16.3	4.0	15	-	-	-	17.8	4.2	8	-	-	-
DIC	18.0	3.2	12	-	-	-	19.9	3.3	4	-	-	-
TOT.	76.4						59.1					
MED.	16.8						17.9					

x (Días de ocurrencia de niebla)

Resultados obtenidos en los ensayos de captación de agua de la niebla, con el captador modelo "Cortina" de 4.5 m<sup>2</sup> de área.

