

Microclimatología aplicada para la defensa del ambiente de la Región Metropolitana Comunas: Nuñoa - La Reina*

Napoleón S. Bravo Flores** y Víctor Quintanilla Pérez**

RESUMEN: La presente investigación, primera en su género, tiene como propósito analizar y evaluar los parámetros atmosféricos que inciden en el microclima comuna La Reina-Nuñoa y enunciar conclusiones de carácter específico.

La hipótesis consistió en el estudio, análisis, evaluación de las variables ambientales de temperaturas, humedad ambiental, nubosidad, precipitaciones, vientos y cómo éstas han experimentado fluctuaciones sensibles.

La metodología consistió en el análisis estadístico de los elementos meteorológicos ya indicados, que son fundamentales para un estudio microclimático y sus eventuales evoluciones, y un análisis de una situación sinóptica tipo que permita acercarse a la caracterización de los procesos y mecanismos que intervienen en el comportamiento del tiempo y el microclima de las comunas de Nuñoa y La Reina.

La investigación se completa con caracterizaciones relacionadas con la situación geográfica, poblacional, áreas verdes, infraestructura industrial y parque automotriz.

Se efectuó una salida a terreno en el sector Tobalaba-La Reina Alto, y la Zona Canal San Carlos y Canal Las Perdices, para comprobar el diagnóstico relacionado con la perturbación atmosférica (25 al 27 de junio de 1982) de gran gravedad en las comunas de Nuñoa y La Reina, como lo demuestra el análisis de las precipitaciones y sus efectos.

El presente estudio podría ser perfeccionado con la instalación y operación diurna y nocturna a futuro de nuevas estaciones climáticas y microclimáticas en las comunas precitadas, para tener una caracterización más detallada de las fluctuaciones microclimáticas del sector.

*Manuscrito revisado y aprobado en forma definitiva en junio de 1983.

**Departamento de Ingeniería Geográfica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile (USACH).

SUMMARY: This work first in its field, has an objective to analyze and evaluate atmospheric parameters which are involved in the micro-climate La Reina-Ñuñoa, and enumerate conclusion quite specific.

The hypothesis consists in the study, analysis and evaluation of the environmental variables of temperature, humidity, cloudiness, precipitation and wind and how these have fluctuated.

The methodology consists of a statistical analysis of the meteorological elements indicated, which are fundamental for a study of micro-climate and its evolution. It also includes an analysis of a synoptic type situation, which permits us to identify the processes and mechanisms influencing weather behavior and the micro-climate of Ñuñoa and La Reina.

Research is completed with the identification of variables related to geographic situation, population, green spaces, industrial infrastructure and number of automobiles.

Field research was carried out in the Tobalaba - La Reina Alto sector and in the area of the San Carlos and Las Perdices Canales for the analysis related to atmospheric disturbances (June 25 - 27, 1982) which had serious consequences for Ñuñoa and La Reina. This is indicated in the analysis of precipitations and their effects.

The present study could be improved through the installation and functioning of new climate and micro-climate study stations, operating on a 24 hours basis, in the districts under of more micro-climate fluctuations in the area.

Capítulo I

1. INTRODUCCION

La investigación aplicada cuyo título principal fue "Microclimatología aplicada para la defensa del ambiente de la Región Metropolitana de Santiago" (1978), y sus estudios específicos comunales: "Microclimatología de la Comuna de Quinta Normal" (1979), "Microclimatología de la Comuna de Las Condes" (1980), "Microclimatología sector Los Cerrillos-San Bernardo" (1981) y la continuación en el presente estudio "Microclimatología de las Comunas de Ñuñoa-La Reina" (1982) van conformando un estudio detallado e integrador del entorno del área de la Región Metropolitana.

La prosecución de los estudios microclimáticos de las comunas de Ñuñoa-La Reina tiene su génesis que en la actualidad no existe en la Región Metropolitana una investigación microclimática, de carácter comunal. Las autoridades respectivas podrán contar con una investigación aplicada que les proporcione los marcos de referencia del ambiente, para considerarla en toda planificación y cursos de acción, que incidan en la preservación del mismo.

Los parámetros ambientales a estudiar y analizar, fueron proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile de la Fuerza Aérea, que corresponden al observatorio del aeródromo de Tobalaba Latitud 33° 27' Sur: Longitud: 70° 41' Oeste: N.M.M. 654 metros.

El observatorio meteorológico, que se consideró como base geográfica para el estudio, está localizado en la Comuna de La Reina, y los parámetros atmosféricos que mide y observa, son representativos para el área geográfica La Reina-Ñuñoa.

Lo anterior se avala por lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial de las Naciones Unidas, en que Chile, a través de la Dirección Meteorológica, es su Representante; donde en la publicación técnica "Vigilancia Meteorológica Mundial" JULIO 1970, establece que cada estación sinóptica abarca una zona de 500 km como mínimo. El sector geográfico de las dos comunas administrativas, tiene una separación no más de 7 km.

Esta investigación constituye la primera etapa, para que las autoridades comunales de La Reina y Ñuñoa coordinen la solución de los problemas que afectan al ambiente urbano, instalando nuevas estaciones sinópticas, donde la Universidad de Santiago de Chile, a través de sus académicos, podría cooperar desarrollando y ampliando la presente investigación, en forma integrada.

Las variables estudiadas y analizadas son:

TEMPERATURA EN °C

Temperaturas medias diarias, del período 1972-1981 valores medios de las temperaturas ambientales de las 08 h, 14 h y 20 h.; valor medio de las temperaturas máximas diarias; valor medio de las temperaturas mínimas diarias; valor máximo absoluto entre todas las máximas diarias; valor mínimo absoluto entre todas las mínimas diarias; número de días con temperatura mayor o igual a 25°C; número de días con temperatura menor o igual a 0° C.

HUMEDAD AMBIENTAL EN %

De las 08 h, 14 h, y 20 h, promedios de cada secuencia horaria, y promedio del período 1972-1981.

NUBOSIDAD EN OCTAVOS

PRECIPITACIONES EN MM.

VIENTOS EN GRADOS GEOGRAFICOS Y NUDOS

2. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Se intenta efectuar un estudio de diagnóstico, de análisis, de evaluación y correlación de los parámetros meteorológicos que caracterizan el sector geográfico físico de las comunas Ñuñoa-La Reina. Las fluctuaciones climáticas tienden a poseer una fuerte incidencia en las condiciones ambientales de estas comunas, particularmente por los potenciales deterioros y alteraciones microclimáticas .

3. OBJETIVO DEL PROYECTO

Proporcionar a las autoridades, empresas públicas y privadas, investigadores, docentes, memoristas y alumnos, un estudio puntual de las variables ambientales atmosféricas que inciden en el entorno y las modificaciones y/o fluctuaciones que experimentan estas variables, por la inyección de agentes indeseables, con el propósito que las consideren en los planes o proyectos, en sus respectivas áreas de actividades.

4. DELIMITACION Y CARACTERIZACION DEL AREA

COMUNA DE ÑUÑOA

LOCALIZACION GEOGRAFICA

Límites administrativos establecidos en el DFL 1-3260 (09/03/81) y DFL 4-3260 (25/03/81).

Año 1981

Superficies

— Rural:	34.95	Km ²
— Urbano:	40.35	Km ²

TOTAL	75.30	Km ²
-------	-------	-----------------

0.99 Km² se han traspasado a Providencia
0.52 Km² se agregan desde Santiago
11.88 Km² formarán la comuna de Macul
9.51 Km² formarán la comuna de Peñaflor.

SITUACION POBLACIONAL

Población estimada: 550.000 habitantes.

SITUACION AUTOMOTRIZ

Automóviles.....	15.843
Carga	3.878
Taxis	1.835
Buses	476
Motos	842
TOTAL	22.874

SITUACION INDUSTRIAL

Industrias autorizadas: 1.082

SITUACION TURISTICA

No se proporciona información.

SITUACION AREAS VERDES

La Municipalidad de Ñuñoa tiene programada la recuperación y formación de 40 áreas entre plazas, rotondas y bandejones.

SITUACION GENERAL

Incineradores: No existe información.

Edificios de 6 o más pisos: 16 edificios.

COMUNA LA REINA

Límites:

La comuna de La Reina se encuentra en el sector centro Oriente del Area Metropolitana de Santiago, Región Metropolitana.

ADMINISTRATIVOS: Sus límites fueron fijados por la Ley N° 15.169 del 1° de marzo de 1963, que dictaminó su creación y son los siguientes:

NORTE: La Avda. Francisco Bilbao y su prolongación en línea recta, desde la calle Ema Valderrama hasta el Canal de Las Perdices, el Canal de Las Perdices hasta Valenzuela Puelma, Valenzuela Puelma en su prolongación desde el Canal de Las Perdices hasta la línea de cumbres que limita por el sur la hoya hidrográfica de la Quebrada Ramón.

ESTE: La línea de cumbres que limita por el sur, la hoya hidrográfica de la Quebrada Ramón por el norte y Talinay (ex Pepe Vila) por el sur.

SUR: La calle Talinay y su prolongación entre la línea de cumbres del límite este y el Canal de Las Perdices; Canal de Las Perdices hasta la Av. José Arrieta (ex Peñalolén) y Av. José Arrieta hasta la Av. Egaña.

OESTE: La Avda. Egaña desde Avda. José Arrieta hasta el Canal San Carlos; el Canal San Carlos desde Av. Ossa hasta Eliecer Parada, Eliecer Parada entre el Canal San Carlos y la calle González Malbrán entre Eliecer Parada y Ema Valderrama; la calle Ema Valderrama entre González Malbrán y Francisco Bilbao.

Sus comunas limítrofes son: Las Condes por el norte y oriente, y Ñuñoa en los límites sur y poniente.

Superficie:

La superficie total alcanza a las 2.130,1 hectáreas (IREN), de las cuales 1.200 hás aproximadamente corresponden a superficie urbana lo que indica una densidad promedio de 47,7 habitantes por hectárea.

SITUACION POBLACIONAL

Población: 55.235 habitantes (Censo 1970). Fuente, INE. XIV Censo Nacional de la Población.

Distrito	Total	Hombres	Mujeres	Viviendas
01. Larraín	18.255	8.236	10.019	3.905
02. P. Gales	24.082	10.435	13.647	5.252
03. P. Ossandón	10.567	5.024	5.543	2.265
04. La Reina	2.331	1.161	1.170	440
TOTAL	55.235	24.856	30.379	11.862

SITUACION AUTOMOTRIZ

Automóviles particulares.	
Jeeps y Stations Wagons	10.283
Automóviles de arriendo	699
Autobuses, microbuses y taxibuses	95
Camiones	323
Camionetas y furgones	1.661
Tractores	9
Ambulancias	3
Motocicletas y motonetas	374
Otros vehículos motorizados. (grúas, casas rodantes)	191
TOTAL	13.638

SITUACION INDUSTRIAL

82 Industrias.

SITUACION TURISTICA

En este aspecto se deben considerar los atractivos de carácter recreativos y turísticos propiamente tales.

ATRACTIVOS RECREATIVOS

Entre ellos se cuentan los recintos deportivos, áreas verdes, clubes de campo y similares. Aunque estos centros representan un elemento caracterizador positivo de turismo, de por sí solos no constituyen fuentes turísticas, ni generan flujos de trascendencia.

En este aspecto los elementos más importantes para La Reina se ubican en los potenciales de los Parques Municipales, Intercomunal y los lugares de la precordillera que sí podrían generar una corriente de turismo urbano.

ATRACTIVOS TURISTICOS

Se basan principalmente en los recursos naturales presentes en el sector precordillerano de la comuna (montañismo, pesca y caza). Estos podrían constituir centros apropiados de turismo urbano y regional.

En cuanto a atractivos culturales, sólo se puede mencionar el cementerio indígena del Parque La Quintrala.

SITUACION AREAS VERDES

Las áreas verdes están conformadas por plazas, paseos y parques, con una superficie de 1.501.195 m².

Fuente: Depto. de Aseo y Jardines de la Municipalidad de La Reina (1981).

Capítulo II

VARIABLES MICROCLIMATICAS

VARIABLES microclimáticas de Tobalaba

ANALISIS DE TEMPERATURAS

Del análisis de las temperaturas basado en datos estadísticos crudos proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile, y la elaboración en “productos” por el autor de la presente investigación, basados en termogramas, mapas, estadísticas relacionadas con las temperaturas medias (\bar{T}) de las 08 h; 14 h; 20 h. Temperaturas máximas absolutas, temperaturas mínimas absolutas, temperatura media mensual; temperaturas máximas medias; temperaturas mínimas medias; número de días con temperatura mayor o igual a 25 °C; número de días con temperatura menor o igual a 0 °C, en una secuencia de 10 años (período 1972 a 1981), nos da los siguientes resultados:

1. Valor medio de las temperaturas medias diarias:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} \bar{T}_{08 \text{ h}} = 11.1 \text{ °C}$
2. Valor medio de las temperaturas medias diarias:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} \bar{T}_{14 \text{ h}} = 20.4 \text{ °C}$
3. Valor medio de las temperaturas diarias:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} \bar{T}_{20 \text{ h}} = 16.3 \text{ °C}$
4. Valor medio de las temperaturas máximas diarias:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} \text{Máx. } \bar{T}_x = 21.9 \text{ °C}$
5. Valor medio de las temperaturas mínimas diarias:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} \text{Mín. } \bar{T}_n = 07.8 \text{ °C}$
6. Valor máximo absoluto entre todas las máximas diarias:
(1972-1981) $T_x = 35.6 \text{ °C}$
7. Valor mínimo absoluto entre todas las mínimas diarias:
(1972-1981) $T_n = -3.0 \text{ °C}$
8. Número de días con temperaturas mayor o igual a 25 °C:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} = 149 \text{ días}$
9. Número de días con temperaturas menor o igual a 0 °C:
 $\bar{X}_{10 \text{ años (1972-1981)}} = 8 \text{ días.}$

Las variaciones de las temperaturas medias durante los períodos de observación, indican oscilaciones que van aumentando desde las 08 h (11.1 °C), para alcanzar valores de 20.4 °C a las 14 h y disminuir a las 20 h a un valor de 16.3 °C, produciéndose rangos moderados de 9.3 °C entre las 08 h y 14 h; y de 4.1 °C entre las 14 h y 20 h. Las oscilaciones máximas durante el decenio corresponden a un valor de 38.6°C, producto de las invasiones de la Baja Térmica Continental, que por descenso adiabático (adiabática seca), produce elevadas temperaturas en las Comunas de Ñuñoa y La Reina, alcanzando valores en el mes de febrero de una máxima absoluta de + 35.6 °C. Las oscilaciones de las máximas absolutas durante el decenio fluctúan entre los 31 °C a 35.6 °C, y sus promedios de las máximas medias diarias en el decenio (1972-1981) corresponde a un valor de 21.9 °C.

Durante el período de invierno por invasiones de aire polar el valor mínimo absoluto de temperaturas alcanza un valor de -3.0°C. (1979), con oscilaciones de + 1.8°C a -3.0°C y un promedio mínimo diario de 7.8 °C.

TABLAS DE FLUCTUACIONES TERMICAS (1972-1981)
(08, 14 y 20 h)

08 h	1972-1973	12.8; 12.2 °C	fluctuación: -0.6 °C
14 h	1972-1973	20.3; 20.5 °C	fluctuación: +0.2 °C
20 h	1972-1973	19.1; 17.4 °C	fluctuación: -1.7 °C
08 h	1972-1974	12.2; 11.4 °C	fluctuación: -0.8 °C
14 h	1972-1974	20.5; 20.6 °C	fluctuación: +0.1 °C
20 h	1972-1974	17.4; 19.3 °C	fluctuación: +1.9 °C
08 h	1974-1975	11.4; 10.7 °C	fluctuación: -0.7 °C
14 h	1974-1975	20.6; 20.4 °C	fluctuación: -0.2 °C
20 h	1974-1975	19.3; 16.7 °C	fluctuación: -2.6 °C
08 h	1975-1976	10.7; 10.0 °C	fluctuación: -0.7 °C
14 h	1975-1976	20.4; 20.3 °C	fluctuación: -0.1 °C
20 h	1975-1976	16.7; 15.7 °C	fluctuación: -1.7 °C
08 h	1976-1977	10.0; 10.6 °C	fluctuación: +0.6 °C
14 h	1976-1977	20.3; 18.2 °C	fluctuación: -2.1 °C
20 h	1976-1977	15.7; 17.5 °C	fluctuación: +1.8 °C
08 h	1977-1978	10.6; 10.6 °C	fluctuación: 0.0 °C
14 h	1977-1978	18.2; 20.5 °C	fluctuación: +2.3 °C
20 h	1977-1978	17.5; 19.2 °C	fluctuación: +1.7 °C
08 h	1978-1979	10.6; 10.6 °C	fluctuación: 0.0 °C
14 h	1978-1979	20.5; 21.1 °C	fluctuación: +0.6 °C
20 h	1978-1979	19.2; 18.7 °C	fluctuación: -0.5 °C
08 h	1979-1980	10.6; 11.1 °C	fluctuación: +0.5 °C
14 h	1979-1980	21.1; 20.6 °C	fluctuación: -0.5 °C
20 h	1979-1980	18.7; 18.5 °C	fluctuación: -0.2 °C

08 h 1980-1981
 11.1; 10.9 °C fluctuación: -0.2 °C
 14 h 1980-1981
 20.6; 21.1 °C fluctuación: +0.5 °C
 20 h 1980-1981
 18.5; 18.5 °C fluctuación: 0.0 °C

Si analizamos el período 1976-1979, comprobamos que las fluctuaciones de temperatura son de carácter positivo, y sus valores oscilan entre los 0.0°C a los 2.3 °C, estarían señalando que los cambios locales de temperatura podrían estar influenciados por un aumento de áreas pavimentadas, disminución de los suelos naturales y aumento de construcciones.

Si analizamos la secuencia del número de días con temperaturas mayores o iguales a 25 °C, comprobamos que un mayor número de meses estarán concentrados en el período de diciembre-marzo, que sería otra de las causas de las fluctuaciones positivas de las temperaturas.

Las oscilaciones negativas de las temperaturas estarían relacionadas con el número de días con temperaturas menores o iguales a 0 °C, que tienen una mayor incidencia en los meses de junio y agosto derivados de las invasiones de aire frío polar, proveniente de la Antártida, y por la acción post-frontal de los frentes fríos principales y/o frentes fríos secundarios, que caracterizan el período invernal de las comunas de Ñuñoa y La Reina, respectivamente.

El número de días con temperaturas menores o iguales a 0 °C, correspondería a un promedio de 8 días (1972-1981) con un máximo de días con temperaturas menores o iguales a 0 °C para el año 1977 (14 días) y un mínimo el año 1974 (1 día).

El año 1977 registra en los meses de julio-agosto, temperaturas bajo cero grado Celsius, siendo el mes más frío julio con mayor número de días con temperaturas iguales o menores de 0 °C. El mes de julio durante el período 1972-1981, registra un total de 28 días con temperaturas de 0 °C o menos.

ANÁLISIS DE LA HUMEDAD AMBIENTAL (%)

AÑO	08 h	14 h	20 h
1972	79	55	60
1973	81	54	59
1974	83	50	57
1975	82	49	61
1976	80	45	57
1977	83	52	69
1978	83	49	55
1979	81	50	56
1980	80	47	57
1981	80	45	61
\bar{X} 10	80%	52%	60%
\bar{X} 10 (1972-1981):	64%		

Si analizamos los períodos de humedad ambiental de las 08 h, 14 h y 20 h, comprobamos que el mayor porcentaje de humedad en promedio de 10 años, se registra a las 08 h con un valor de 80%, para declinar a las 14 h con un valor de 52%, debido a la mayor insolación, que produce una sequedad ambiental, y por el efecto de la menor radiación solar a las 20 h, empieza un aumento moderado alcanzando un valor promedio de 60%. Lo anterior está en razón directa con los promedios de temperaturas donde a las 08 h se registra un promedio de 11.1°C; a las 14:00 h un promedio de 20.4°C y a las 20:00 h un promedio de 16.3°C, respectivamente. El descenso de temperaturas produce un aumento de la humedad ambiental, como se establece en la relación de las dos variables ambientales.

ANÁLISIS DE NUBOSIDAD

De los datos estadísticos oficiales —Dirección Meteorológica de Chile— período 1972-1981; de las 08 h, 14 h y 20 h se establece que los promedios anuales de nubosidad se mantienen casi iguales en los períodos de 08 h, 14 h y 20 h, con una nubosidad de 3/8 de cielo cubierto, correspondiendo a la denominación de Parcial Nublado. Del estudio del número de días despejados, comprobamos que el mayor promedio de días despejados se registra en el período de diciembre-marzo, alcanzando una máxima cantidad de días el mes de enero con un promedio anual de 15.0 días.

Lo contrapuesto a lo anterior es el número de días nublados (nubosidad mayor de 4/8 a 8/8 octavos de cielo cubierto).

El mayor promedio de días nublados se observa en los meses de mayo a agosto y el menor promedio en los meses de enero a marzo, alcanzando una mayor nubosidad el mes de julio y una menor nubosidad el mes de enero (1 día). La causa de la mayor nubosidad, que corresponde a los centros de acción de bajas presiones —sistemas frontales— se caracterizan por un aumento de las nubes en la zona, intensificada por la acción de la precordillera y cordillera de los Andes centrales, retrasando el movimiento de los sistemas nubosos, lo que permite la acumulación de nubes provenientes del océano Pacífico, y, por otro lado, activa la evaporación, aumentando la nubosidad. Este aumento de la nubosidad, por lo general, es de tipo de nubes bajas: stratus y nieblas.

La causa de la menor nubosidad —días despejados (menor de 1/8 de cielo cubierto)— obedece al predominio del Anticiclón del Pacífico Sur que por la acción subsidente, disipa las nubes, y los cielos permanecen en general despejados, durante los períodos de verano:

Enero	26 días
Febrero	22 días
Marzo	21 días

ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

De los productos estadísticos del decenio 1972-1981, de la pluviosidad mensual acumulada, la precipitación máxima en 24 horas, el número de días con precipitación igual o mayor a 0.1, 1.0, 10.0 mm que se indican, podemos realizar el análisis de esta importante variable ambiental.

Precipitación acumulada-máxima precipitación en 24 horas

1972	413.5 mm	54.1 mm	AGO.
1973	191.8 mm	21.7 mm	OCT.
1974	361.5 mm	60.6 mm	JUN.
1975	238.5 mm	36.7 mm	JUL.
1976	220.1 mm	18.2 mm	NOV.
1977	374.4 mm	41.4 mm	JUN.
1978	454.1 mm	48.6 mm	JUL.
1979	342.6 mm	24.5 mm	AGO.
1980	390.2 mm	41.4 mm	JUL.
1981	235.3 mm	80.3 mm	MAY.
<hr/>			
TOTAL	3.264.4 mm		

La cuantía de precipitaciones promedio anuales oscila entre 191.8 mm (1973) y 454.1 mm (1978), que revela que en la zona existe una gran pluviosidad. Esta aseveración tiene mayor validez, cuando en el decenio, va aumentando en forma progresiva desde los meses de Nov. (18.2 mm), Oct. (20.3 mm), Ago. (24.5 mm), Jul. (48.6 mm), Jun. (60.6 mm), May. (80,3 mm), siendo esta última precipitación la mayor en las 24 horas. Lo anterior nos prueba que las precipitaciones en el sector pueden abarcar un período que cubre el otoño, invierno y primavera, respectivamente.

El número total de días —durante el decenio— con precipitaciones igual o mayor de 1.0 mm fue de 279 días, igual o mayor de 10.0 mm fue de 117.0 días.

El número total de días en el período estudiado con llovizna fue de 154 días; nieve: 2 días; granizo: 5 días; tormentas eléctricas: 3 días; nieblas: 376 días, respectivamente.

Lo anterior nos prueba que la acción de los sistemas frontales produce un gran número de días con nieblas, lloviznas y precipitaciones; y en forma muy aislada y esporádica, tormentas eléctricas.

ANÁLISIS DE LOS VIENTOS

Si analizamos la dirección dominante y fuerza media (nudos) de los vientos de superficie de las 08,14 y 20 h del período 1972-1981, establecemos los promedios que se señalan:

Mes	08 h	14 h	20 h
ENE	CALMA	S.O 8	S.O 7
FEB	CALMA	S.O 7	S.O 7
MAR	CALMA	S.O 5	S.O 7
ABR	CALMA	S.O 6	CALMA
MAY	CALMA	S.O 5	CALMA
JUN	CALMA	CALMA	CALMA
JUL	CALMA	CALMA	CALMA
AGO	CALMA	CALMA	CALMA
SEP	CALMA	CALMA	CALMA
OCT	CALMA	S.O 6	S.O 6
NOV	CALMA	S/O7	S.O 7
DIC	CALMA	S. 7	S.O 6
PROMEDIO	CALMA	S.O 6	S.O 7

Si establecemos los porcentajes llegamos a que en el período de las 08 h existe: Calmas, 99.15%, N-O. 84%. 14 h: Calma 32%, S.O. 47%, S. 20,16% y S.E. 0.84%, respectivamente. A las 20 h: Calma 49,6%; S.O.: 28.57%; S. 21% y S.E. 0.84%, respectivamente. Concluimos, por consiguiente, que de acuerdo a la secuencia diurna en un período de un decenio, los vientos dominantes de superficie son del SO. con una velocidad promedio de 6.5 nudos.

Vientos máximos en nudos

Compilados los datos estadísticos anemométricos, y realizado su análisis, los resultados de los vientos máximos en el observatorio de Tobalaba son:

Año	Mes	Máximo. (Velocidad en nudos)
1972	SEP.	NO-50
1973	...	VRB-15
1974	MAY.	N-30
1975	OCT.	SO-25
1976	OCT.	N/O-15
1977	JUL.	N-30
1978	JUL.	NE-22
1979	NOV.	E-20
1980	JUN.	N-24
1981	MAY.	NE-17

VIENTO MAXIMO SEP. (1972)

NO-50

VRB = VARIABLE.

Al analizar las direcciones y velocidades de los vientos máximos y los meses en que se producen, aquéllos están íntimamente relacionados con la acción de los "sistemas frontales".

Esporádicamente, los vientos máximos están relacionados por la acción de las "altas presiones", caso año 1975 Oct. con un viento máximo del SO. 25 nudos.

Número de días con vientos iguales o superiores a 30 nudos

Las estadísticas oficiales señalan tres días con vientos iguales o superiores a 30 nudos: junio 1972, mayo 1974 y julio de 1977, respectivamente, que corresponden a la acción de los sistemas frontales que afectaron las comunas.

Número de días con vientos iguales o superiores a 20 nudos

El período registra 22 veces número de días con vientos de 20 nudos o más, siendo el mes de junio el que registra un mayor número de veces (1972-1981): 5 veces. Los años que no registran son: 1973, 1976 y 1981, respectivamente.

Del análisis de los vientos llegamos a la conclusión que son predominantes del S.O. de 6 a 7 nudos (6.5 nudos), con un alto porcentaje de calma a las 08 h: 99.15%, para ir reduciéndose hacia las 14 h: 32% y aumentando a las 20 h: 49.6%.

Los porcentajes de vientos predominantes del SO se manifiestan significativamente durante las 14 h: SO: 47%, y a las 20 h: SO: 28.57%, precedidos por la dirección S (14 h): 20.16% y S (20 h): 21%, respectivamente.

ANÁLISIS DE LOS VALORES TABULARES AMBIENTALES
(Ver Anexo "A")

Para efectuar un análisis integral de las variables ambientales de vientos, temperaturas, nubosidad, humedad y precipitaciones, se tomó como marco de referencia los sectores de Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque, San Bernardo y Tobalaba, respectivamente.

VIENTOS: Comprobamos que de los extremos: Quinta Normal, el viento de superficie es del SO con una velocidad media de 4 nudos, y en el de Tobalaba es del SO, 6.5 nudos, y el viento máximo en la primera localidad es del Norte, 25 nudos, y en Tobalaba del NO, 50 nudos, lo que señala que las intensidades de los vientos van aumentando con una dirección N y NO por la aproximación de la precordillera andina central, y con el aumento de la altitud (Q. Normal: 520 metros; y Tobalaba: 654 metros).

TEMPERATURAS: Podemos comprobar fluctuaciones de temperatura como lo señalan los cálculos promedios que se indican (entre las localidades de Q. Normal y Tobalaba):

	Q. NORMAL	TOBALABA
— Valor medio de las temperaturas máximas diarias.	22.0 °C	21.9 °C
— Valor medio de las temperaturas medias diarias.	14.0 °C	11.0 °C
— Valor Mín. Abs. entre las Mín. diarias.	-4.6 °C	-3.0 °C
— Valor Máx. Abs. entre todas las Máx. diarias.	36.5 °C	35.6 °C
— NUBOSIDAD	4.1 octavos	3.0 octavos
— HUMEDAD AMBIENTAL	66%	64%
— PRECIPITACIONES	366.8 mm	324.6 mm

De los estudios anteriores resaltan valores más moderados de las mínimas absolutas entre las mínimas diarias, teniendo Tobalaba (-3.0 °C) un valor más baja que Quinta Normal (-4.6 °C), y una temperatura máxima absoluta, ligeramente más alta (Tobalaba: 35.6 °C) y (Quinta Normal, 36.5 °C), respectivamente.

El grado de humedad ambiental también es más bajo en la zona de Tobalaba (64%) que en la zona de Quinta Normal (66%), situación que tendría su origen por estar esta última en la parte baja del valle, que mantiene por un tiempo más prolongado la humedad ambiental, dando por consecuencia una mayor cantidad de nubosidad (4,1 octavos) y nieblas.

Al completar estos estudios (1983) con las variables microclimáticas de la comuna de Pudahuel, llegaremos a establecer las interacciones y diferencias de los parámetros ambientales que predominan y afectan a los sectores en estudio.

Capítulo III

CONSIDERACIONES GENERALES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación relacionada con la defensa del ambiente de la Región Metropolitana, comunas de Ñuñoa-La Reina, la primera que se realiza en este tipo de investigaciones en Chile, constituye un estudio científico basado en datos oficiales, proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile (FACH), que ha permitido realizar un diagnóstico microclimático y una caracterización de los factores ambientales locales del sector.

Las limitaciones de mayor incidencia fueron:

- Carencia de una red suficiente de estaciones meteorológicas, climatológicas y microclimáticas en el sector de estudio.
- Carencia de una red (una o dos estaciones) para medir los vientos altos locales.
- Carencia de observaciones de la presión atmosférica.
- Carencia de observaciones nocturnas.

1. CONCLUSIONES EN EL ASPECTO METEOROLOGICO

El área en estudio, como los sectores que la circundan, están bajo el predominio del Anticiclón del Pacífico Sur y de los efectos de los sistemas frontales, además ejercen su acción las inversiones térmicas (radiación, frontal, subsidente), las brisas locales y la baja Térmica Continental, respectivamente.

2. CONCLUSIONES EN EL ASPECTO MICROCLIMATICO

Las caracterizaciones mesoclimáticas señaladas, la topografía de la zona, pueden producir condiciones microclimáticas como las que señalaremos a continuación:

1. TEMPERATURAS

Existen fluctuaciones sensibles de temperaturas en el período 1976 a 1979; con rangos que fluctúan entre 0.0°C más 2.3°C. Las causas serían: aumento de las áreas pavimentadas, mayor urbanización, disminución del suelo natural.

Los valores extremos fluctúan entre: 35.6°C la máxima y -3.0°C la mínima; y los promedios diurnos a las 08 h son: 11.1°C; 14 h: 20.4°C y 20 h: 16.3°C.

Los valores medios de las temperaturas máximas diarias, y las mínimas diarias, oscilan entre: 21.9°C a 7.8°C, respectivamente.

2. HUMEDAD AMBIENTAL

Durante el período diurno los porcentajes de humedad van sufriendo oscilaciones: 08 h, 80%; 14 h, 52% y 20 h, 60%. El porcentaje promedio es de 64%.

3. NUBOSIDAD

En general el promedio de nubosidad alcanza los 3/8 de cielo cubierto (parcial nublado), típico de una zona precordillerana andina central.

4. PRECIPITACIONES

La altitud de la estación: 654 metros sobre el nivel medio del mar, incide en un aumento de las precipitaciones, cuyos valores acumulativos fluctúan entre 191.8 mm (1971) y 454.1 mm (1978), dando un valor total durante el decenio de 3.241,4 mm de agua caída.

Las precipitaciones máximas en 24 h alcanzaron un máximo en mayo 1981 (80.3 mm).

El número de días totales durante el decenio con fenómenos de precipitación igual a 0.1 mm fueron: 302 días; igual a 1.0 mm: 279 días; igual a 10.0 mm: 117 días; lloviznas: 154 días; nieve: 2 días; granizo: 5 días; tormenta: 3 días; y nieblas: 375 días, respectivamente.

Como conclusión, se establece que el microclima natural del sector se mantiene debido a la topografía y la caracterización de pluviosidad y de vientos; sin embargo, los vientos locales periféricos transportan agentes contaminantes al sector, los que son barridos por la acción de los vientos terciarios y los producidos por los sistemas frontales. Este sector, dentro de las

áreas estudiadas, tentativamente, es menos contaminado, a pesar de la existencia de algunos basurales.

3. RECOMENDACIONES ESPECIFICAS

1. Instalación de observatorios microclimáticos en la periferia del sector: zonas precordilleranas y partes bajas (dos o tres observatorios). Instalación de torres anemométricas, termométricas, higrométricas, para medir en los diferentes niveles los parámetros de vientos, temperaturas y humedad, tanto en las comunas de La Reina y Ñuñoa, respectivamente.
2. Las municipalidades de Ñuñoa y La Reina deberían crear “Zonas Naturales especialmente protegidas”, incentivando la formación de parques y bosques con árboles autóctonos, especialmente en las zonas de basurales.
3. No permitir las construcciones de altura, ni la instalación de industrias, que expelan humos tóxicos, nocivos para la salud de los habitantes y/o dificulten la libre circulación de los vientos terciarios.
4. Regular la mantención del suelo natural, con el desarrollo urbano, para que exista un equilibrio y armonía entre el progreso comunal y la preservación del ambiente.
5. Las áreas en estudio mantienen un microclima natural que debe ser preservado y cuidado para las generaciones actuales y futuras.
6. Crear una “Oficina de Protección del Ambiente” (O.P.A.) para que asesore a las autoridades comunales respectivas, en todo lo que se refiere a estudios, planificación, informes, investigaciones relacionadas con el entorno, y formule pautas y recomendaciones para la elaboración de reglamentos y/o resoluciones alcaldicias.

Esta asesoría puede solicitarse a la Universidad de Santiago de Chile, que cuenta con académicos dedicados a la disciplina del ambiente.

RECONOCIMIENTOS

A DIPLAN II y DICYT de la Universidad de Santiago de Chile, por su sistemático y permanente apoyo para la realización y continuación de las investigaciones aplicadas microclimáticas de la Región Metropolitana, y sus comunas, realizados por primera vez en Chile.

A la Dirección Meteorológica de Chile de la Fuerza Aérea, por la prontitud, diligencia, acuciosidad para proporcionar los datos al investigador del presente trabajo.

Al coinvestigador Dr. Víctor Quintanilla P. por su permanente asesoría y consejos.

A la alumna María Inés Bustamante, de la Facultad de Estudios Generales, Depto. de Historia y Geografía, por la elaboración de gráficos.

A los alcaldes de Ñuñoa y La Reina, al proporcionar valiosos antecedentes, relacionados con sus respectivas comunas.

Al meteorólogo Sr. Karl Schanz Z., al proporcionar antecedentes relacionados con la catástrofe de junio de 1982 - Vitacura.

A todos ellos, mi sincero reconocimiento, que sin su efectiva ayuda habría sido imposible realizar esta investigación aplicada.

REFERENCIAS

1. BRAVO FLORES, N.S., Microclimatología aplicada para la Defensa del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago, 43 páginas, Santiago de Chile (1978).
2. BRAVO FLORES, N.S., Microclimatología Comuna de Quinta Normal. 28 páginas, Santiago de Chile (1979).
3. BRAVO FLORES, N.S., Microclimatología Comuna de Las Condes. 45 páginas, Santiago de Chile (1980).
4. BRAVO FLORES, N.S., Microclimatología Sector Los Cerrillos-San Bernardo. 38 páginas, Santiago de Chile (1981).
5. CHILE, DIRECCION METEOROLOGICA DE, Estadística Meteorológica del Observatorio de Tobalaba. 26 cuadros estadísticos climáticos de Chile (1982).
6. MUNICIPALIDAD DE ÑUÑO A Y LA REINA, Antecedentes estadísticos generales. 30 páginas, Santiago de Chile (1982).
7. SCHANZ, KARL, Antecedentes estadísticos de pluviosidad. Comuna de Vitacura, 10 páginas, Santiago de Chile (1982).

ANEXO "A"

ANALISIS DE LA SITUACION AMBIENTAL TIPO: 25-27 JUNIO 1982

SALIDA A TERRENO-CARACTERIZACION Y ANALISIS DE LA VARIABLE PRECIPITACION DEL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 25 DE JUNIO AL 27 DE JUNIO 1982

Con fecha 4 de julio de 1982 se cumplió una etapa de la investigación microclimática, mediante una salida a terreno a las comunas de Ñuñoa y La Reina (Observatorio de Tobalaba, Reina Alto, Sectores Canal de Las Perdices y Canal San Carlos).

Durante la salida se establecieron fehacientemente los graves daños ocasionados por las intensas y severas precipitaciones del período comprendido entre el 25 al 27 de junio de 1982.

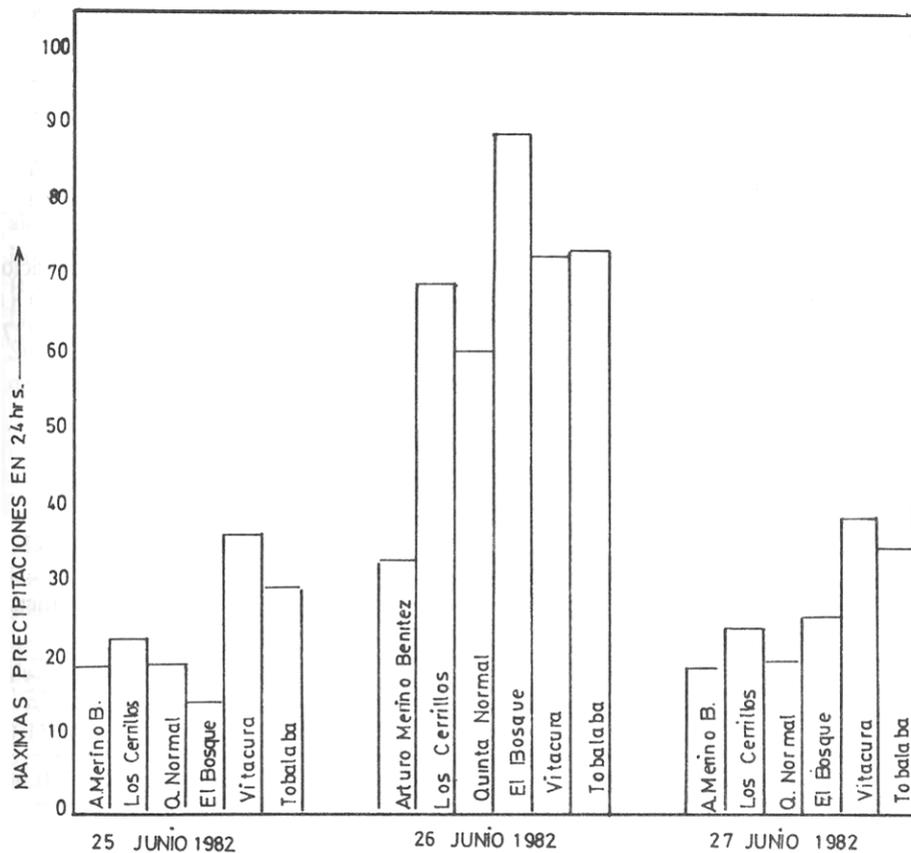
Si analizamos los valores tabulares que se dan a continuación, podemos establecer que las precipitaciones medidas en las localidades de Pudahuel, Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque, Tobalaba y Vitacura, durante el día 25 de junio de 1982, potencialmente gestaron el inicio de la saturación pluvial del suelo natural. Las acciones de los sistemas frontales llegaron a tal intensidad que el día 26 de junio, en un período de menos de 24 horas, alcanzaron valores en Pudahuel: 33.8 mm; Quinta Normal: 61.2 mm; Los Cerrillos: 70.2 mm. y Tobalaba: 74.0 mm, respectivamente.

Las masas de aire tropicales marítimas (Tm) que caracterizaron la acción frontal, determinaron que las temperaturas en las zonas precordilleranas andinas fueron sobre cero grado Celsius, lo que influyó que las nevadas fueran escasas. La lluvia y el derretimiento de las nieves aumentó los caudales de los afluentes tributarios del Río Mapocho y el aumento de los caudales de los Canales de Las Perdices y San Carlos, con las consecuencias que se indican:

- Deterioro del suelo natural.
- Deterioro de las viviendas.
- Deterioro de las obras de arte.
- Deterioro de la agricultura.
- Deterioro de los bosques naturales.
- Deterioro del paisaje cultural y áreas verdes.

Las precipitaciones continuaron el día 26 de junio 1982, y el 27 de junio disminuyeron de intensidad debido al desplazamiento de los sistemas frontales hacia el Este, cuya manifestación lo indican los valores pluviales: Pudahuel: 19.8 mm; Quinta Normal: 20.2 mm; Los Cerrillos: 24.6 mm; El Bosque: 26.3 mm; Vitacura: 39.2 mm y Tobalaba: 35.4 mm.

**MAXIMAS PRECIPITACIONES EN 24 hrs. DIAS 25, 26 y 27 JUNIO 1982
EN LOS OBSERVATORIOS DE: A. Merino B., Los Cerrillos, Q. Normal,
El Bosque, Vitacura, Tobalaba**



REFERENCIA ESTADÍSTICA I. DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE. Precipitación máxima en 24 hrs. DÍAS 25, 26 y 27 JUNIO 1982

II. DATOS EN VITACURA: proporcionados por meteorólogo SR: KARL SCHANZ. período 25, 26, 27 JUNIO 1982

LEYENDA

□ : MAXIMAS PRECIPITACIONES EN 24hrs.

De acuerdo a los valores tabulares, de la variable precipitación, se comprueba que durante los tres días de precipitación los valores acumulados fueron: Pudahuel (Aeropuerto Internacional A. Merino B.): 73.1 mm; Quinta Normal: 106.8 mm.; Los Cerrillos: 118.0 mm; El Bosque: 130.9 mm; Tobalaba: 139.0 mm; y Vitacura: 149.6 mm.

Si eventualmente hubiera continuado precipitando por un período de 6 horas aproximadamente, la catástrofe habría sido de imprevisibles consecuencias, no sólo para los sectores de Ñuñoa y La Reina, que fueron los más afectados junto con Vitacura, sino que para todos los sectores colindantes.

Si durante el proceso pluvial se hubiera producido un sismo de intensidad moderada a fuerte en la zona precordillerana andina central y cordillera de los Andes, podría haber generado una avalancha de barro, lodo y piedras que habría afectado, de preferencia, los sectores en estudio y podría haberse extendido a los sectores de Vitacura, Las Condes, Providencia respectivamente, deteriorando el entorno y de una magnitud imposible de cuantificar.

Sin tratar de magnificar este análisis, y sólo tomando como base las informaciones preliminares, se estableció que en la comuna de Ñuñoa, los damnificados ascendieron a una cantidad superior a 2.000 personas y los daños superaron los \$ 32.000.000 a la fecha (27 de junio de 1982).

**VALORES TABULARES DE LA VARIABLE AMBIENTAL:
PRECIPITACIONES (PERIODO: 25 AL 27 DE JUNIO DE 1982)**

Observatorio	A. Merino	Q. Normal	Los Cerrillos	El Bosque	Tobalaba	Vitacura
LATITUD	33-23'S.	33-27'S	33-30'S	33-34'S	33-27'S	33-22'S
LONGITUD	70-47'O	70-42'O	70-42'O	70-42'O	70-41'O	70-31'O
N.M.M	474 m	520 m	518 m	580 m	654 m	710 m

**PRECIPITACIONES
(mm)**

25 de Jun.	19.5 mm	25.4 mm	23.2 mm	15.1 mm	29.6 mm	36.9 mm
26 de Jun.	33.8 mm	61.2 mm	70.2 mm	89.5 mm	74.0 mm	73.5 mm
27 de Jun.	19.8 mm	20.2 mm	24.6 mm	26.3 mm	35.4 mm	39.2 mm
TOTALES	73.1 mm	106.8 mm	118.0 mm	130.9 mm	139.0 mm	149.6 mm

De acuerdo al perfil de Costa a Precordillera, podemos comprobar, fehacientemente, un aumento progresivo de las precipitaciones, desde PUDAHUEL (Aeropuerto A. Merino B.) hacia TOBALABA y VITACURA, prácticamente duplicando hacia el sector Tobalaba y Vitacura.

REFERENCIA: Datos proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile, Fuerza Aérea (A. Merino B., Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque y Tobalaba).

*Datos proporcionados por el meteorólogo Sr. Karl Shanz Z. (Vitacura).

De todo lo anteriormente expuesto debemos de sacar algunas enseñanzas y recomendaciones.

ENSEÑANZAS

- Imprevisiónes en la planificación y localización poblacional.
- No encauzamiento del río Mapocho y canales periféricos.
- Aglomeraciones urbanas, en suelos de fácil saturación pluvial sin considerar la cubierta, tipo, grado y dirección de la pendiente de los suelos naturales.
- Fallas en las escasas defensas fluviales.
- Carencia de alcantarillado adecuado para el escurrimiento de la pluviosidad, paralelo al alcantarillado tradicional.
- Erosión de terrenos agrícolas, por el barrido de las capas vegetales.
- Bocatomas y compuertas defectuosas.
- Deficientes sistemas de drenaje por una inadecuada limpieza.
- Subestimación de los datos pluviométricos que datan desde el año 1866 adelante, y deficiente aplicación de los mismos en la planificación territorial urbana.

RECOMENDACIONES

Los temporales de precipitaciones y vientos, con una duración superior a 48 horas —inicio viernes 25 de junio, 19 horas, y término, domingo 27 junio, 19 horas— naturalmente deberían de volver a repetirse con menor, igual o mayor intensidad y duración en un período cercano, mediano o lejano en invierno, ya que es materialmente imposible por ahora, establecer “ciclos pluviales”.

A nuestro juicio podemos fijar los siguientes criterios:

- Período cercano : 1 a 5 años
- Período mediano : 5 a 10 años
- Período lejano : 10 a 15 años

Para materializar estas ideas, se recomienda:

- Diseñar un sistema de pronósticos especiales integrado y único de predicción de precipitaciones de la precordillera y cordillera de los Andes centrales.
- Instalación, operación, mantenimiento, control diurno y nocturno de una red pluviométrica y nivométrica con instrumental automático y convencional en forma unificada.
- Recolección diurna y nocturna (24 horas del día) de la data, junto con la información sinóptica.
- Creación de un “Centro de Procesamiento, análisis e investigaciones de los Datos”, alimentando la información procesada a un “sistema de modelo de predicción computarizada”, con el propósito de emitir pronósticos de precipitaciones con 24 horas de anticipación en la zona de interés, y desarrollar investigaciones aplicadas. El pronóstico puede ser actualizado con 12 ó 6 o menor número de horas, de acuerdo a la situación meteorológica que se desarrolle, para la oportuna toma de decisiones de las autoridades competentes.

Esquema del diseño:

- Red Pluviométrica automatizada, en la precordillera y cordillera de los Andes centrales en forma centralizada.
- Red sinóptica automatizada.
- Red microclimatológica.

- Personal de meteorólogos y observadores con experiencia.
- Centro de procesamiento y análisis de datos. Sede: Dirección Meteorológica de Chile.
- Predicción de precipitaciones: precordillera andina central y cordillera de los Andes centrales.

24 horas de anticipación. Alerta lejana.

6 horas de anticipación. Alerta mediana.

3 horas de anticipación. Alerta inmediata.

Difusión de las predicciones a través de sistema computacional cuyo centro de difusión debería estar en la Dirección Meteorológica de Chile (Santiago) con enlace:

- Oficina Nacional de Emergencia (Santiago).
- Ministerio del Interior.
- Ministerio de Obras Públicas.
- Otros.

ANEXO "B"
TABLAS ESTADISTICAS

VALORES TABULARES DE LAS VARIABLES AMBIENTALES

1. VIENTOS DE SUPERFICIE PREDOMINANTE

	Qta. Normal	Los Cerrillos	El Bosque	Sn. Bernardo	Tobalaba
Dirección	Sur-Oeste	Sur y Sur-Oeste	Sur-Oeste	.....	Sur-Oeste
Velocidad	4 nudos	6 nudos	8 nudos	.....	6.5 nudos
Viento Máx:					
Dirección	Norte	Oeste	Oeste	.....	Nor-Oeste
Velocidad	25 nudos	35 nudos	50 nudos	.....	50 nudos

2. TEMPERATURAS AMBIENTALES

Valor Medio de las Temp. Máx. Diarias (Máx. \bar{T}_x)	22.0°C	21.8°C	21.5°C	.....	21.9°C
Valor Medio de las Temp. Mín. diarias (Máx. \bar{T}_n)	7.8°C	8.4°C	8.3°C	.....	7.8°C
Valor Medio de las Temp. Medias Diarias (Men. \bar{T})	14.2°C	14.1°C	14.1°C	.....	11.0°C
Valor Mín. abs. entre todas las Mín. Diarias (Mín. T_n)	-4.6°C	-2.5°C	-3.8°C	.....	-3.0°C
Valor Máx. abs. entre todas las Máx. Diarias	36.3°C	35.6°C	34.8°C	.....	35.6°C
\bar{X} 10 años \bar{T} 8 h.	.....	10.2°C	10.4°C	.....	11.1°C
\bar{X} 10 años \bar{T} 14 h.	.....	20.3°C	19.9°C	.....	20.4°C
\bar{X} 10 años \bar{T} 20 h.	.....	15.2°C	16.1°C	.....	16.3°C

3. NUBOSIDAD

\bar{X} 10 años	4.1 Octavos	3.1 Octavos	3.2 Octavos	3.0 Octavos
-------------------	----------------	----------------	----------------	-------	----------------

4. HUMEDAD AMBIENTAL

\bar{X} 10 años	66%	68%	66%	64%
-------------------	-----	-----	-----	-------	-----

5. PRECIPITACIONES

\bar{X} 10 años	366.8 mm	330.8 mm	386.5 mm	324.6 mm
-------------------	----------	----------	-------	----------	----------

6. PRESION ATMOSFERICA AL NIVEL DE LA ESTACION

\bar{X} 10 años	955.4 mbs.	955.9 mbs.	950 mbs.
-------------------	------------	------------	----------	-------	-------
