

5554

Cli. Hid. 2

*ESTUDIO  
DE  
CARACAS*

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
COMITÉ NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

---

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Estudio de Caracas

DISCURSO DEL DOCTOR RODOLFO QUINTERO  
COORDINADOR GENERAL DEL ESTUDIO DE CARACAS

Caracas, 1968

ESCUELA DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Autoridades universitarias

Señores Profesores y Estudiantes

Señores:

Culminamos hoy nueva y constructiva jornada en el proceso creador de una obra científica que por su forma y su contenido marca el comienzo de una etapa distinta a las anteriores. Un estilo diferente: el relevo del sistema de investigación artesanal, realizada por individualidades, por la investigación masiva, producto del trabajo por equipos, de carácter multidisciplinaria e interdisciplinaria, como lo exige el desarrollo y la complejidad de la ciencia y la tecnología modernas. Trabajo experimental necesariamente, porque el Estudio de Caracas, atacado por los tradicionalistas, por gentes de mentalidad estática y proceder esquemático que sobreviven, -en número no pequeño por cierto-, en las propias entrañas de nuestra Universidad y fuera de ella, se hace por primera vez a lo largo de la historia de esta institución y de la historia de la investigación científica en Venezuela.

Trabajo experimental exitoso podemos decir con firmeza y responsabilidad, por cuanto el Estudio de Caracas ha terminado en lo que a su elaboración científico-técnica se refiere; pasó de la categoría de proyecto a la de obra, que irá llegando al público en la medida que la Imprenta Universitaria, tan útil por su producción impecable, lo vaya transformando en volúmenes. Es satisfactorio y oportuno anunciar que los siete centenares de investigadores que laboramos a diferentes niveles en el Estudio de Caracas y los millares de estudiantes que nos acompañaron como auxiliares, hemos concluido, realizando los

planes trazados en un tiempo que puede estimarse en el 60% del calculado inicialmente. Estableciendo comparaciones, tanto de carácter cuantitativo como cualitativo -es decir teniendo en cuenta la amplitud y la profundidad de la obra y el tiempo invertido en su construcción- el Estudio de Caracas es una obra record, y esto nos agrada señalarlo porque ese record no lo ha establecido una persona, tampoco un grupo. Sino la Universidad Central de Venezuela, nuestra patria para la cual trabajamos con fé, con esperanza y sin caridad frente a sus enemigos que lo son igualmente del progreso y la libertad.

El Estudio de Caracas evidencia un cambio de la situación del trabajador científico: la actividad científica entre nosotros adquiere ya carácter colectivo, masivo. En general sus éxitos y descubrimientos comienzan a ser alcanzados no por los esfuerzos de científicos aislados que actúan en las tradicionales condiciones propias de las profesiones liberales, sino mediante el trabajo organizado de colectividades de investigadores que coordinan sus esfuerzos individuales en torno a la solución de una tarea conjunta. Está apareciendo entre nosotros un nuevo tipo de científico: el científico colectivista. En nuestra sociedad se está configurando la unidad de la ciencia y el trabajo como rasgo característico fundamental del presente nivel de sus fuerzas productivas.

Es hora de comprender en las universidades y demás centros de estudios superiores que la nueva misión de la ciencia es la expresión de los potenciales sociales de la producción

contemporánea, que el cambio de su función social tiene el carácter de avance, de transformación revolucionaria en el sentido serio y respetable del término.

El trabajo científico, al igual que los demás trabajos, sólo puede llevarse a cabo con éxito si la situación social y las condiciones de trabajo de los hombres de ciencia son tales que permitan a éstos sentirse asegurados y así lograr los máximos resultados de que son capaces. Una de las manifestaciones de ello la constituye el reconocimiento de su labor. Si se hallan ausentes las condiciones y posibilidades peculiares para la realización del trabajo científico se corre el peligro de que éste degenerare hasta convertirse en estéril rutina, provocando un sentimiento de decepción, tan corriente hoy en la actividad científica. El hecho de que los trabajadores científicos exijan ciertas condiciones especiales se basa en el carácter especial de su labor y no en una falsa idea de superioridad intelectual o de que presten a la Humanidad mayores servicios que el resto de los trabajadores. Es bueno decirlo en este sitio y en este momento, porque cuando de distribución del presupuesto universitario se trata, parece no existir claridad al respecto; la visión de los distribuidores en algunas Facultades es limitada, tiene dos siglos de atraso.

El hecho de que el Estudio de Caracas se encuentre en su fase final y que la investigación tenga carácter de experiencia, hace posible la elaboración de formulaciones, si se dice conclusiones, también se hace buen uso del término: 1).- En el estudio participan profesionales y estudiantes con la piel de colo-

res diferentes, de variadas posiciones sociales, de ambos sexos con iguales posibilidades de contribuir al progreso científico; 2).- Hay hombres y mujeres jóvenes y maduros. El promedio de edad de los investigadores no pasa de 35 años, uno de los más bajos de América Latina y del mundo, que asegura el futuro de la actividad científica de nuestra Universidad; 3).- Veteranos en el campo de la ciencia, experimentados y prestigiosos científicos por razones de organización, han aceptado la coordinación de sus trabajos por parte de jóvenes egresados de nuestras aulas, y éstos han aprendido con aquéllos veteranos. La edad, el sexo, el prestigio, la autoridad, considerados aisladamente no han sido factores determinantes del éxito. Este proviene de haber entendido que la ciencia se utilice para servir al bienestar natural. Que el Estudio de Caracas sea una obra útil a la colectividad venezolana y a las colectividades de estudiosos extranjeros.

El Estudio de Caracas -lo destaco con sano orgullo y nacionalismo bien entendido- ha sido en su totalidad hecho en Venezuela, los datos producidos por las investigaciones fueron manejados en nuestro país; la Universidad dispone de programadores e instalaciones de máquinas de cálculos suficientes para la realización en este campo, de labores de alto nivel. Ni una sola de las noticias obtenidas por los investigadores se ha ido al extranjero para ser procesada por técnicos extranjeros y posiblemente con intenciones también extranjeras; ni uno solo de nuestros investigadores ha pasado temporadas en países extraños sometiendo a la consideración de foráneos el reflejo de la dinámica de la vida social de Caracas. Estamos satisfechos de que haya sido así. Porque se ha

mostrado que nuestra Universidad dispone de recursos humanos y materiales que permiten la realización de importantes estudios, sin comprometer la independencia científica indispensable. Y establecido que no tiene justificación buscar afuera una ayuda que pueden darnos nuestros compatriotas.

Hoy entregamos al señor Rector y demás autoridades universitarias tres obras comparables y aún superiores en sus géneros respectivos a las elaboradas hasta ahora en el nuevo y el viejo continente. A ellas se deben referir en sus intervenciones la Profesora Angelina Lemmo, Directora del Instituto de Antropología e Historia y la Profesora María Acosta de Crema, Coordinadora del Volumen y del Atlas Climatológico e Hidrológico que entran en circulación. El lector común y el estudioso podrán apreciar el esfuerzo realizado en distintos sentidos e informarse de una verdad que todavía algunos se resisten a divulgar: En la Universidad Central de Venezuela es indudable, hay muy buenos trabajadores científicos, capacitados para grandes realizaciones si se les rodea de lo indispensable. Juzgamos necesario crear conciencia de la existencia de ese capital humano sin incurrir en la sobre-estimación y sus manifestaciones más corrientes y peligrosas: la autosuficiencia y el olvido que junto con los sabios y los trabajadores convive buen número de gentes que devengan sueldos de muchos ceros mientras que en su obra abundan igualmente los ceros. Decir esto puede crearme problemas, disgustar a más de uno, pero es deshonesto callarlo cuando se les enfrenta a obras serias profundas, respetables como las que entran en circulación ahora. Lo planteo con finalidad constructiva, con deseo de hacer universidad. El Estudio de Caracas demuestra que todos podemos trabajar y trabajar bien, cualquiera sea la

ideología, militancia partidista, etc. En nombre de esa experiencia llamo a superar unidos las deficiencias académicas que nos perjudican.

Dr. Jesús M. Bianco, Rector de la Universidad Central de Venezuela, hace dos años cuando muchos dudaron, Usted creyó en un equipo de universitarios que iniciaba una experiencia. Las entregas hechas, las que hacemos ahora, y las que haremos próximamente, muestran que no se equivocó. Gracias señor Rector por haber creído en nosotros. Gracias y adelante en pro de la ciencia, con la bandera en alto de la Universidad democrática, popular y autónoma.

RODOLFO QUINTERO

Caracas, 1968

RQ/my

ARTURO KLANKE

Quinta La Chicharra  
Calle B 197 - Urb. L s Marias  
El Hatillo - Edo. Miranda

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Estudio de Caracas

ATLAS CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO  
DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL VALLE  
DE CARACAS

MEMORIA

(separata del Atlas en proceso de impresión)

Prof. Roberto J. Alvarez  
" Fernando Key Sánchez  
" Arturo Klanke  
" Angel A. Guerra  
" Rafael Convit

Presentado a la V Conferencia Técnica de Huracanes y  
Meteorología Tropical

Caracas: noviembre 1967

159 páginas  
101 mapas  
72 diagramas  
5 tablas y listas  
5 Folios

ARTURO KLANKE  
Quinta La Chicharra  
Calle B 197 - Urb. L. s. Marias  
El Hatillo - Edo. Miranda

## INTRODUCCION

Dentro del Estudio de Caracas, realizado por la Universidad Central de Venezuela en homenaje al Cuatricentenario de la capital, se han analizado los diferentes aspectos del clima y la hidrología de su cuenca hidrográfica para formar el presente Atlas.

Un numeroso equipo de profesores, profesionales y técnicos auxiliares especializados en la materia, han recopilado al máximo la información disponible, compilada a través de los años por los diversos servicios hidrológicos, meteorológicos y climatológicos existentes en el país, así como los obtenidos por servicios y personas particulares; ha recabado y observado por sí mismo información complementaria indispensable; y la ha sometido toda, en conjunto, a un detenido proceso de depuración, computación, análisis y presentación gráfica a los fines de divulgación.

En la presente memoria se describirá ordenadamente el contenido del Atlas, la información utilizada para el estudio de cada aspecto, la metodología empleada en el análisis de cada elemento, las características de la

presentación gráfica del resultado de los estudios efectuados y las principales conclusiones que surgen de ellos en cada caso. En boletines sucesivos de la UCV., especialmente de sus Facultades de Ingeniería y de Agronomía, se publicará el detalle de la estadística compilada y de su procesamiento para cada uno de los aspectos estudiados.

#### Delimitación de la Cuenca estudiada

La Gran Caracas está situada, en lo fundamental, dentro de la cuenca del río Guaire, tributario del río Tuy, el cual vierte sus aguas al Mar Caribe. Se entiende aquí por "Gran Caracas" toda la Zona Metropolitana ubicada políticamente dentro del Departamento Libertador del Distrito Federal y del Distrito Sucre del Estado Miranda.

De dicha Zona Metropolitana, solamente el sector Noroeste, constituido por la parte Oeste de la Parroquia de la Pastora y por la Parroquia Sucre, están fuera de la cuenca del Guaire y drenan a la Quebrada de Tacagua de la vertiente del Litoral. También algunas urbanizaciones sub-urbanas - como la Miranda, Turumo y partes de Oripoto y los Guayabitos están situados fuera de la cuenca del Guaire.

Con las observaciones hechas, se tomó como base geográfica para el estudio realizado, la cuenca del río Guaire desde sus cabeceras hasta la confluencia de dicho río con la Quebrada de El Hatillo. Dentro de dicha

cuenca está comprendida más del 90% de la Gran Caracas.

La cuenca así definida está delimitada por el Norte por su parteaguas o divisoria que la separa de la vertiente del litoral Guaireño; por el Oeste y el Sur por el parteaguas que la separa de la cuenca del Alto Rio Tuy y por el Este con los parteaguas que la separan de los afluentes inferiores del propio rio Guaire y de la cuenca del rio Guarenas-Guatire-Grande, tributario del Ba jo Rio Tuy. La cuenca del Guaire así delimitada tiene un área de drenaje - de 652 Km<sup>2</sup> y está comprendida entre las longitudes 66° 45' y 67° 10' W y entre las latitudes 10° 18' y 10° 33' N. Su altitud está comprendida entre - los 2470 y los 720 m.s.n.m., estando su centro de gravedad a los 1200 m. s.n.m. Dentro de dicha cuenca están incluidas también la ciudad de Los Te ques y varias cabeceras de municipio del Distrito Guaicaipuro del Estado Mi randa.

#### Fuentes de información.

La información utilizada abarca la obtenida en 64 estaciones meteo-rológicas o climatológicas y en 24 estaciones hidrométricas ubicadas, en su gran mayoría, dentro de la cuenca estudiada y el resto en sus proximidades inmediatas. El grupo de trabajo que elaboró el Atlas tomó, además, por sí mismo, información complementaria indispensable, especialmente en lo rela tivo a la ubicación exacta, planimétrica y altimétrica, de las estaciones y en lo relativo a las jornadas microclimatológicas de que se tratará más ade- lante.

Las estaciones utilizadas pertenecen y son operadas por: la División de Hidrología y Meteorología del Instituto Nacional de Obras Sanitarias; los Servicios de Meteorología de la Comandancia General de la Marina y de las Fuerzas Aéreas Venezolanas dependientes del Ministerio de la Defensa; la División de Hidrometeorología del Ministerio de Obras Públicas; el Servicio de Meteorología Agrícola del Ministerio de Agricultura y Cría; la Electricidad de Caracas; y por algunos particulares. En el Atlas se dan las características geográficas, la extensión del período registrado, el tipo de observaciones practicadas y la entidad a que pertenece, para cada una de las estaciones utilizadas.

Es preciso dejar constancia de que todas las entidades y servicios mencionados dieron las más amplias facilidades y la mejor colaboración para que sus registros pudieran ser recopilados y aprovechados por el grupo de trabajo de la Universidad Central de Venezuela.

También se han utilizado algunos estudios sobre aspectos parciales realizados con anterioridad por otras entidades o personas, haciendo la referencia debida en la carta o gráfico donde ellos se presentan en el Atlas. De este modo se evitó duplicaciones de trabajo y se reconoció y dió el crédito debido a las personas o entidades que han laborado sobre la materia con anterioridad.

### Objetivos del estudio y del Atlas

El Estudio Climatológico-Hidrológico de la Cuenca Hidrográfica del Valle de Caracas y el Atlas que lo presenta, ha tenido como objetivo fundamental el de cubrir este aspecto indispensable en el Estudio de Caracas que adelantaba la Universidad Central de Venezuela.

Dentro de este objetivo general, el estudio climatológico-hidrológico y el Atlas producido han tenido desde su inicio el objetivo específico de recopilar y procesar al máximo la información existente sobre la materia en los diversos servicios oficiales y privados para ponerla a disposición del público que necesita utilizarla en una forma concentrada, accesible y manejable. Por ello, aunque todo el procesamiento ha sido hecho con el máximo rigor científico posible, se han presentado sus resultados en la forma gráfica de un Atlas en cuyas cartas o histogramas cada interesado podrá encontrar con facilidad la temperatura o la humedad o la precipitación o cualquier otro dato climatológico e hidrológico que necesite, para el lugar de la cuenca que requiera, tanto en sus valores medios anuales como en sus valores extremos y en su fluctuación a través del día, de los meses o de los años.

### Partes de que consta el Atlas y contenido de ellas

El Atlas contiene, aparte de ésta, su propia memoria y su índice, la Bibliografía y Documentación, en la cual se da detalladamente la lista de todas las publicaciones, trabajos, anuarios y boletines, utilizados en alguna

forma en el estudio, así como la de toda la información, total o parcialmente inédita, que se tomó directamente de sus fuentes, de los archivos de los servicios meteorológicos, climatológicos e hidrológicos; y luego comienza el Atlas propiamente dicho que está dividido en las 3 partes que se enumeran a continuación y cuyo contenido se detalla más adelante:

- I. Aspectos climatológicos
- II. Aspectos microclimatológicos
- III. Aspectos hidrológicos.

## ASPECTOS CLIMATOLOGICOS

Al comenzar esta parte se da la tabla de características de las estaciones utilizadas, su ubicación geográfica en la carta de la cuenca delimitada por su divisoria de aguas y los gráficos de incremento cronológico de las estaciones existentes por tipos y por entidades a que pertenecen (pág. 3 a 6).

Se pasa luego a las cartas y gráficos que contienen sucesivamente el resultado del estudio de cada elemento del clima.

Tales cartas y gráficos siguen, en lo general, una secuencia sistemática en todos los casos en que la información básica fue suficiente para permitirlo.

A los elementos climáticos que son observados solamente en pocas estaciones de la cuenca se les da un tratamiento especial, también sistemático en lo posible, adecuado a la cantidad y calidad de los datos básicos respectivos.

La secuencia sistemática y general contiene las siguientes cartas y gráficos para cada elemento climático:

a. Carta de isolfneas de valores anuales medios del elemento en referencia.

b. Cartas de isolfneas de valores máximos y mínimos anuales.

c. Cartas de isolfneas de valores mensuales medios, máximos y mí  
nimos, correspondientes a los meses más caracterfsticos. Dichos meses -  
son los de: enero y julio, usados tradicionalmente en los Atlas Climatológi-  
cos por corresponder en el Hemisferio Norte, en general, a las épocas de mí  
nima y máxima recepción de radiación solar respectivamente y, por consi -  
guiente, de mínima y de máxima temperatura, cuyos fenómenos se presentan  
a raíz de los Solsticios de Invierno y de Verano. En el caso de Venezuela y  
de la cuenca del Valle de Caracas, situada en las proximidades del Ecuador,  
a solo  $10^{\circ}$  de latitud, y cuyo clima está fuertemente influenciado por el trán  
sito sobre su territorio de la Zona de Convergencia Intertropical, julio no es  
el mes de máxima temperatura debido a que es muy lluvioso y de cielo bas-  
tante cubierto, lo cual modifica sensiblemente el valor real de la radiación  
térmica recibida a nivel de la superficie terrestre. Debido a estas razones  
las mayores temperaturas medias mensuales se presentan en Venezuela gene  
ralmente en marzo, abril o mayo. La mínima humedad relativa media se pre

senta en el mes de marzo principalmente. Así, pues, a más de los meses - clásicos de enero y julio, se tomó el de marzo, que en el clima de la cuenca significa un mes de temperatura media muy cercana a la máxima, de humedad relativa mínima y de precipitación también mínima. Para completar, los períodos y los Equinoccios se agregó el mes de septiembre, que si bien no tiene una significación climática especial es, hablando en términos generales, un mes próximo a la fase final de la temporada de lluvias.

d. Histogramas mensuales, para las estaciones existentes o más características -según el margen de disponibilidad- de los valores medios, máximos y mínimos, agregándose en los casos en que fue posible, los máximos y mínimos absolutos dentro del período considerado.

e. En varios casos y aprovechando la existencia en la cuenca de la estación meteorológica y climatológica más antigua del país, el Observatorio Cajigal, que registra sistemáticamente datos desde 1890, se construyeron gráficos especiales basados en sus registros, como son histogramas anuales y mensuales de largo período y curvas de masa por diferencia y de promedios cabalgantes para mostrar las variaciones en ciclos extensos.

Tanto las cartas de isolíneas como los histogramas se refieren a períodos diversos que se indican en cada caso. La insuficiencia de la información disponible no permitió presentarla uniformada para períodos normales, sino en muy contados casos. Se ha procurado presentar, por lo menos, una

serie de cartas e histogramas para un lapso uniforme aunque corto, el de 5 años 1961-1965. Para algunos elementos se construyeron cartas e histogramas correspondientes a lapsos de 10 años (1956-1965) y de 15 años (1951-65). En unos pocos fue posible construirlos para períodos de 30 años (1946-1965) y para períodos normales (1901-1930, 1931-1960).

En otros casos solo fue posible construir cartas e histogramas relativas a lapsos de diversa extensión que se indican en el lugar correspondiente.

*Adriano Roberto Robilich*

#### A. Radiación solar

La información relativa a la radiación solar observada en la cuenca es la primera que se presenta en el Atlas, por referirse a la fuente básica de energía para todos los fenómenos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos.

Lamentablemente, la observación de este elemento solo se practica en muy pocas estaciones de la cuenca y sus registros son relativamente cor-  
tos.

En la página 7 del Atlas se indican los valores anuales medios de la radiación solar recibida al nivel del instrumento en las estaciones del Obser-  
vatorio Cajigal para el lapso 1961-66 y de La Carlota para el lapso 1964-66. Se acompañan también los valores de Maiquetía (1956-1966) para fines com-

parativos, ya que esta estación, si bien está fuera de la cuenca, dista sólo 10 Km. de ella y está prácticamente al nivel del mar.

Los registros indican un valor total medio en el Valle de Caracas del orden de 170.000 cal/cm<sup>2</sup>/año. En Maiquetía el valor sube a 184.000 cal/cm<sup>2</sup>/año. No se tienen datos de los sectores montañosos de la cuenca. Los histogramas muestran una recepción máxima de radiación en el mes de marzo con un valor medio de 16967 cal/cm<sup>2</sup>, una máxima de 17.763 y una mínima de 15.097, en el Observatorio Cagigal. En Maiquetía los valores son: medio 17.300, máximo de 19.800 y mínimo de 14.500 cal/cm<sup>2</sup>.

Los valores mínimos de la radiación total recibida se presentan en los meses de noviembre y diciembre, con un promedio en el Observatorio Caigal de 11.800 cal/cm<sup>2</sup> (nov.), un mínimo de 11.000 y un máximo de 13.600. En Maiquetía los valores son: medio 12.800 (nov.), mínimo de 11.200 y máximo de 14.000 cal/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a la variación de la radiación recibida a través del día se presentan los histogramas medios bihorarios según el registro del Observatorio Caigal para los meses de enero, marzo, julio y septiembre. Se puede apreciar en ellos que la máxima radiación se recibe entre las 12 y las 14 horas, con un valor de 123 cal. (0.98 cal/cm<sup>2</sup>/min) en enero, de 145 cal. en marzo, de 123 en julio; para el mes de septiembre el máximo ocurre entre las 10 y 12

12 horas con un valor medio de 126 cal. ( $1.05 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ ).

### B. Insolación.

Las horas de brillo solar directo, medidas con heliofanógrafo, son observadas en 4 estaciones de la cuenca; en el Observatorio Cagigal, Agua Fría, La Mariposa y La Carlota. En la pág. 8 se presentan sobre una carta de la cuenca, los totales anuales medios registrados, que tienen valores en el valle de 2873 horas/año en el Observatorio Cagigal; y de <sup>2676</sup> ~~2680~~ en La Carlota. Hacia las partes montañosas, la insolación anual disminuye a <sup>2148</sup> ~~2148~~ horas en La Mariposa y a <sup>1214</sup> ~~1713~~ horas en Agua Fría; lo cual significa un valor medio en el Valle de un 61.3% respecto a las horas de sol astronómicas y de un 39.2% en el sector montañoso de Agua Fría.

En los histogramas medios mensuales que aparecen en la página indicada, se puede apreciar que el mes de máxima insolación es el de marzo con un total promedio de 280 horas (76.2% del total astronómico) en el Observatorio Cagigal, y de 190 horas (51.7%) en Agua Fría.

La insolación mínima ocurre en el Observatorio Cagigal en el mes de mayo con un valor promedio de 210 horas (55.1%) y en Agua Fría en el mes de junio con un valor medio de 107 horas (28.5%).

Las máximas y mínimas absolutas registradas han sido las de 310 ho

ras (84.3%) en marzo en el Observatorio Cagigal y de 13 horas (3.7%) en el mes de noviembre en Agua Fría, respectivamente.

Los porcentajes se indican respecto a un horizonte al nivel del mar.

### C. Temperatura

Para este elemento del clima se dispuso de información algo más rica y de registros de mayor extensión provenientes de 14 estaciones ubicadas en la cuenca. Se desecharon los registros de un número similar de estaciones, operadas por particulares, debido a que los termómetros estaban colocados en lugares cubiertos, de acuerdo a sus necesidades y los datos no eran representativos de la temperatura ambiente.

En la página 11 del Atlas se presenta como carta principal en este aspecto la de isotermas medias anuales para el lapso 1951-1965. Esta carta muestra una extensa zona, correspondiente al valle propiamente dicho, donde la temperatura media es de 22-23° C. Muestra también, lógicamente, que el valor de las isotermas disminuye con la altura hacia los parteaguas Norte, Este y Sur de la cuenca, llegando en ellos a valores de 14 y 16° C como media anual. En la parte exterior, hacia el litoral guaireño, la temperatura aumenta hasta llegar a ser de 26.3° C en Maiquetía.

La variación de la temperatura a través del año se presenta en las -

cartas de is<sup>a</sup>ol<sup>o</sup>termas mensuales medias para enero, marzo, julio y septiembre (págs. 9 y 12) y en los histogramas de temperaturas mensuales medias, de las estaciones más características (pág. 13).

Las cartas de temperaturas medias en los meses característicos se presentan en la forma de isalotermas debido al pequeño margen de variación de este elemento climático de un mes a otro, que es de 6° C como máximo - lo cual determinaría cartas de isotermas mensuales muy poco diferenciadas. Dichas isalotermas indican las desviaciones de la temperatura media mensual con respecto a la temperatura media anual del lapso considerado (1951-1965). Así, aparece con desviaciones negativas, que llegan a ser de -3° C, el mes de enero más fresco; y con desviaciones positivas del orden máximo de + 3° C., los meses calurosos como marzo. Las isalotermas de enero indican, que las zonas de mayor enfriamiento relativo (-3° C) son: la cumbre de la Silla de Caracas y sus faldas (sector alto de La Florida, Altamira y Los Chorros); El Valle y Los Jardines, parte inferior de la subcuenca del Rio Macarao, El Junquito y sectores suburbanos al Sur de Los Teques. En el casco metropolitano el enfriamiento relativo de enero es de -1 y -2° C.

Las isalotermas de marzo indican mayor calentamiento relativo, de + 2 y + 3° C., en el sector montañoso de Los Castillitos-Los Meedores; en La Vega-La Yaguara-Carapita y algunos sectores de la cuenca superior del Rio San Pedro. En el casco urbano, la temperatura media de marzo es próxi-

ma a la media anual, comprendida entre desviaciones de  $-1^{\circ}$  C y  $+1^{\circ}$  C.

Los histogramas de la temperatura media mensual para el período de registro de 6 estaciones características, con indicación de las máximas y mínimas promedio y de las máximas y mínimas absolutas, muestran que la mayor temperatura media mensual se presenta generalmente en el mes de mayo y la menor temperatura media en enero. Las máximas absolutas se han registrado principalmente en marzo, aunque El Carite las presenta en mayo, y las mínimas absolutas principalmente en enero, aunque Agua Fría, El Carite y La Mariposa las presentan en febrero.

Los mayores rangos de variación ocurren en Macarao, entre los extremos de  $5.5^{\circ}$  C en la mínima y de  $39.5^{\circ}$  C en la máxima; y en La Mariposa entre los extremos de  $6^{\circ}$  C y de  $35^{\circ}$  C. El menor rango está en Altos de Pipe entre  $7.5^{\circ}$  C y  $28.0^{\circ}$  C. como temperaturas extremas registradas.

En las páginas 14 y 15 se presentan las cartas de isotermas máximas y mínimas para el lapso 1951-1965. En ellas puede apreciarse que en extensas zonas del Valle las máximas llegan a ser superiores a 35 y en algunas partes a  $40^{\circ}$  C, especialmente en los sectores de Petare, El Cementerio, La Yaguara-Carapita, parte inferior de la subcuenca del río Macarao y parte media de la del río San Pedro; y que en los sectores montañosos del Avila y Silla de Caracas y de El Junquito, dichas máximas se encuentran entre los

20 y 25° C. Las isothermas mínimas indican valores entre 9 y 10° en extensas zonas del Valle y de la parte media de las sub-cuencas de los ríos Macarao y San Pedro; y valores cercanos a cero grados en los sectores montañosos del Avila y de las cabeceras del río San Pedro.

En la página 16 se presenta un análisis especial del registro del Observatorio Cagigal para el período 1936-1966. En el histograma de temperaturas respectivo puede verse que las medias anuales han variado entre 20.4° C en 1938 y 22.3°C que la mínima absoluta ocurrió en 1945 con un valor de 8.6° C y la máxima absoluta en 1952 con un valor de 35.8° C. Dicho histograma muestra también que los mínimos absolutos y los mínimos promedios anuales han ido aumentando durante el período, lo cual indica una disminución de la amplitud de la oscilación media.

En las curvas de masa por diferencias y en la de promedios cabalgantes puede apreciarse que el lapso 1936-1950 es, salvo fluctuaciones secundarias, de enfriamiento relativo como tendencia general, con una tasa promedio de 0.2° C por debajo de la temperatura media de largo período, destacándose el sub-lapso 1942-1946 con una tasa promedio de 0.55° C por debajo de dicha media. Puede apreciarse, igualmente, que el lapso 1950-1964 es, salvo ondulaciones secundarias, de calentamiento relativo, con una temperatura superior en 0.22° C, como promedio, a la de largo período; destacándose el sub-lapso 1956-1961 con una temperatura media anual superior en -

0.56° C, como promedio, respecto a la de largo período. A partir de 1964 - parece haberse iniciado un nuevo sub-lapso de enfriamiento relativo. La curva de masas muestra, en conjunto, que de 1936 a 1966 la temperatura media ha aumentado en un 6% o sea, en 1.28° C.

#### D. Presión atmosférica.

Con relación a la presión atmosférica solo se dispuso de un registro largo, el del Observatorio Cagigal. Existen, además, unos registros cortos del Jardín Botánico (discontinuada) y de La Carlota.

El Observatorio Cagigal tiene registros de presión desde principios - de siglo pero los datos han sido tomados a horas diversas del día y en posi- ciones y alturas diferentes y no se ha hecho todavía la requerida evaluación y compensación. Debido a ello, se utilizó el lapso 1961-1965 durante el - cual las observaciones han sido practicadas de manera contínua y evaluadas para cada hora del día.

En la página 17 se presenta el barograma, mes por mes, del lapso - en referencia, pudiéndose apreciar en él que la fluctuación de la presión, - tanto de un año a otro, como de mes a mes es de un rango pequeño. La presión media anual sólo varió entre 899.5 y 900.1 mb. La presión media mensual que se indica en el histograma de la misma página 17 muestra una doble onda de pequeña amplitud con 2 máximos y 2 mínimos: el primer máximo en

enero con 900.3 mb, el primer mínimo en abril con 899,5; el segundo máximo en julio con 900,7, mayor que el de enero; y el segundo mínimo en octubre y noviembre con 899,0, también menor que el de abril.

La fluctuación de la presión a través del día se muestra en los histogramas medios horarios de enero, marzo, julio y septiembre. En ellos puede apreciarse que esta fluctuación es también una doble onda suave, que presenta un primer mínimo alrededor de las 04:00 horas; un primer y mayor máximo a las 10:00; un segundo y menor mínimo alrededor de las 16:00 horas; y un segundo máximo alrededor de las 24:00 horas. Puede apreciarse también que el mayor de las máximas presiones medias horarias se presenta a las 10:00 de marzo con un valor de 902,1 y el menor de los mínimos a las 17:00 de septiembre con un valor de 897,9 mb.

Los datos de presión se analizaron y se presentan como fueron registrados, al nivel de estación y no reducidos a 0°C a 45° de Latitud, y al nivel del mar, por el tipo de trabajo de que se trata.

#### E. Vientos

Para el estudio de este elemento del clima se dispuso del registro anemocinematográfico, tomado a 10 m sobre el suelo, del Observatorio Cajigal de 1937 a 1965, el cual adolecía de varias lagunas, mensuales y anuales, del

orden de un 30% del período total. Existen otros 2 ó 3 registros en la cuenca, de menor extensión, que no se alcanzó a recopilar y procesar.

Los datos de vientos del Observatorio Cajigal pueden considerarse bastante representativos de la circulación general en el casco urbano, por encontrarse cerca de su centro y sobre una colina despejada algo más alta que las edificaciones de la ciudad.

El análisis del registro del Observatorio Cagigal se muestra en los gráficos en las págs. 19 y 20. En el 1° se presentan las frecuencias anuales medias del viento proveniente de las diversas direcciones así como las velocidades medias en cada una de ellas. Puede apreciarse en este gráfico, que los vientos dominantes son los del SE en cuya dirección y en las vecinas del ESE y del SSE sopla el viento al 50,8% del año. En segundo lugar siguen, bastante atrás los vientos del NW y las direcciones vecinas del WHW y del NNW, de las cuales sopla el 18,6% del año. En tercer lugar, tienen importancia las calmas que ocupan el 16,9% del año, unos 62 días en total.

En lo relativo a la velocidad media, se puede apreciar que es relativa mente mayor la de los vientos del NW.

En la página 20 se presentan los gráficos de frecuencia y velocidad del viento para cada uno de los meses de enero, marzo, julio y septiembre. En ellos puede apreciarse, que en todos los meses, continúan siendo dominan

tes los vientos del SE y vecinos, siguiendo en segundo lugar los del NW y en tercer lugar las calmas. Sin embargo, es de observar, que en los meses (julio y septiembre en los gráficos) en que Venezuela se encuentra dentro de la Situación Ecuatorial, o sea, cuando la Convergencia Intertropical se encuentra generalmente al Norte del país, los vientos del SE (y sus vecinos) se hacen relativamente más importantes llegando a ocupar el 72,9% del tiempo - en julio y el 56,3% en septiembre y alcanzan mayor velocidad media llegando a ser de 4,66 m/s para los del SSE en julio. En cambio, cuando dicha Convergencia se encuentra al Sur del Valle de Caracas (en los meses de enero y marzo, en los gráficos), si bien continúan siendo dominantes los vientos del SE y vecinos, los vientos del NW y vecinos, así como las calmas, se hacen relativamente más importantes; en enero, los vientos del NW y vecinos ocupan el 22,7% y las calmas, el 21,5%; en marzo, los valores correspondientes son del 25,8% y el 13,9% respectivamente. En estos meses, los de mayor velocidad media son los del WNW y NW y vecinos, con valores de 4,85 y 4,60 m/s en enero y del SSE con 4,66 m/s en julio; siendo el mayor valor medio del año, dentro de los meses considerados el de 5,49 m/s para los vientos del WNW en el mes de marzo.

#### F. Precipitación

El elemento climático que se pudo estudiar con mayor detalle fue la precipitación, respecto a la cual se dispuso del mayor número de estaciones

de observación (64) y de registros más extensos. El Atlas contiene todas las cartas y gráficos de la serie para los 3 períodos de 1961-65 (5 años), 1951-65 (15 años) y 1931-60 (30 años). Contiene, además, varios estudios detallados del valioso registro del Observatorio Cajigal, de más de 70 años de extensión, del cual se utilizó el período 1901-66 para la construcción de histogramas mensuales y anuales de la precipitación registrada, así como las curvas indicativas del proceso de fluctuación a través del tiempo: la curva de masa por diferencias y la de promedios cabalgantes para lapsos de 10 años (páginas 21 a 48).

Las isoyetas construidas muestran la existencia de una zona de menor precipitación relativa, en la parte centro-oriental del propio valle, del orden de 700 mm anuales y zonas de mayor precipitación en las partes montañosas de la cuenca, en sus divisorias Norte, Oeste y Sur, donde alcanza a ser del orden de 1.200 y 1.300 mm anuales. Las máximas precipitaciones anuales están entre los 1.000 y 1.400 mm/año respectivamente. Y las mínimas entre 450 y 800 mm/año. Los histogramas mensuales indican la existencia de una temporada lluviosa, en los meses de mayo a noviembre, en la cual ocurre más del 80% de la precipitación anual y una temporada particularmente seca, en los meses de febrero, marzo y abril, en que cae menos del 10% de la precipitación anual.

Con cierta frecuencia, ocurren lluvias importantes ("nortes") en los meses de diciembre, enero o febrero ocasionadas por la llegada al litoral venezolano de masas de aire frío proveniente de las latitudes medias.

En lo relativo a la fluctuación de largo período de la precipitación anual, las curvas de masa por diferencia y de promedios cabalgantes calculados con el registro del Observatorio Cajigal, indican que el lapso 1904 a 1911 fue en general de lluvia superior a la media; el de 1912-1920 de lluvia deficiente; de 1921-1933 de excedencia; el de 1934-49 deficiente; el de 1950-1955 excedente y el de 1956-1966 deficiente. Dentro de estas tendencias generales de los lapsos hay, lógicamente, sectores de tendencia contraria que son acusados por inflexiones en las curvas, pero cuya importancia secundaria no alcanza a modificar la tendencia general indicada.

Se hizo un estudio especial, y se presentan en el Atlas las cartas respectivas (págs. 33 a 36), de la precipitación con un 50% de probabilidad, que es de gran interés para el aprovechamiento del agua, especialmente en lo relativo a su uso agrícola. En efecto, para el clima de la cuenca, la influencia de las lluvias de "nortes", que alcanzan magnitudes altas y suelen ocurrir con frecuencia de alrededor de 3 años, eleva considerablemente el promedio mensual de la precipitación para diciembre, enero y febrero. Estos promedios mensuales resultan, pues, "deformados" en lo que respecta al uso re

lativamente "seguro" (de al menos 50% de probabilidad) de este hidrometeoro. Para completar y ajustar este aspecto se estudiaron y se construyeron las isoyetas anuales y para enero, marzo, julio y septiembre de la precipitación con un 50% de probabilidad.

Se presentan también en el Atlas en la forma de perfiles pluviométricos (pág. 48), la variación de la precipitación con respecto al relieve del terreno, tanto en el sentido longitudinal como transversal de la cuenca.

Respecto a los colores con que se representan en las cartas las fajas de mayor o menor precipitación, se adoptó la convención siguiente: a partir de un nivel dado de equilibrio entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual o mensual, se indican las fajas sucesivas de excedencia relativa de precipitación en verdes, azules y violetas; y las fajas de deficiencia pluvial relativa en amarillos progresivamente tendiente a anaranjados cada vez más intensos. El nivel medio de equilibrio adoptado correspondiente al valor medio aproximado de la evapotranspiración potencial en la cuenca, fue el de 1.000 mm/año y de 80 mm/mes.

#### G. Humedad relativa

Este elemento climático es observado en unas 14 estaciones de la cuenca, cuyos registros tienen diferentes extensiones del orden de 17,15 o

menos años, con excepción del Observatorio Cajigal que pudo ser usado para el período normal 1931-1960.

En la página 49 se presenta una carta de isolfneas de la humedad relativa media anual en la cuenca, en la cual puede apreciarse que en una parte considerable del valle y de la zona urbana dicha humedad es del orden del 75% y que ésta aumenta hacia las partes altas, llegando a ser superior al 85% en la mayor parte de las divisorias.

En la misma página se presentan los histogramas mensuales de 8 estaciones características de la cuenca. En ellos se puede apreciar que la humedad relativa media alcanza sus mayores valores, superiores al 80%, en junio y julio, generalmente, y alcanza sus valores mínimos, comprendidos entre 70% y 80%, en el mes de marzo en casi todos los casos. Los máximos absolutos llegan al 100% o muy cerca en todos los meses, lo cual ocurre generalmente en las horas del amanecer. Los mínimos absolutos ocurren en los meses de la estación seca, especialmente en el mes de marzo, alcanzando valores cercanos al 10%.

#### H. Evaporación

Se dispone de unos 14 registros de evaporación de extensiones diversas observadas en sendas estaciones de la cuenca. Los datos procesados y

analizados para este estudio, son los observados en evaporímetros de interperie, tipo A del U.S.W.B., de cubeta de 1.22 m de diámetro.

En la pág. 50 se presenta una carta de isolíneas de la evaporación, - en la cual puede apreciarse que este elemento alcanza su valor máximo en el Centro y Este del Valle de Caracas donde llega a ser de más de 1.800 mm/año. Hay también sectores del mismo orden de evaporación en La Yaguara-Carapita y en Caricuao. En el sector de Los Teques y de Macarao, alcanza valores relativamente altos, de 1.600 mm/año. Hacia los parteaguas, el valor desciende rápidamente con la altura (correlativamente con el descenso de la temperatura y el aumento de la humedad relativa), hasta llegar a valores menores de 1.000 mm/año en la fila del Avila y en el sector del pico de Ño León.

En los histogramas mensuales de 8 estaciones características, que aparecen en la misma página, puede apreciarse que los mayores valores <sup>medias</sup> ocurren generalmente en el mes de marzo, cuando alcanza a ser de hasta 180 mm (casi 6 mm/día) en el Observatorio Cajigal y de 105 en zonas altas como la de Agua Fría; los menores valores ocurren en los meses de noviembre y diciembre, especialmente en este último, en que llega a ser de 110 mm en el Observatorio Cajigal y de 60 mm en Agua Fría.

Las máximas absolutas han llegado a ser del orden de 200 mm en el mes de marzo en las estaciones del Valle como en el Observatorio Cajigal y

de 135 mm en estaciones de montaña como la de Agua Fría. Las mínimas absolutas han ocurrido generalmente en los meses de noviembre y diciembre con valores de 77 mm en Cajigal y de 48 mm en Agua Fría.

### I. Evapotranspiración

No habiendo mediciones directas del consumo de agua por la vegetación, se calculó la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite para unas 9 estaciones de la cuenca. Con los resultados obtenidos se construyeron los histogramas mensuales y la carta de isolfneas medias que aparecen en la pág. 51.

En la carta puede apreciarse que en una apreciable zona del Valle y del casco urbano la evapotranspiración alcanza valores del orden de 1.150 mm/año. En los sectores de Macarao y de Los Teques alcanza también valores relativamente altos superiores a 1.000 mm/año. Hacia los parateguas montañosas, de mayor humedad y de menor temperatura, la evapotranspiración disminuye llegando a ser menor de 800 mm y aun de 700.

En los histogramas de 6 estaciones características, que aparecen en la misma página, se presenta la evapotranspiración mensual comparativamente con la precipitación respectiva. En ellos puede apreciarse que los mayores valores calculados resultan en el mes de mayo, generalmente, con magnitudes del orden de 98 mm para el Observatorio Cajigal y de 64 para Agua Fría.

Estos resultados son algo discrepantes de lo antes anotado con respecto a la temperatura y a la evaporación mensuales, respecto a cuyos elementos los máximos se presentan en marzo. La razón de esta discrepancia está en que el método de Thornthwaite se asienta sobre la temperatura y la longitud del día y deja de lado factores tan influyentes en la evapotranspiración como en la humedad relativa y la velocidad del viento.

Con respecto a los mínimos de la evapotranspiración calculada, aparecen en los meses de enero y febrero, con valores del orden de 60 mm en las estaciones del Valle y próximos a 50 en las de montaña, llegando a 48 mm en Agua Fría. Respecto a estos mínimos es de hacerse las mismas observaciones anotadas con respecto a los máximos.

En lo relativo al balance entre la precipitación y la evapotranspiración, puede apreciarse que en toda la cuenca dicho balance es negativo en los meses de diciembre a abril incluido y en algunos casos hasta mayo; y es positivo de junio a noviembre, acusándose excedencias grandes en Caurimare y Agua Fría y moderadas en las estaciones del casco urbano.

## J. Climas

Para el estudio de este aspecto se han construido climogramas para estaciones características y dos cartas de distribución geográfica de cli-

mas según los métodos de Koeppen y de Thornthwaite.

Los climogramas que se presentan en la página 52, han sido construidos sobre la base de los dos elementos que tienen mayor incidencia en el estar humano: la temperatura y la humedad relativa. En ellos puede apreciarse que en Agua Fría y Altos de Pipe el climograma se ubica todo el año dentro de temperaturas templadas, entre los 14 y los 17,5°C y humedades relativas medias comprendidas entre 74 y 86%, mientras que para las estaciones del valle se localiza entre los 18,5 y 23,5°C y humedades medias del 68 al 84,5%, siendo los climas relativamente más severos el de Macarao y el de INOS-La Paz (casco urbano).

#### Climas según la clasificación de Koeppen

En la página 53 se presenta la carta de climas de la cuenca construida sobre la base de los datos de 14 estaciones debidamente procesados a tal fin y se utilizaron para la extrapolación de valores, las cartas de isotermas medias, máximas y mínimas y las de isoyetas a que se ha hecho referencia antes. En dicha carta puede apreciarse que la mayor parte de la cuenca, alrededor de un 70%, tiene clima A.w.i.: tropical lluvioso, de sabana, con invierno (dic., enero, feb.) seco y poca variación de la temperatura (isotermal). Hacia las partes montañosas del norte de la cuenca, se presentan climas C.w.h., C.w.i., C.w.K., y C.w.K', templados, progresivamente más

frescos y más lluviosos y con poca variación de la temperatura.

Climas según la clasificación de Thornthwaite)

Para construir la carta respectiva que aparece en la pág. 54, se procesaron por el método del autor en referencia los datos de 14 estaciones de registros de diferente extensión, ya que sus limitaciones no permitió hacerlo para períodos uniformes, calculándose su evapotranspiración potencial y real, los déficits o excedencias de agua mensuales y los índices de humedad y aridez respectivos. Al igual que en el caso anterior se utilizó como referencia complementaria las cartas de isotermas, de precipitación, de evaporación y de evapotranspiración antes comentadas.

Como resultado del estudio se obtuvo la carta de climas en referencia. Puede apreciarse en ella que casi todo el valle tiene clima  $C_1.r. B_4$ : semi-árido, templado, con moderada deficiencia de agua en invierno y primavera (dic., ene., feb., mar., abr.) y casi nulo exceso de agua, con índice de aridez mayor de 16,6 y menor de 33,3. Hacia las partes montañosas, los climas se van haciendo más frescos, con menores déficits de agua en invierno (ene., feb., marzo) y mayores excedentes en verano (jul., ago., sep.) hasta llegar a ser en las filas del Avila y de Ño León,  $B_2.r. B_1$ : húmedo, templado, casi nula deficiencia de agua en invierno y moderado exceso en verano.

### K. Tormentas. Intensidades y frecuencias de lluvias máximas

Para el estudio de este aspecto se analizaron, por una parte, las lluvias máximas diarias registradas en los diferentes pluviómetros y pluviógrafos existentes en la cuenca; y, por la otra, las series de lluvias de intensidades máximas para diferentes duraciones seleccionadas de los registros pluviográficos. En lo relativo al primer aspecto se utilizaron estudios de compilación, depuración y selección de lluvias máximas diarias realizadas con anterioridad por la División de Hidroeteorología del MOP; y para el segundo aspecto se aprovechó el procesamiento regular de los registros pluviográficos realizado por la División de Hidrología del INOS.

#### Máximas lluvias diarias

En la cuenca se han registrado lluvias de hasta 153 mm en 24 horas en la Subida del Avila (17 de febrero de 1951), en cuya ocasión se recogieron 308 mm en 3 días: 15, 16 y 17, en la misma estación. En la misma oportunidad, en las proximidades de la cuenca, se registraron en Maiquetfa 193 mm y en Petaquire 185 mm en 24 horas. Según los datos del Dr. Röhl en la tormenta del 4 de noviembre de 1949, se recogieron 450 mm en 6 horas en El Infiernillo, en la vertiente del litoral de la Fila del Avila.

En lo relativo a la distribución geográfica de las mayores tormentas, o situaciones tormentosas, se estudiaron detalladamente las del 15-17 de fe

brero de 1951 y la del 20-21 de julio de 1961, respecto a las cuales se pudo obtener información algo más densa.

Situación tormentosa del 15-17 de febrero de 1951

Esta situación fue debida a la acción combinada de la entrada en el sector costero de una masa de aire frío proveniente del Norte y del deslizamiento del aire caliente sobre la masa fría estacionaria, dentro de cuya situación se desarrollaron al frente de la masa fría, fuertes turbonados e intensas precipitaciones, de mayor incidencia sobre el sector costero y severas repercusiones en sectores próximos como la cuenca del río Guaire.

En la pág. 55 se presenta la carta de isolíneas de la lluvia producida en la cuenca del río Guaire en dicha ocasión, construída hasta el punto que lo permitieron los datos disponibles. Puede apreciarse en ella que se produjeron precipitaciones mayores de 200 mm en las faldas del Avila y sector norte del área sub-urbana; y de más de 150 mm en el pico de Ño León y sus alrededores y de más de 100 mm en el Topo de los Espejos, en las cabeceras del río San Pedro. Junto a la carta se indican las curvas de masa de la precipitación en Subida del Avila, Chacaito, Topo de Los Espejos y Observatorio - Cajigal.

Esta situación tormentosa que determinó grandes crecientes y considerables daños en el litoral guaireño, produjo también una gran creciente del

rfo Guaire e inundaciones en varios sectores de Caracas , cuyo estudio hidrológico no pudo hacerse por insuficiencia de datos disponibles .

Situación tormentosa del 20-21 de julio de 1961

Esta situación y las precipitaciones consiguientes fueron determinadas por la influencia de las cortinas de agua y del ciclón "Anna" , principalmente , el cual se encontraba el 19 de julio a las 09:30 HLV a unos 490 km al NE del Valle de Caracas y el 20 de julio a las 07:30 HLV a unos 575 km al WNW de dicho valle , que se desplazaba según una trayectoria paralela al litoral venezolano .

En la carta de isolfneas de las precipitaciones producidas durante esta situación , la cual aparece en la página 56 , puede apreciarse que los centros principales de la lluvia estuvieron en los sectores de Cumbres de Curumo-Prados del Este , de La Floresta-Altamira y del parteaguas montañoso del SW de la cuenca . Estas lluvias , cuya mayor incidencia para el conjunto de la cuenca ocurrió el 20 de julio , ocasionaron la inundación de la Urbanización Las Mercedes y otros sectores urbanos y una gran creciente del Guaire , cuyo estudio hidrológico figura en la III parte del Atlas .

### Intensidades y frecuencias de lluvias máximas

Para cubrir este aspecto se analizaron las series estadísticas provenientes de 23 registros de pluviógrafos existentes en la cuenca. Estas series estuvieron constituidas por todas las lluvias, analizadas a intervalos de 15' hasta 120 minutos de duración, iguales o mayores a un mínimo estadístico adoptado, consistente en una curva (paralela a la clásica de intensidades máximas contra duraciones) que va de 10 mm en 15 minutos a 70 mm en 2 horas. Calculadas en estas series las probabilidades y frecuencias por el método de Hazen, se obtuvieron los valores que se indican en las págs. 57 y 58 del Atlas.

En la página 57 se presentan 2 cartas de isolíneas: una para lluvias de 60 minutos de duración y frecuencia de 1 vez en 25 años y otra para lluvias de la misma duración con un período de retorno de 50 años. En estas cartas puede apreciarse que los sectores donde son probables lluvias más intensas son: los de las faldas del Avila con intensidades del orden de más de 100 mm en 1 hora para período de retorno de 50 años; y los sectores montañosos de Baruta-El Hatillo-Cumbres de Turumo, de Carrizal-Altos de Pipe y de la dorsal entre las subcuencas del San Pedro y el Macarao, en todos los cuales son probables lluvias del orden de 75 mm en 1 hora cada 25 años.

En la página 58 se presentan para 9 estaciones características los gráficos de intensidad-duración de las lluvias máximas y para períodos de retorno de 1, 5, 15, 25 y 50 años. No se quiso extrapolar las curvas más allá de los años de recurrencia debido a que los registros pluviográficos utilizados son sólo de 20 años de extensión como máximo.

## II

### ASPECTOS MICROCLIMATOLOGICOS SU ENCUADRE DENTRO DE LA SITUACION SINOPTICA

En el área de la cuenca hidrográfica del Valle de Caracas y para los fines del Atlas se han efectuado algunos ensayos del estudio del microclima. Lo que se presenta en esta parte no pasa de tal categoría de ensayo. Sin embargo, en cada una de las jornadas microclimatológicas que se enumeran abajo se efectuaron 5.500 observaciones en la forma que se explica más adelante.

Se ha tratado de estudiar el estrato colindante con la superficie, desde el punto de vista de la climatología urbana, incluyendo perfiles de temperatura y humedad dentro de dicha capa. Como complemento, para situar al microclima en el clima dinámico, se relacionaron los valores obtenidos con los de las estaciones permanentes y para tener idea de su relación con la dinámica del "tiempo", se amplió el panorama presentando el encuadre de cada jornada dentro de la situación sinóptica general.

El espesor de la capa donde se sitúa el microclima según los autores modernos, no debe extenderse a más de 4 veces la altura de la cobertura natural o artificial. Se ha respetado en los análisis tal característica, salvo en lo relativo al encuadre de las jornadas climatológicas dentro de la situación sinóptica general.

El efecto del pavimento y la edificación en el microclima de la zona urbana, aparece en forma clara y lo muestra el análisis de las isalotermas e isalohigras.

En este trabajo no se ha entrado en el campo de la micrometeorología por no haberse dispuesto de instrumental adecuado para medir la turbulencia, transferencia de calor y otras fases de la radiación, ni fenómenos como el de la evaporación instantánea. Para el estudio de los aspectos en referencia se planificaron "4 Jornadas Microclimatológicas", en días y meses característicos del año 1966-1967. Se pudo realizar 2 de estas Jornadas: la del 23 de julio de 1966, correspondiente a la plena temporada de lluvias y la del 5 de noviembre de 1966, en la fase de salida de éstas. Estaban planeadas 2 más: una en la primera quincena de enero, en la época de temperatura más fresca del año; y otra en la segunda quincena de marzo, correspondiente a la época más seca en la cuenca; las cuales no se pudieron realizar debido al allanamiento que afectó a la Universidad Central de Venezuela en esos meses.

220 Folios perdidos

En las Jornadas Microclimatológicas realizadas, se practicaron lecturas cada media hora en todas las estaciones permanentes existentes en la Zona Metropolitana, desde las 5:30 hasta las 19:30 HLV de los días mencionados. Simultáneamente, 9 grupos móviles efectuaban lecturas de temperatura, humedad y viento a distancias no mayores de 500 m, a lo largo de 9 rutas pre establecidas de la Zona Metropolitana, que se indican en la página 61 durante el mismo intervalo de tiempo y, particularmente, a la hora del amanecer, al rededor de las 6:00, de mínima temperatura diaria y de mayor humedad relativa; de las 13:30 hora generalmente de la máxima temperatura y de la mínima humedad diaria; y alrededor de las 18:00 a la puesta del sol.

Las observaciones practicadas en las estaciones fijas y por los grupos móviles, se analizaron, correlacionándolas entre sí y con la situación si nóptica que existió para cada día de Jornada, y como resultado de dicho estudio se construyeron para cada Jornada las cartas y gráficos del Atlas que se exponen a continuación.

A. Jornada del 23 de julio de 1966.

Esta Jornada está comprendida dentro de la temporada de lluvias, para la cual toda Venezuela -con excepción del extremo Noroeste- se encuentra dentro de la Situación Ecuatorial. Para la fecha en referencia la circulación ecuatorial llegaba hasta el Norte de Venezuela, entrando en el Mar Caribe so

lamente entre los 66 y 69° de longitud. La inestabilidad del aire ecuatorial se manifestaba principalmente en el borde Norte de la Convergencia Intertropical y hacia la parte Este del país donde se formó una convergencia casi estacionaria dentro del Aire Ecuatorial. Las precipitaciones ocasionadas en dichos borde Norte y sector Este estuvieron acompañadas generalmente de tormentas eléctricas.

La parte del territorio venezolano que estaba fuera de dichas convergencias era dominada por una Alta Continental bien desarrollada que disminuía y casi eliminaba la actividad convectiva. En las horas de la noche de la Jornada en referencia disminuyó marcadamente la subsidencia en dicha Alta, ocasionándose también en esta área precipitaciones parcialmente acompañadas por tormentas eléctricas.

Antes de la fecha en consideración había penetrado hasta los 25° de latitud Norte, en el Golfo de México, un frente frío que se llegaba hasta la costa norte de Cuba, pero para el 23 de julio se había retirado y aparecía como un frente caliente. La circulación en la Troposfera, al Norte de Venezuela y hasta los 40° Norte, se desarrollaba en forma sumamente irregular y la Corriente de Chorro Subtropical no se presentaba en esos momentos.

En las págs. 65 a 71 se presentan las cartas sinópticas de superficie a las 00:00Z, 06:00Z, 12:00Z y 18:00Z, correspondientes a las 20:00,

02:00, 08:00 y 14:00, Hora Legal de Venezuela. Se presenta también la situación general de superficie a las 12:00Z (8:00 HLV) y las cartas de topografía de presión a los 400, 500, 700 y 850 mb, y especialmente la de 200 mb, para la misma hora. Todas estas cartas ilustran la situación existente y su evolución durante el día 23 de julio.

Variación topográfica y horaria de la temperatura y de la humedad durante la Jornada.

En las págs. 71 a 74 se presenta la distribución planimétrica de la temperatura y de la humedad a las 06:00 HLV del 23 de julio de 1966.

En la carta de isotermas, pág. 71, puede apreciarse que el casco urbano desde Catia hasta Petare y en La Vega se encontraba a una temperatura de 20° C mayor que el resto de la cuenca. Había una zona algo más caliente, a 21° C en Chacao-Las Mercedes. La zona de Los Teques-San Pedro aparece dentro de una isoterma de 18° C, relativamente más caliente que las áreas circundantes. Hacia las zonas montañosas de los parteaguas, la temperatura era menor llegando a ser de 12° en el Teleférico del Avila y de menos de 11° C en la Silla de Caracas.

La carta de isohigras (pág. 71) muestra que una parte considerable del casco urbano se encontraba con una humedad relativa del 85%, existiendo un sector con 80 % y menos en San Agustín Norte y Sur y parte de Las Acacias. En

la mayor parte de la cuenca, la humedad relativa estaba en el orden del 95 % y el 100%.

La distribución de la temperatura y la humedad en las secciones del Valle, muestran bolsones de aire relativamente más caliente en los sectores La Yaguara-Av. San Martín, Sabana Grande-Las Mercedes y La Carlota - Av. San Francisco según la sección longitudinal.

La sección transversal El Hatillo-Altamira-Cota 1000 muestra la existencia de un bolsón de aire relativamente más caliente entre 19°C y 20°C en el fondo del valle entre El Cafetal y la Plaza de Altamira; y otro bolsón, algo menos caliente, entre 18 y 19°C en las laderas que bajan de El Hatillo. La sección La Mariposa-Teleférico-Avila, muestra también dos bolsones de aire relativamente más caliente, uno a más de 20°C en el sector Ciudad Universitaria-Plaza Venezuela y otro con temperatura superior a 19°C en el sector El Valle-Los Jardines. Puede apreciarse, además, que dentro de los bolsones de aire relativamente más caliente la humedad relativa es menor que en las áreas circundantes y que, en general, la temperatura disminuye y la humedad relativa aumenta a medida que el relieve del terreno sube.

Debe advertirse que las secciones indicadas no corresponden a planos verticales exactos, sino a superficies verticales alabeadas cuyas trazas sobre el plano horizontal son las rutas seguidas en las observaciones móviles.

En la pág. 74 se presenta una carta de isolíneas de la tensión del vapor a la hora y fecha en referencia. Puede apreciarse en ella que, en concordancia con lo anotado respecto a la temperatura y humedad, los sectores de mayor tensión con valores de 17 y 18 mm/Hg, se encuentran en el casco urbano: sector central, Sabana Grande-Plaza Venezuela y Altamira-La California.

#### Temperatura y Humedad a las 13:00 HLV

En las págs. 75 a 78 se presenta la variación de la temperatura y la humedad entre las 06:00 y las 13:00 HLV del día en referencia.

En la carta de isotermas a las 13:00 puede apreciarse que a dicha hora la casi totalidad de la zona urbana se encontraba a temperaturas mayores de 28°C, habiendo varios sectores a más de 30°C, los de San Agustín Norte y Sur, de Sabana Grande-Chacao, de San Bernardino y de Petare hacia el Sur por el cañón del Guaire. Los Teques-San Pedro, se encontraban también dentro de una isoterma de 25°C de mayor calor respecto a las áreas circundantes.

Hacia los parteaguas, la temperatura era de 16° en la fila del Avila y Silla de Caracas, de 20° en las faldas del Pico Izcaragua y de 22° en El Jarillo y en las cabeceras del río Valle.

La carta de isohigras (pág.75) muestra gran parte del valle con humedad menor al 60%, estando gran parte del Suroeste y Sur de la ciudad por debajo del 55% y, aún, por debajo del 50% el sector San Martín-Palo Grande-El Silencio. Hacia los parteaguas, en general, la humedad se mantenía alta a niveles mayores del 80 % y aún del 85%.

En las secciones (pág. 77) se pueden apreciar bolsones de aire relativamente más caliente, superiores a 29°C en La Yaguara-Bella Vista-Artigas, en Ciudad Universitaria-Plaza Venezuela y en la Plaza de Altamira y alrededores; superiores a 28°C al Sur de Petare; y de 26°C en las laderas que bajan de El Hatillo y en Los Jardines de El Valle. Pueden apreciarse también ejes de subsidencia en las verticales de la Plaza de El Valle (inclinada hacia el S E), entre El Cafetal y el Guaire (inclinada al N E y en Cruz de la Vega (inclinada a E).

En la pág. 78 se presentan las cartas de isalotermas y de isalohigras que muestran la variación de la temperatura y de la humedad entre las 06:00 y las 13:00, como desviaciones positivas o negativas de los valores existentes a esta hora con respecto a los que existían a las 06:00. La carta de isalotermas muestran que las zonas de mayor calentamiento, con + 10°C, estuvieron en: San Bernardino y La Yaguara-Carapita. Otros, algo menores, con + 9°C, estuvieron en la parte Norte del casco urbano, en la parte central de Los Palos Grandes, al Sur de Petare y en La Quebrada de Mamera. Ha

cia los parteaguas, en la Fila del Avila los calentamientos relativos son de + 2, + 3, y + 4°C, en el sector Izcaragua-Ño León son de + 6 y + 7°C. En la carta de isohigras de la misma página puede apreciarse que las mayores disminuciones de humedad, del orden de - 40% estuvieron en la cuenca media de la Quebrada Anauco, en la cuenca inferior del río Macarao hasta Caricuao y en El Algodonal y sus alrededores; con - 35%, en Petare, en la parte norte del casco urbano, en Los Jardines-La Rinconada, en Montalban-La Vega y otros sectores de la cuenca. Hacia los parteaguas, las desviaciones fueron menores: de - 15% en la Fila del Avila; de - 20% en el Pico de Izcaragua y sus alrededores y en el sector de El Jarillo; en los parteaguas del Sur, las desviaciones aumentan a - 25% y - 30%.

#### Temperatura y humedad a las 18:00

En las págs. 79 a 82, se presenta las variaciones de la temperatura y de la humedad para las 18:00.

En la carta de isotermas (pág. 79) puede apreciarse que persisten zonas de mayor temperatura en la zona urbana, de 26°C, en El Silencio y parte Sur de La Pastora y Altagracia; de 25°C en San Bernardino-El Conde-San Agustín, en Chacao-Altamira-Palos Grandes. En Los Teques-San Pedro había 24°C. Hacia los parteaguas del Norte: 19°C en la Fila del Avila y en el sector del pico de Izcaragua; en los parteaguas del Sur de 21 a 22° C en gene

ral.

Las secciones de la pág. 81, muestran bolsones de aire relativamente más caliente y ejes de subsidencia similares a los mencionados anteriormente, pero a las 18:00 la temperatura en dichos bolsones era de 24 y 25°C.

La carta de isalotermas (pág. 82) muestra que a las 18:00, el calentamiento relativo respecto a la temperatura de las 06:00 continúa aumentando en los parteaguas montañosos llegando a ser de + 8°C en las faldas del Pico de Ño Leon, en el Avila y en la Silla de Caracas; en otros sectores; de + 6 y + 7°C. En los parteaguas del Sur, las desviaciones son de + 6 y + 7°C en general. En cambio, en el valle y en el casco urbano, hay un refrescamiento relativo con respecto a las 13:00; las desviaciones son a las 18:00 de +3, + 4 y + 5°C en diversos sectores relativamente amplios.

Las isalohigras que aparecen en la misma página, muestra una desviación menor de la humedad de las 18:00 con respecto a la de las 06:00 y, por lo tanto, un aumento generalizado de la humedad relativa. La desviación de la humedad es a dicha hora de - 25 y - 10 % en amplias zonas del Valle. En grandes sectores de los parteaguas montañosos del norte, la desviación es a esta hora de sólo - 5 %. En los parteaguas del Sur persiste una desviación de - 10, - 15 y - 25%. Resalta, la zona del Cafetal-Santa Lucía, donde la desviación es de 0%, o sea, que allí se había recuperado completamente la

humedad que existía a las 06:00.

B. Jornada del 5 de noviembre de 1966

Esta Jornada también estuvo comprendida dentro de la temporada de lluvia, en que imperaba en la mayor parte del país la Situación Ecuatorial. El borde norte de la Zona de Convergencia Intertropical para esta fecha se encontraba bien adentro en el Caribe, llegando en su posición extrema hasta los 14° de latitud Norte.

El Aire Ecuatorial tenía sobre Venezuela en esos momentos una inestabilidad mayor que la normal. La convergencia que existía desde Trinidad - hasta las cabeceras del río Apure y que ocupaba la parte media del país, aumentaba la inestabilidad y determinaba chaparrones y tormentas eléctricas en esa área. Esta convergencia era la prolongación de la que determinaba una Baja Tropical cuyo centro estaba ubicado en los 25° N y 55° W.

En el transcurso del día se formó otra convergencia de pequeña extensión sobre la Cordillera de la Costa, presentándose en esa zona múltiples - precipitaciones de carácter tormentoso, parcialmente eléctricas. La Baja Tropical mencionada se extendía hasta la Troposfera y tenía un eje algo inclinado hacia el Norte. La Corriente de Chorro Intertropical, interrumpida por la mencionada convergencia, se encontraba pobremente desarrollada y su veloci

dad máxima, a los 200 mb en 25° N/ 40° W era de 162 km/hora (90 nudos).

En las páginas 83 a 90 se presentan las cartas de superficie a las 00:00Z, 06:00Z, 12:00Z y 18:00Z, correspondientes a las 20:00, 02:00, 08:00 y 14:00 HLV; la carta de situación general a las 12:00Z (08:00 HLV); y las cartas de topografía de presión a las 200, 400, 500, 700 y 850 mb para las 12:00Z (08:00 HLV); todos los cuales ilustran la situación existente para la fecha y su desarrollo durante la Jornada.

#### Distribución de la temperatura y la humedad en Caracas a las 06:00 HLV

En la pág. 91 se presenta la carta de isotermas a las 06:00 HLV del 5 de noviembre de 1966. Puede apreciarse que, al igual que en la Jornada anterior, hay una zona de mayor temperatura en el casco urbano, mayores a 21°C en los sectores del Centro, de San Agustín y de Sabana Grande-Chacao-Altamira y mayor de 20°C en casi todo el resto de la zona urbana. Hacia las parteaguas del Norte la temperatura es menor de 13°C en la Silla de Caracas; menor de 14°C en la Fila del Avila y en los alrededores del Pico Izcaragua; en los parteaguas del Sur, es de 14°C en el sector del Jarillo y de 16°C en la mayor parte, con excepción de algunos sectores, entre ellos el de las cercanías de Los Teques donde es de 19°C.

En la misma página 91 se presenta el mapa de isohigras para dicha hora. Puede apreciarse en él que la humedad relativa es para la mayor parte de la cuenca superior al 90%, con algunos sectores con menos de 85% como los de El Cafetal y el sector medio de la cuenca del río Macarao; y que en gran parte de las divisorias es del 100%.

En la pág. 93 se presenta la distribución de la humedad en las secciones del Valle. En la sección longitudinal puede apreciarse un bolsón de aire relativamente más caliente a 20°C sobre el sector urbano y de 21°C en el sector Sabana Grande-Chacao; así como un eje de subsidencia en la vertical de Palo Grande, inclinado hacia el Oeste. En las secciones transversales pueden apreciarse bolsones de aire a más de 20°C en los sectores Carlota—Plaza Altamira y de El Cafetal en el de la Ciudad Universitaria—Plaza Venezuela—Av. Andrés Bello, así como un eje de subsidencia en la vertical de El Valle, con inclinación al N.

En la pág. 94 se presenta la carta de isolíneas de la tensión del vapor de agua a la hora y fecha en referencia. Puede apreciarse en ella la existencia de tensiones de 16 mm/Hg en parte considerable de la zona urbana y de 15 mm en la generalidad del valle. En los alrededores de Los Teques la tensión era mayor, alcanzando a 17 mm. En los parteaguas del Norte las tensiones eran las menores teniendo valores de 10 y 11 mm/Hg.

### Temperatura y humedad a las 13:00 HLV

En la carta de isotermas para esta hora (pág. 95), puede apreciarse la existencia de zonas más calientes, que llegan a los 30°C en Chacao-Las Mercedes-Plaza Altamira y de 29°C en gran parte del Este de la Zona Metropolitana. En cambio, en el casco urbano los núcleos calientes eran de un orden menor, de 28°C en el centro de la ciudad y de 27° en Cementerio-Rosales-Prado de María. Otros núcleos relativamente calientes estaban en el Río San Pedro inferior con 28°C y en Los Teques y sus alrededores con 26°C. En sectores considerables del parteaguas Norte las temperaturas eran de 16 y 17°C. En el parteaguas del Sur, las temperaturas eran mayores llegando a ser de 23 y 24°C en amplios sectores.

La carta de isohigras que aparece en la misma página muestra que los sectores de mayor sequedad del aire eran a esa hora: los de la confluencia del Macarao y el San Pedro con 50% de humedad relativa; La Vega y sus alrededores con 55% y el Este de la Zona Metropolitana, desde Chacao hasta Petare con 60%. En los parteaguas del Norte la humedad se mantenía alta en general, con valores entre 85% y 95% para amplios sectores. En los parteaguas del Sur, la humedad era menor entre el 70% y el 80%, para su mayor parte, salvo pequeños sectores más húmedos con 85% en la cuenca superior del río Valle o más secos, con 65%, en la cuenca inferior del Río Guaire, aguas abajo de Petare.

La humedad y la temperatura en las secciones del valle para esa hora se presentan en la pág. 97. En la sección longitudinal pueden apreciarse, la existencia de bolsones de aire caliente, de más de  $29^{\circ}\text{C}$  en el sector inferior del valle; de  $28^{\circ}$  en el sector Chacao-Los Ruices; y de  $25^{\circ}$  en La Yaguara--Carapita. Pueden apreciarse también ejes de subsidencia en la vertical (inclinada al Oeste) de la Av. San Francisco; otros menos desarrollado en la vertical de la Plaza Venezuela; y otro, más desarrollado, en la vertical (inclinada hacia el Oeste) de la Av. San Martín-Av. Santander.

En las secciones transversales, pueden apreciarse bolsones de aire caliente de más de  $29^{\circ}\text{C}$  en Altamira, de más de  $27^{\circ}\text{C}$ , en las laderas que bajan de El Harillo y de más de  $26^{\circ}\text{C}$ , desde la Av. Roosevelt hasta Los Jardines de El Valle. Puede apreciarse también la subsidencia en la vertical (con inclinación hacia el Sur) de la Plaza Venezuela y en la vertical (con inclinación al Sur) de la Urbanización El Cafetal).

La carta de isalotermas que aparece en la página 98, muestra que los sectores de mayor calentamiento entre las 06:00 y las 13:00 estuvieron en la zona urbana alcanzando valores de  $+10^{\circ}\text{C}$  en el centro de la ciudad y en La Yaguara-Carapita; de  $+9^{\circ}\text{C}$  en la parte baja de Altamira y en la cuenca media del río Macarao. En los parteaguas del Norte, los calentamientos relativos fueron de  $+2$  y  $+3^{\circ}\text{C}$  en la Fila del Avila y de  $+6$  a  $+8^{\circ}\text{C}$  en el sector Junquito-Ño León. En los parteaguas del Sur, los calentamientos estuvieron entre

+ 7 y + 8°C.

La carta de isalohigras que aparece en la misma página, muestra los mayores desecamientos del aire en el sector de la confluencia del Macarao y el San Pedro donde alcanzó a ser de - 45 % y el sector de La Yaguara-Carapita con - 40%. En la Zona Metropolitana los desecamientos fueron de -30% en el Este y menores en el resto. En los parteaguas del Norte, los desecamientos del aire estuvieron en el orden del - 15% y - 20% para su mayor parte, resaltando un sector de la cuenca del río Macarao donde no disminuyó la humedad. En los parteaguas del Sur, los desecamientos estuvieron en el orden de - 10% a - 35%.

#### Temperatura y Humedad a las 18:00 HLV

La carta de isotermas (pág. 99) para dicha hora, muestra en la zona urbana, sectores con 25°C en Sabana Grande-Las Mercedes-Chacao y de 24°C en gran parte del resto y en la cuenca del Guaire aguas abajo de Petare. En Los Teques y sus alrededores había un núcleo de 22°C. En los parteaguas del Norte, las temperaturas eran de 16°, 17° y 18°C en su mayor parte. En los parteaguas del Sur, las temperaturas eran algo mayores de 19, 20 y 21°C.

La carta de isohigras, que aparece en la misma página, indica que en toda la cuenca, la humedad se había recuperado a niveles altos, superiores al

80%, manteniendo sus menores niveles en la Zona Metropolitana (80 y 85%), en el sector de confluencia de los ríos Macarao y San Pedro (80%) y en el Sector de Los Teques (80%). En la generalidad de los parteaguas la humedad era del 80 al 95%. Resaltan los sectores de Boyera-Guairita y de los alrededores del Observatorio Cajigal donde la humedad del aire era del 100%.

Las secciones del valle para dicha hora se presentan en la pág. 101. Ellas muestran la persistencia de bolsones de aire relativamente más caliente a 24°C en los sectores de Chacaito-Plaza Altamira, del sector inferior del Guaire aguas abajo de Petare y en los sectores transversales Plaza de El Valle-Av. Andrés Bello y Plaza Altamira-Iglesia San Bosco. Muestran también ejes de subsidencia, en la vertical (inclinada al Oeste) de Palo Grande y de la Plaza Venezuela (inclinada hacia el SW) y otros menos desarrollados en la vertical de Los Jardines de El Valle y de la Urbanización de El Cafetal.

La carta de isalotermas (pág. 102), muestra un refrescamiento general con respecto a la temperatura de las 13:00, expresado por menores desviaciones respecto a la de las 06:00. Las desviaciones respecto a la temperatura de las 6:00, eran a las 18:00 de + 3, + 4 y + 5°C para la mayor parte de la Zona Metropolitana. En los parteaguas del Norte las desviaciones eran de + 2 y + 3°C y en los del Sur de + 3 y + 4°C.

La carta de isalohigras (pág. 102) muestra que la humedad del aire se había recuperado en gran medida para las 18:00 y que las desviaciones máximas estaban en el orden de - 15%, habiendo sectores apreciables donde ya no había desviación y aún otros, donde la humedad era mayor en un 5 y un 10% a la existente a las 06:00. Entre estos últimos sectores están los de la dorsal entre los ríos Macarao y San Pedro, de Boyera-Guairita-Cafetal y el sector de El Silencio del casco urbano.

### III

#### ASPECTOS HIDROLOGICOS

En esta parte, el Atlas se refiere a las características hidrográficas e hidrológicas de la cuenca del río Guaire y de sus subcuencas principales, sobre la base del análisis previo de la información cartográfica disponible y de los registros hidrométricos obtenidos en 42 estaciones de los servicios oficiales del Instituto Nacional de Obras Sanitarias y del Ministerio de Obras Públicas, que existen o han existido en dicha cuenca y que han acumulado datos por un total de 440 años hidrológicos-estación. Las coordenadas y demás características de dichas estaciones y de sus registros se dan en la página 105.

#### A. Cuenca y Subcuencas principales. Estaciones hidrométricas.

En la carta de cuenca y subcuenca que aparecen en la pág. 107 pueden apreciarse, además del parteaguas general descrito al comienzo de la Memoria, los parteaguas secundarios de las subcuencas principales, a saber:

las del río San Pedro ( $127 \text{ km}^2$ ) y del río Macarao ( $107 \text{ km}^2$ ), los cuales al unirse aguas abajo de El Carite forman el Guaire. Luego, las de las quebradas o "ríos" clásicos de la antigua Caracas: Caroata, Catuche y Anauco, - incluyendo esta última, como afluentes superiores, las quebradas de Gamboa y Cotiza. Por la margen derecha, la subcuenca del río Valle y otras de menor importancia. Más adelante recibe por su margen izquierda, sucesivamente diversas corrientes nacidas en la Fila del Avila: las quebradas de Chacaíto, Pajaritos, Sebucán, el "río" Tócome y por último, el río Caurimare. Por la margen derecha, aguas abajo de la confluencia en la Ciudad Universitaria del Guaire y El Valle, aluyen al cauce principal las quebradas de Baruta, La Guairita y El Hatillo, concluyendo en este último punto la cuenca considerada en el estudio.

En el Guaire inferior, más allá de los límites de la cuenca estudiada, han existido las estaciones hidrométricas de Pichao, El Nogal y Mopia. Aguas abajo de esta última estación, el Guaire afluye al río Tuy. En el cuadro de la página 105 antes mencionado, se dan las áreas parciales y su integración sucesiva.

La cuenca total del Guaire, hasta la confluencia con el Tuy, es de  $1.222 \text{ km}^2$ . La del río Tuy superior, hasta dicha confluencia, es de  $2.348 \text{ km}^2$ .

Y, después de la unión, está la Estación de El Vigía que controla los  $3.620\text{km}^2$  de las dos cuencas en conjunto.

B. Perfil y pendiente del Guaire y sus afluentes. Hipsometría de la cuenca.

El perfil del Guaire y de sus afluentes, que puede apreciarse en la p. 112, indica fuertes pendientes en las subcuencas montañosas, del orden de hasta el 35%, en quebradas de la Fila Norte como son las de Chacaíto, Tócome y otras. Los afluentes de la margen derecha tienen pendientes algo menores.

En lo relativo al cauce principal del río Guaire, el tramo Adjuntas-Puente La Paz tiene una pendiente media del 1%; el tramo urbano, entre Puente La Paz y Petare, es de una pendiente menor, del 0,375%. Aguas abajo de Petare, el río Guaire entra en el cañón de El Encantado, donde se rejuvenece y alcanza una pendiente de hasta el 2,75%.

La curva hipsométrica de la cuenca, pág. 113, muestra que un 5% de ésta está por encima de los 1.900 m.s.n.m., un 25% por encima de los 1.450 m.s.n.m. y un 25% por debajo de los 1.000 m.s.n.m., siendo la altitud de su centro de gravedad de 1.200 m.s.n.m.

C. Escurrecimientos anuales medios, máximos y mínimos. Rendimientos unitarios.

El cómputo compensado para el lapso 1946-65, de los registros hidrométricos disponibles condujo a la elaboración de las láminas de Escurrecimiento Anuales Medios, Máximos y Mínimos, que aparecen en las págs. 111 y 115. En dichas láminas se presentan los datos gráficamente, a escala longitudinal o areal, en la forma de "esquemas funcionales", o sea, según un esquema que expresa gráficamente la manera cuantitativa y cualitativa en que los caudales de las subcuencas sucesivas se van integrando sobre el cauce principal, extendiéndose hasta las aportaciones totales del Guaire y del Tuy superior y medio que llegan unidas a la Estación de El Vigía.

En dichas láminas se puede apreciar que el Guaire, casi al final de la Zona Metropolitana, en la estación de Las Mercedes, tiene un escurrecimiento de 132 millones de  $m^3/año$ , equivalente a un gasto medio de  $4,19 m^3/s$ , a una lámina escurrida de  $266 mm/año$  y a un rendimiento de  $266.000 m^3/km^2/año$ . Comparada esta lámina escurrida con la precipitación media anual de unos  $1.000 mm$ , resulta un coeficiente de escurrecimiento de un  $26,6\%$ . Los escurrecimientos anuales máximos y mínimos registrados en dicha estación han sido de  $146,1 Hm^3$  en 1965-66 y de  $116,5 Hm^3$  en 1959-60, o sea de un  $111\%$  y de un  $88\%$  del escurrecimiento medio anual, respectivamente. Es de hacer notar que el escurrecimiento en Las Mercedes indicado, está formado en parte -

importante por los retornos del Acueducto de Caracas en la forma de aguas negras, estando los ingresos totales de aguas blancas del Acueducto en el orden de 1,6 m<sup>3</sup>/s para 1950, de 3,6 m<sup>3</sup>/s para 1958 y de 6,6 m<sup>3</sup>/s para 1967, en gran parte importados de otras cuencas.

En la pag. 119 se dan las curvas de relación entre la lámina llovida y la escurrida, deduciéndose fácilmente de esta última el rendimiento en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

Las subcuencas montañosas de la Fila Norte tienen un escurrimiento unitario generalmente mayor que el anotado para Las Mercedes, incrementándose de Oeste a Este. Así, la quebrada Anauco lo tiene de 210 mm/año (210.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año); la de Chacaíto de 431 mm/año (431.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año) y el río Caurimare de 532 mm/año (532.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año). El rango de variación entre los escurrimientos anuales máximos y los mínimos es también de un orden mayor: en el Caurimare, por ejemplo, el rango es del 227% del escurrimiento medio para el máximo y del 48,5% para el mínimo.

Del estudio comparativo de los registros hidrométricos, resalta el hecho de que el rendimiento unitario del Guaire disminuye drásticamente después de que pasa el cañón de El Encantado. En efecto, se vio que el rendimiento en Las Mercedes es de 266.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año y en Pichao es solamente de 168.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año y en Mopia de 129.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año, lo cual parece indicar que hay pérdida de agua en dicho sector, además de los usos agrícolas.

las considerables del gasto de estiaje.

D. Escurrecimientos medios mensuales. Frecuencia de gastos.  
Gastos extremos.

En las láminas del Atlas relativas a los escurrecimientos medios mensuales y a frecuencia de gastos medios diarios, págs. 119 y 127, se presentan, también en la forma de esquema funcional con indicación a escala de las magnitudes, el análisis de los registros hidrométricos desde dichos puntos de vista.

Puede apreciarse en dichas láminas que, lógicamente, los mayores escurrecimientos mensuales medios se presentan durante la temporada de lluvias en los meses de mayo a noviembre, en cuyo mes máximo escurre hasta el 14 y 17% del anual medio; los menores escurrecimientos se presentan en los meses de la temporada seca, especialmente en marzo o abril, en cuyo mes solo escurre un 3 - 5 % del anual medio. Entre los menores rangos de desviación está el de Las Mercedes donde los escurrecimientos medios de los meses más y menos abundantes son, respectivamente, el 11 y el 6% del anual medio.

Los histogramas de frecuencia de gastos medios diarios muestran, en general, un 15% del tiempo (unos 50 días del año) con gastos considerablemente mayores del gasto medio diario modular y un 15% con gastos bastante menores que dicho módulo.

Los gastos máximos instantáneos registrados han llegado a ser del orden de  $57 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) en el río San Pedro-Matadero; de  $82 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,28 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) en río Guaire-La Paz; en Las Mercedes de  $410 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,83 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) y de  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $0,57 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) en Mopia. Tales gastos, correspondientes a registros relativamente cortos, no son de magnitud realmente extraordinaria.

Los gastos mínimos de estiaje (gasto medio del mes de menor escurrimiento) han sido del orden de  $0,211 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,71 \text{ l/s}/\text{km}^2$ ) en San Pedro-Carite; de  $0,338 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,1 \text{ l/s}/\text{km}^2$ ) en Guaire-La Paz; de  $2,99 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $6,02 \text{ l/s}/\text{km}^2$ ) en Guaire-Las Mercedes y de  $1,62 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,32 \text{ l/s}/\text{km}^2$ ) en Guaire-Mopia. Los gastos mínimos absolutos, dentro del registro, han llegado a valores mucho menores; de  $159 \text{ l/s}$  en San Pedro-Matadero, de  $179 \text{ l/s}$  en Guaire-La Paz, de  $2.490 \text{ l/s}$  en Guaire-Las Mercedes y de sólo  $142 \text{ l/s}$  en Guaire-Mopia.

En lo relativo a las subcuencas montañosas de la Fila del Avila y tomando como ejemplo al río Tócome, se tiene en su registro el máximo instantáneo de  $13,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1,67 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) y el mínimo de  $2,2 \text{ l/s}$  ( $0,27 \text{ l/s}/\text{km}^2$ ), cuyas tasas unitarias son de mayor desviación que las antes anotadas para las corrientes del valle y para el cauce principal.

E. El acarreo o gasto sólido en el Río Guaire.

Para el estudio de este aspecto se contó con series de muestreos, de número apreciable, practicados en las estaciones del MOP del Bajo Río Guaire y del río Tuy en las inmediaciones de la desembocadura del Guaire: en Tuy-Vigía (más de 500 de 1.948 al presente), de Tuy-Tazón (más de 500 de 1948 al presente), del Guaire en Pichao (67 de 1957 a 1962) y por el INOS en el Río San Pedro en Carite (19 de 1954 a 1957). Se contó además con algunos muestreos aislados realizados por el INOS en las estaciones del Guaire en La California (2) equivalente a la de Las Mercedes y en Puente La Paz (5 en 1963). Se indican entre paréntesis el número de muestreos de cada serie y el lapso en que fueron practicados. Se tenía además un registro de Guaire-Mopia que no se usó por dar resultados inconsistentes. Es de observar que todos los muestreos en referencia se refieren al acarreo de suspensión, tomados en general con muestreador tipo Tait-Binckley y están constituidos por 6 muestras tomadas a 2 niveles (superficial y cercano al fondo) en 3 ordenadas (1/6, 1/2 y 5/6 del ancho del río). No se han practicado mediciones del arrastre de fondo. Con los muestreos indicados se construyeron las curvas medias de gasto líquido (en  $m^3/seg$ ) contra gasto sólido (en  $kg/seg$ ) que aparecen en la pág. 119 del Atlas. Puede apreciarse en ellas que el acarreo para gastos de un orden dado, es relativamente mayor a medida que se asciende por el cauce del río: es menor en Tuy-Vigía y va aumentando luego <sup>aguas arriba</sup>

sucesivamente en Guaire-Pichao, en Guaire-Las Mercedes y alcanza sus valores mayores en Guaire-La Paz y en San Pedro-Carite. Puede apreciarse también que el acarreo crece en proporción exponencial con el gasto. Así para el Guaire en Pichao es de 56 kg/seg para  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (0,6%) y de 5.100 kg/seg para  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  (5,1%).

Con estas curvas de relación gastos-acarreo y las frecuencias de gastos, a que se hizo referencia en el punto III-D, se calculó el acarreo total anual aproximado y su distribución mensual, los cuales se indican en los esquemas funcionales de las págs. 120 y 121.

Puede apreciarse en ellos que el Guaire-Puente La Paz trae a Caracas cada año un total medio de 56.000 toneladas de material sólido y saca de ella, en Pichao, un total de 657.400 toneladas ( $815 \text{ ton}/\text{km}^2/\text{año}$ ), que equivalen a 66.000 camiones cargados con 10 toneladas de tierra cada uno por año.

El acarreo unitario del Río San Pedro en El Carite, es de un orden mucho menor. Este río transporta anualmente, 18.700 toneladas en promedio, lo cual da una tasa unitaria de  $164 \text{ ton}/\text{año}/\text{km}^2$ .

Del estudio comparativo del acarreo, resalta el hecho de que el Guaire en Pichao transporta, como se dijo, una tasa unitaria de  $815 \text{ ton}/\text{año}/\text{km}^2$ ,

mientras que la otra rama del río Tuy en Tazón, con un área drenada un poco mayor, sólo transporta 331.000 ton/año, equivalente a una tasa unitaria de 280 ton/km/año.

Puede apreciarse, además, en la distribución mensual que el mayor volumen de acarreo es transportado durante la temporada de lluvias, especialmente en los meses de julio y agosto en los cuales es de alrededor del 25% del acarreo anual en un solo mes.

Los valores calculados son solo aproximados debido a las limitaciones de la información básica ya que no incluyen el arrastre de fondo y debido a que el número relativamente escaso de muestreos solo permitió construir una curva media de relación gasto-acarreo. En todo caso, estas limitaciones actúan en el sentido de que los valores calculados sean inferiores a los reales.

F. Mayores crecientes registradas. Su tránsito. Lluvias generadoras.

Para el estudio de este aspecto se investigaron unas 12 crecientes importantes del río Guaire (incluyendo las de sus afluentes) en los archivos hidrológicos del INOS y del MOP y para su presentación en el Atlas se seleccionaron finalmente las 3 que estaban entre las de mayor rango y respecto a las cuales se disponía de información pluviográfica e hidrométrica algo más com-

pleta. Seguidamente se pasa a referirse a cada una de estas 3 crecientes.

1. Creciente del 20 y 21 de julio de 1961. La situación tormentosa y las lluvias generadoras de esta creciente fue comentada anteriormente en esta memoria y sus isoyetas totales fueron presentadas en la página 56 del Atlas.

La creciente, en referencia, estuvo en realidad formada por 2 crecientes que en el sector medio del Guaire y en sus afluentes tuvo 2 picos: el 1° en horas de la noche del 20 de julio y el 2° también en horas de la noche del 21 de julio.

En la pág. <sup>133</sup> ~~123~~ del Atlas se presenta la carta de isoyetas del 20 de julio y en la pág. <sup>136</sup> ~~126~~ las del día 21. En la pág. ~~125~~ <sup>135</sup>, se presenta el esquema funcional de la creciente y de su tránsito y las curvas de masa de la precipitación en dichas fechas.

La lluvia generadora ocurrida el día 20 entre las 12:00 y las 24:00, tuvo sus centros principales, con 100 y 110 mm, en las cabeceras del sur-oeste del río San Pedro, en la cuenca media del mismo río, en la cuenca de la quebrada de Baruta y en el sector de Chacao. La del 21 se desarrolló entre las 18:00 y las 24:00 y tuvo su centro principal en las cabeceras del Sur-Oeste del Río San Pedro con 80 mm, y un centro secundario de 40 mm en el Centro y Sur-este de la Zona Metropolitana. El desarrollo cronológico de la preci-

pitación puede verse en las curvas de masa (pág. 124) apreciándose que el 20 en Topo de los Espejos llovieron 56 mm entre las 16:15 y las 22:00 y en Baruta 76 mm entre las 17:00 y las 22:00. El día 21 se precipitaron 72 mm en Pozo de Rosas entre las 17:30 y las 21:30.

En la página 125 se presenta el esquema funcional de la creciente, tanto del hidrograma bruto como del neto, deducido el gasto de base y extendido hasta su tiempo de cola, mediante las curvas de descenso y de abatimiento previamente construidas.

Puede apreciarse en el esquema funcional, que en la cuenca Alta el 2º pico fue el mayor; en la cuenca media el mayor fue el 1º y en la parte final del Guaire el más importante fue el segundo.

Siguiendo el tránsito del pico del día 21 puede verse que el río San Pedro en Matadero, presentó el pico de unos  $21 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 18:00 pm y un pico secundario de  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 21:30. El río Macarao tuvo su pico de unos  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 20:45. En La Paz, el Guaire presentó un pico de  $55 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 20:15 dentro de un hidrograma irregular. En Los Caobos, apareció un solo pico integrado de  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 21:45. En Las Mercedes, después de un pico secundario de  $58 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 18:15, determinado por la lluvia en el área urbana, se presentó el pico principal de  $360 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 21:15. Y en Pichao, al final de la cuenca, el hidrograma tiene forma achatada, por la regulación

de cauce, con un pico de  $118 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 23:00 y un pico redondeado superior a  $122 \text{ m}^3/\text{s}$  entre las 01:00 y las 02:45 del día 21.

El segundo pico, el día 21, se presentó en San Pedro-Matadero a las 20:15 con  $51 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en Macarao-Palo Negro a las 22:15 con solo unos  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en Guaire-La Paz a las 21:30 con  $118 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en Guaire-Los Caobos a las 22:45 con  $220 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en Guaire-Las Mercedes, con un hidrograma compuesto que se mantiene entre las 21:45 y las 24:00 por encima de los  $130 \text{ m}^3/\text{s}$ , con con varios picos, el mayor de los cuales es de  $185 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 22:00. En la parte final del Guaire, en Pichao, se presenta como anteriormente un pico achatado que desde las 00:45 hasta las 03:00 del día 22 se mantiene por encima de los  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un máximo de  $215 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 01:30.

En los afluentes menores se presentaron picos de pequeña magnitud, correlativos con los del cauce principal. Los mayores de ellos fueron el de la quebrada Pajaritos de  $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 18:00 del día 20 y el del "río" Tócome de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 21:00 del mismo día.

El volumen total de agua escurrido durante esta creciente fue del orden de  $1.302.000 \text{ m}^3$  en San Pedro-Manzanares, de  $3.656.200 \text{ m}^3$  en Guaire-La Paz, de  $5.920.000 \text{ m}^3$  en Las Mercedes y de  $9.777.500$  en Pichao.

2. Creciente del 1º de septiembre de 1961. La lluvia generadora de esta creciente, cuyas isoyetas aparecen en la pág. 127, tuvo sus centros principales en el sector Los Teques-San Pedro con unos 60 mm de precipitación, en el sector de la cortada del Guayabo con 100 mm, en el sector de Baruta-Lecherito con unos 80 mm y en las faldas de la Silla de Caracas con unos 70 mm. También hubo un sector con 80 mm de precipitación en el sector inferior de la cuenca del Guaire, aguas abajo de Petare. La lluvia principal estuvo comprendida entre las 17:00 del día 1º y las 02:00 horas del día 2. En la página 130 se presentan las curvas de masa de la precipitación en 6 estaciones características, que ilustran la distribución cronológica de dicha lluvia.

El esquema funcional del desarrollo de la creciente, página 129, muestra que: en el río San Pedro-Matadero se presentó el pico a las 20:45 con un valor bruto de  $23 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en el río Macarao sólo hubo un pequeño pico de  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 02:30 del día 2; en Guaire-La Paz el pico, de  $67 \text{ m}^3/\text{s}$  pasó a las 23:00; en Los Caobos a las 21:00 con  $149 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en Las Mercedes, a las 21:30 con  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  y un pico secundario de  $119 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 24:00; y en Pichao se presentó el mismo pico redondeado de los casos anteriores que estuvo desde las 01:00 hasta las 05:30 del día 2 por encima de  $140 \text{ m}^3/\text{s}$ , con un valor máximo de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 03:15 de dicho día. En los afluentes se presentaron picos correlativos de menor importancia. Los volúmenes de -

agua escurridos netos durante esta creciente, lógicamente menores que los del caso anterior, fueron de 280.000 m<sup>3</sup> en San Pedro-Manzanares; 60.000 m<sup>3</sup> solamente en el río Macarao; 1.270.000 m<sup>3</sup> en Guaire-La Paz; 1.370.000 en Los Caobos; 2.610.000 m<sup>3</sup> en Las Mercedes; y 5.083.500 m<sup>3</sup> en Pichao.

3. Creciente del 19 de julio de 1959. La lluvia generadora de esta creciente, cuyas isoyetas se presentan en la pág. 135, ocurrió principalmente entre las 13:00 y las 16:00 y tuvo sus mayores centros de precipitación en la parte centro-sur de la ciudad con 60 mm, en el extremo sur-oriental de la cuenca con 40 mm y en el extremo sur-oriental con 30 mm. En la página 134 se presentan las curvas de masa de la precipitación que ilustran su distribución cronológica.

En el esquema funcional, pág. 133, se expresa el desarrollo en magnitud y en tiempo de la creciente a lo largo del cauce del río Guaire. En San Pedro-Matadero, el pico se presentó a las 17:00 con un valor de 13 m<sup>3</sup>/s; en Guaire-La Paz, a las 16:30 con unos 28 m<sup>3</sup>/s; en Los Caobos a las 16:25 con 240 m<sup>3</sup>/s debido a la fuerte precipitación en el casco urbano; en Las Mercedes a las 16:30 con 350 m<sup>3</sup>/s debido a las mismas razones; en Petare a las 16:45 con 353 m<sup>3</sup>/s; y en Pichao, se presentó el mismo pico redondeado anterior, que estuvo desde las 19:30 hasta las 24:00 por encima de 60 m<sup>3</sup>/s con un máximo de 66 m<sup>3</sup>/s a las 20:30. Los afluentes menores presentaron picos correlativos de menor importancia.

Los volúmenes netos escurridos durante esta creciente fueron de 380.000 m<sup>3</sup> en La Paz, de 950.000 m<sup>3</sup> en Los Caobos, de 1.852.000 m<sup>3</sup> en Las Mercedes, de 2.172.000 m<sup>3</sup> en Petare y de 3.765.000 en Pichao.

Anotaciones generales respecto a las crecientes en las cuentas del Guaire.

Las crecientes estudiadas fueron generadas por lluvias importantes pero no de un carácter excepcional en cuanto a la intensidad de la precipitación y a la magnitud de la lámina llovida total. Precipitaciones de 120 mm en 6 horas, a una intensidad media de 20 mm/hora, son comparativamente lluvias moderadas.

El análisis de las crecientes muestra tiempos de concentración cortos e hidrogramas de pico muy agudo en los tributarios, especialmente en los de cuencas montañosas. A medida que la creciente avanza por el cauce principal los tiempos de concentración se alargan, el hidrograma se hace más ancho en su parte media y relativamente menos agudo. Después del cañón de El Encantado, el pico se redondea completamente en Pichao y en Mopia, teniendo una amplia cresta redonda de unas 4 horas de duración, con picos menores a los de Petare y Las Mercedes y con un hidrograma muy ancho en su parte media y en su base.

G. Máxima creciente probable en la cuenca del Río Guaire.

Para completar los aspectos hidrológicos de la cuenca del río Guaire, se presenta en esta parte el resumen del cuidadoso estudio elaborado en 1959 por el Dr. Robert S. Wiese para el INOS sobre la máxima creciente probable en dicha cuenca para la Canalización del río Guaire. En el estudio en referencia se analizaron varias crecientes, se formaron los gráficos de distribución de las crecientes en las sucesivas subcuencas y de su integración sobre el cauce principal.

Lluvia generadora

Para quebradas de hasta  $20 \text{ km}^2$  de área drenada, el Dr. Weise adoptó lluvias de 3 horas, página 135, compartidas en períodos de 10 minutos que va creciendo desde 6 mm/hora en el primer lapso de 0 a 10 minutos hasta 41 mm/hora en el lapso 90-100 minutos, siguen luego 2 períodos intensos de 87 mm/hora en el lapso 100-110 minutos y de 129 mm/hora en el lapso 110-120 minutos a partir del cual la lluvia decrece a 42 mm/hora en el lapso 120-130 hasta 6 mm/hora en el último lapso 170-180 minutos.

En todo esto se ha considerado el tiempo, como progresiva en el eje de las X, a partir de un 0 que es el momento de comienzo de la lluvia generadora. Este patrón de lluvia significa para dichas cuencas una lluvia total de 7,9 mm en la 1a. hora, de 33,6 mm en la 2a. hora y de 13,0 en la 3a. ho

ra, para un total general de 54,5 mm en las 3 horas. Esta lluvia, considerada por el Dr. Wiese de 50 años de período de retorno, no es en realidad de gran magnitud y está dentro del orden de las analizadas en los puntos anteriores. Aunque una distribución uniforme y una sincronización dada que asegure la más crítica integración de los gastos generados, en una lluvia de esa magnitud moderada puede producir crecientes bastante mayores que las registradas.

Para cuencas mayores toma, siempre para 3 horas las siguientes lluvias generadoras:

CORRIENTE Y SITIO	LLUVIA TOTAL mm	LLUVIA EFECTIVA mm
-R. San Pedro-Carite	87	61
-R. Guaire-Las Adjuntas	79	54
-R. Guaire - Abajo confluencia con el R. Valle	65	41
-R. Guaire en Petare	60	39

Estas lluvias como la anterior son de carácter moderado.

En la pág. 138 se presenta la curva de masas de las precipitaciones medias sobre el área drenada, adoptadas para las diferentes subcuencas.

### Crecientes generadas y su integración

Las crecientes sucesivas estimadas por el Dr. Weise se presentan - en el esquema funcional de la pág. 137.

La distribución cronológica de la precipitación que adopta el autor - hace que el ascenso efectivo del hidrograma no se produzca sino 1 hora después de comenzada la lluvia, lo cual puede apreciarse en el esquema.

Con esta salvedad y continuando con el 0 de los tiempos en el momento del comienzo de la lluvia bruta, se puede apreciar que a las 2 horas se produce el pico de  $590 \text{ m}^3/\text{s}$  en el Río Macarao y a las 3 horas el del Río San Pedro, de  $580 \text{ m}^3/\text{s}$ . Al integrarse los 2 hidrogramas en el Guaire en Las Adjuntas se determina aquí un pico de  $1.150 \text{ m}^3/\text{s}$  que se produce a las  $3 \frac{1}{2}$  horas. En La Paz el autor indica un gasto de  $1300 \text{ m}^3/\text{s}$  pero no da el cálculo respectivo. Abajo de la Ciudad Universitaria es la confluencia del R. Valle con el Guaire. Según el estudio en referencia, el primero trae un pico de  $510 \text{ m}^3/\text{s}$  (después de regulado parcialmente por el Embalse de La Mariposa) que se produce a las 3 horas de iniciada la lluvia.

Después de esta confluencia, el pico integrado del R. Guaire es de -  $1.600 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual se produce a las 3 horas 58 minutos. Y en Petare el gasto estimado es de  $1.680 \text{ m}^3/\text{s}$  a las 4 horas del comienzo de la precipitación.

Otros estudios hidrológicos podrían dar resultados algo diferentes a los del autor, pero la creciete de diseño que él calcula es una buena base para el proyecto de las obras hidráulicas y de las obras de defensa necesarias en zonas tan densamente pobladas como Caracas, expuesta a sufrir los daños que puedan ocasionar crecientes probables del Guaire y sus afluentes de un orden muy superior a las que han sido registradas.

### PALABRAS FINALES Y RECONOCIMIENTOS

Se aspira a que este trabajo muestre lo que un grupo de profesionales, con mística universitaria, puede hacer al aunar sus esfuerzos y a que dé una indicación de como la Hidrología y la Meteorología han evolucionado en el país hasta este momento. Se tiene conciencia de que con más tiempo y mayores medios disponibles se podría haber hecho un trabajo todavía más completo, debido a que la mayoría de los profesionales que en él han colaborado tenían un horario y obligaciones docentes y de otro orden, a tiempo completo, por cumplir a diario. Sin embargo, se ha puesto en el empeño la máxima voluntad y se emplearon numerosas horas adicionales cada semana, incluidas las vacaciones no tomadas, durante dos y medio años, con un total general de 57.200 horas de labor, para poder dar término al "ATLAS CLIMATOLOGICO E HIDROLOGICO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL VALLE DE CARACAS" que ahora se entrega al Rector de la Universidad Central de Venezuela y que se aspira signifique un aporte al mejor y más divulgado conocimiento de la Climatología y la Hidrología de Venezuela y, en especial, de su región Capital, a la vez que sirva para rendir homenaje a Caracas en su Cuatricentenario.

Si este trabajo sirve de estímulo y guía para los nuevos y futuros profesionales en la rama y si resulta realmente útil para el público, se habrán conseguido las más importantes finalidades perseguidas.

Los autores deben dejar constancia de la grande y entusiasta colaboración recibida a todo lo largo del trabajo realizado por el Hidrometeorologista Fradique Chacón Mendoza, que llevó a cabo una parte apreciable de las labores de computación y análisis; por el dibujante Br. Carlos Blanco cuya joven mano maestra y compenetración con el trabajo, se deben la casi totalidad de las láminas y gráficos presentados en el Atlas; por el técnico Alberto Rocha H., que realizó buena parte de la búsqueda y recopilación de datos básicos y de formación de las fichas de las estaciones climatológicas e hidrológicas. Por tiempo algo menor, prestaron también eficaz y no menos entusiasta colaboración en la ejecución de diversas fases del trabajo los Hidrometeorólogos Félix C. Reyes B., Pedro N. Fuentes y John Rollinson, y el Ingeniero Geofísico Alcides González V.

Debe ser destacada igualmente la valiosa y calificada cooperación recibida del profesor Ferdinand Grosske, a quien se deben los análisis de Meteorología Sinóptica que aparecen en varias partes del Atlas.

En diversas formas y especialmente en la realización de las Jornadas Microclimatológicas, prestaron su colaboración: los Hidrometeorólogos José L. Pérez Machado, Humberto Cartaya D., Javier García Benavides, Julio Lescarboursa, Hugo Casale, Emerson Romero, Esther Cerviño, Elide Martínez; el Ing. Geofísico Jaime Ventura; los profesores Arnaldo Roselló, J. M. Sánchez Carrillo y Pedro Pablo Pacheco; los señores Jaime Hernández C.,

Gonzalo Díaz, Antonio R. Adrían, Tirso García, Alberto Key D., Dieter Klanke, Roberto Alvarez hijo, José Rafael Lanza y Claudio Leal; el personal de control y de observación de las estaciones permanentes del Instituto Nacional de Obras Sanitarias en la cuenca estudiada: señores Luis E. Lanz, Martín S. Méndez, Alfredo Díaz Cisneros, José Ugarte, Aristóbulo Aponte, José Sánchez Luna, Aníbal Rojas, Darío Bocaranda, Neptalí Rodríguez, Porfirio Hernández, Pedro Segovia, Edito Salas, Juan García, Virgilio de León, José Rivas, Francisco Ramos, Palmeneón Briceño, Manuel López, Rafael Briceño, Demetrio Ascanio, Luis Chávez, Marcos Manzano, Jesús Peña, Oscar Kempis, Rafael Lanza y José Lozada.

En la computación de datos se recibió una gran colaboración de los programadores Celso Ortega y Rafael Martínez Chanto; de las perforistas Carmen Y. de Aranguren y Esperanza Ramos, del personal del Centro Electrónico de la Universidad Central de Venezuela y del Departamento de Cálculo Numérico de la Escuela de Física y Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela.

En el trabajo de Secretaría fueron colaboradoras eficaces las Sras. Elba Contreras de Amaya y María Mercedes Ríos de Coto.

Todos y cada una de las personas nombradas dieron su aporte útil e indispensable para la realización del presente Atlas. Trabajo, que con toda justicia y propiedad, es el fruto de la labor coordinada de un numeroso equipo, de un vasto engranaje que va desde los instaladores y observadores de estaciones, personal de archivo y directivo de los Servicios y Divisiones

Meteorológicas e Hidrológicas, a los colaboradores permanentes y temporales, hasta los autores del Atlas. Fue con la buena voluntad y el entusiasmo de todos, con el funcionamiento adecuado de las mil piezas del engranaje, con el decidido apoyo moral y material de la Comisión del Estudio de Caracas y de las autoridades de la Universidad Central de Venezuela; fue así y solo así como pudo ser llevado a término, en el plazo relativamente breve de dos años y medio, este Atlas Climatológico e Hidrológico que se entrega a Caracas.

Las penúltimas palabras de esta Memoria tienen que ser para el Rector de la Universidad Central de Venezuela Dr. Jesús María Bianco, Presidente de la Comisión del Estudio de Caracas, para el Secretario Ejecutivo de dicha Comisión, Dr. Rodolfo Quintero y para todos los miembros de ella, para la profesora Maruja Crema, Coordinadora del Volúmen I, para el profesor Octavio Jelambi, Coordinador de Facultad; para los Dres. Héctor Isava y Manuel Benezra, Decanos de las Facultades de Ingeniería y de Agronomía; para el profesor Rafael Di Prisco, responsable de la Edición del Estudio de Caracas; para los Drs. Emiro Rotundo y Manuel Rodríguez Campos, Director y Subdirector de la Dirección de Administración, quienes en todo momento y desde sus respectivas posiciones dieron al Grupo de Trabajo del Atlas Climatológico e Hidrológico el entusiasta apoyo moral y el cuantioso respaldo económico que era indispensable para llevar a término la labor.

Y las últimas palabras han de ser para Caracas, la ciudad proceraque da aliento y vida a la Universidad Central de Venezuela, en cuyo Cuatri

centenario esta hija agradecida le rinde el homenaje de su estudio integral en  
17 tomos, del cual es uno el presente Atlas.

Roberto J. Alvarez

Fernando Key Sánchez

Arthur Klanke

Rafael Convit

Angel A. Guerra Y

### BIBLIOGRAFIA Y DOCUMENTACION

- Agricultura y Crfa, Ministerio. Servicio de Meteorología Agrícola: Anuarios y Boletines Climatológicos. Maracay.
  - Datos originales de archivo.
- A.S.C.E. "Hydrology Handbook" Manuals of Engineering Practice, N° 28. New York, 1952.
- Budyko, M.I. "Atlas Mundial del Balance Térmico" (en ruso). Observatorio Geofísico Boykova de Leningrado. Moscú 1963.
- Cartografía Nacional. Cartas 1: 100.000 y 1: 25.000 de la Región - Central de Venezuela. Caracas.
- Convit, Rafael. "Intensidades y Frecuencias de Lluvias en la Cuenca - del Río Guaire". Instituto Nacional de Obras Sanitarias. División de Hidrología. Caracas 1963
- Corps of Engineers. "Flood Hydrographs. Analysis and Computations. Washington, 1946.
- Defensa, Ministerio de la. Servicio de Meteorología y Comunicaciones:
  - Boletines Bimestrales, del N° 1 (enero 1950) al N° 65 (Oct. 1960). Sub-sección de Publicaciones, Maracay. Años respectivos.
  - "Anuarios Meteorológicos" 1950, 1951, 1952, 1953 y 1954. Id. Id.
  - "Boletines Meteorológicos Diarios". Fechas indicadas en el Atlas. Id. Id.
  - "Promedios Climatológicos de Venezuela". Período 1951-1960." Id. Id. Maracay. 1960.

- "Atlas Climatológico Provisional, 1951-1955" Tipo-lit. Cartografía Nacional, Caracas 1957.
- "Tablas Psicrométricas". Sub-sección de Publicaciones Maracay. 1961.
- Geiger, Rudolph. "The Climate Near The Ground". Harvard University Press. Cambridge. 1965.
- González, Epifanio. "Datos Detallados de Climatología de Venezuela" Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Servicio de Meteorología. Tip. Americana. Caracas, 1948.
- Grosske, Ferdinand. "Sobre la Pluviosidad en Caracas" Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería. Departamento de Meteorología e Hidrología. Caracas, 1967.
- Goldbrunner, A.W. "Las Causas Meteorológicas de las Lluvias de Extraordinaria Magnitud en Venezuela" Estudio preparado para el M.O.P. Caracas, 1960.
- Instituto Nacional de Obras Sanitarias. División de Hidrología:
  - "Boletines Climatológicos Trimestrales". Desde 1964 hasta el presente. Caracas, Años respectivos.
  - "Boletín Climatológico. 1963". (incluye datos desde 1948 hasta 1963). Caracas. 1963
  - "Boletín Pluviométrico. 1963, 1964 y 1965". Caracas. Años respectivos.
  - "Anuario Climatológico". 1965 y 1966. Caracas. Años respectivos.
  - Datos originales de Archivo.
- Key Sánchez, Fernando; Huacuja, Fernando; Rabago, Daniel; Zamora, Taide. "Atlas Climatológico e Hidrológico de la Cuenca del Papaloapan". Estudios y Proyectos A.C. para la Comisión del Papaloapan. Talleres Gráficos de la Nación. México. 1956.
- Koeppen, Wilhem. "Climatología". Fondo de Cultura Económica. México. 1948.
- Linsley, R.K.; Kohler, M.A.; Paulhus, J. "Applied Hydrology". Mc. Graw Hill and Sons. New York. 1949.
- Marina, Comandancia General de la. División de Meteorología: "Boletín Climatológico Mensual" 1966 y 1967. Caracas. Años respectivos.
- Archivo de Datos originales del Observatorio Cagigal.

- Martonne, Edmond de.; Bourgeois, General; Margerie, Edmond de. "Atlas de France" Comité National de Geographie. Paris. 1949
- Obras Públicas, Ministerio de. Division de Hidrometeorología:
  - "Resumen de Datos Hidrométricos. 1940-1962". Tipo-lit. Cartografía Nacional. Caracas. 1963.
  - "Anuarios Hidrométricos. 1962-63, 1963-64, 1964-65 y 1965-66. Id. Id. años respectivos.
  - "Anuarios Climatológicos de 1963, 1964, 1965 y 1966. Id. Id. Años respectivos.
  - "Lluvias Extremas para 1, 3, 6, 9, 12 y 24 Horas de 84 Estaciones Escogidas y Máximas Diarias de 61 Estaciones". Id. Id. 1963.
  - Dirección de Vialidad. Carta Vial de la Región Central del País. Escala 1: 100.000.
  - Archivo de Datos originales de la División de Hidrometeorología.
- Richl, Herbert. "Tropical Meteorology", Mac Graw Hill Co. New York. 1949.
- Stanley P., Jackson. "Atlas Climatológico de Africa". (En cuatro idiomas), Universidad de Watsrand, Joanesburgo. Imprenta del Gobierno. Pretoria, Lagos-Nairobi. 1961.
- Sutton, O.G. "Micrometeorology", Mac Graw Hill Co. New York. 1953.
- Thorntwhaite, C.W. "An Approach Toward a Rational Classification of Climate". Geographical Review. New York. Enero, 1948.
- Visher, S.S. "Climatic Atlas of the United States" Harvard University Press. Cambridge, 1954.
- Wadatti, Kiyoo. "The Climatographic Atlas of Japan", Observatorio Meteorológico Central. Tokio. 1948.
- Weather Bureau, U.S. Cartas Sinópticas que se mencionan en el Atlas.
- Wiese, Robert S. "Hidrología para la Canalización del Rfo Guaire". Estudio preparado para el INOS. Caracas. 1959.
- U.C.V. Central de Datos Geofísicos. Departamento de Meteorología e Hidrología. Archivo de Tarjetas perforadas de datos Climatológicos.