



**Ministerio del Ambiente
y de los Recursos
Naturales Renovables**

MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS
EN LAS REGIONES SEMI-ARIDAS DE
VENEZUELA.

Coro, 4 de Septiembre de 1978

M.A.R.N.R.
Dirección de Hidrología
División de Hidrometeorología
Dpto. de Investigaciones Hidroclimáticas

MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS EN LAS REGIONES SEMI-ARIDAS
DE VENEZUELA.

Inq. David Pérez H

Coro, 4 de Septiembre de 1978.

MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS EN LAS REGIONES SEMI-ARIDAS DE VENEZUELA.

I N D I C E

	Pag.
— INTRODUCCION	1
— DISTRIBUCION DE LAS ZONAS SEMI-ARIDAS EN VENEZUELA...	2
— EL CLIMA Y FACTORES DE CONTROL.....	3
— MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS	6
— PRECIPITACION	7
— EVAPORACION	8
— ESCURRIMIENTO Y NIVELES FLUVIOMETRICOS	13
— AGUAS SUBTERRANEAS	15
— EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	18
— INVESTIGACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	20
— OTROS FACTORES METEOROLOGICOS	22
— DE FINICION DE TERMINOS Y CONCEPTOS	23
— REFERENCIAS	25
MAPAS :	Nº
— Distribución general de la precipitación en Venezuela en relación a la ocurrencia de zonas semi-áridas.....	1
— Señalamiento de las principales cuencas hidrográficas con indicación de las estaciones pluviométricas y fluviométricas	2
GRAFICOS:	Nº
— Climatogramas de diversas estaciones meteorológicas en la región de Lara - Falcón.....	1
— Climatogramas de diversas estaciones en la región con tipificación climática	2
— Distribución de la precipitación, evaporación en la superficie terrestre y océanos	3

continuación.

Nº

- Valores comparativos de la evaporación en tinas a la intemperie y las medidas en el embalse El Isiro Estado Falcón (1968) 4

CUADROS.

- Métodos para la evaluación y determinación de la evaporación..... 1
- Coeficientes de evaporación determinados por ROHWER Y FOLLANS-BEE 2
- Disponibilidad de análisis físico-químico en distintos ambientes hidrológicos en la región 3

MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS EN LAS REGIONES SEMI-ARIDAS DE VENEZUELA.

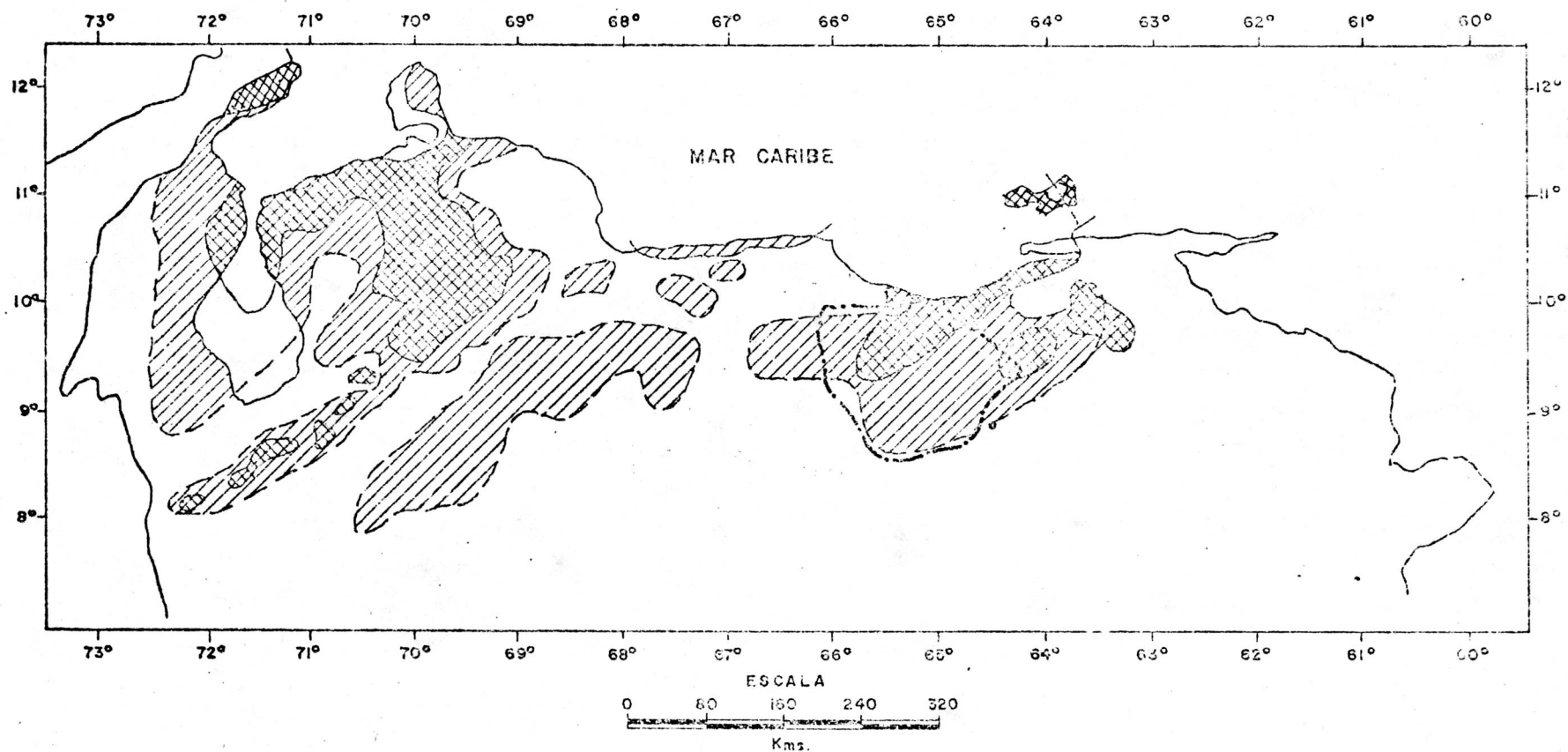
1.- INTRODUCCION.

Se ha reconocido por muchos gobiernos de países desarrollados ó en vías de desarrollo, que las mediciones hidrometeorológicas en una región o país, son un aspecto de enorme importancia en cualquier fase relativa a la evaluación y el aprovechamiento de los recursos naturales, especialmente el de carácter hídrico. Es sin duda obvia la necesidad, de disponerse del más apropiado conocimiento sobre el agua, tanto en su carácter cualitativo como cuantitativo, su distribución y ocurrencia tanto temporal como espacial sobre un área específica, para programar su uso racional y fijar las asignaciones debidas a diferentes propósitos, tales como son: suministro urbano, riego, esquemas de control de crecientes, generación hidroenergética, navegación, etc.

Las prácticas de estas mediciones aún cuando en el presente se rigen por procedimientos normalizados y comunes en países diversos, lo que redundaría en la uniformidad de los datos recabados, deben sin embargo, adaptarse a las condiciones naturales muy particulares observadas en las zonas sujetas a medición, al comportamiento general y local del clima y en lo que es de gran significación, lo relativo a la precisión y objetivos perseguidos con las mediciones, algo directamente relacionado con las disponibilidades de recursos humanos y presupuestarios de los organismos ó institutos, dedicados a esta tarea.

En Venezuela donde se dan según sus diferentes regiones, grandes variaci

MAPA Nº 1



RELACION ENTRE CANTIDAD Y DIAS DE LLUVIA
AREAS CON CARACTERISTICAS DE ARIDEZ EN VENEZUELA

-  ZONAS CON MENOS DE 1000 mm. DE LLUVIA ANUAL
-  ZONAS CON MENOS DE 100 DIAS LLUVIOSOS AL AÑO

ciones en los aspectos geográficos, geológico, climatológico, orográfico, etc, dentro de un medio sujeto a visibles y rápidos cambios, como resultado de sus cuantiosos recursos y el desarrollo, todas estas variantes deben ser consideradas.

La intención de este reporte, más que describir propiamente las técnicas y metodologías para practicar recabación de datos hidrometeorológicos, es destacar y señalar el estado actual de las mediciones así como identificar aquellas áreas que requieren más énfasis por parte de los centros regionales en un área extensa e importante del país - las regiones semi-áridas -. Énfasis especial se da a los requerimientos y cuantificación de elementos hidroclimáticos relacionados con la definición, conservación y características de estos recursos naturales de la zona, especialmente los edáficos, señalándose aquellos aspectos que ameritan investigaciones futuras, como vía para lograr su diagnóstico preciso y mejor conocimiento.

David Pérez Hernández, es el autor del Informe.

DISTRIBUCION DE LAS ZONAS SEMI-ARIDAS EN VENEZUELA.

Las regiones localizadas en el país que ofrecen características de "aridez", tienen una amplia distribución geográfica que abarca desde zonas costeras, islas insulares hasta zonas del interior distantes de la costa. Ellas, por el notable carácter de la biestacionalidad climática, el tipo de vegetación (xerófilas) y las morfologías erosionales resultantes en el relieve, les confieren características y semejanzas propias, que las diferencian notablemente de otras zonas adyacentes. Los contrastes son a veces notables, cuando ellas ocurren en forma anómala, dentro de áreas con características climáticas más húmedas,

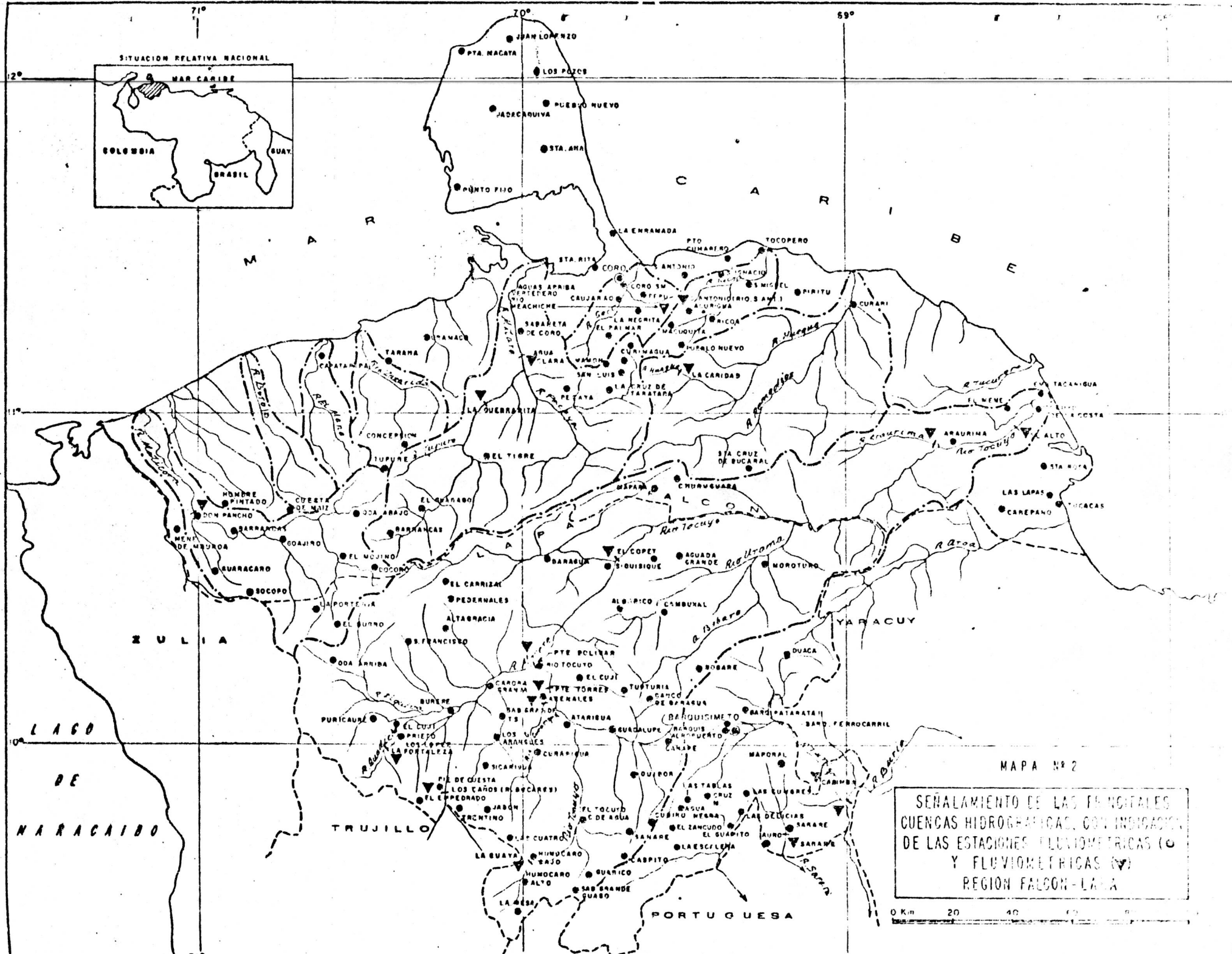
tales como las situaciones de las cuencas bajas de Ejido en el Chama (Andes) y el borde fronterizo San Antonio del Táchira- Ureña.

La mayor extensión de las regiones con clima de poca lluviosidad en Venezuela sin embargo, se relacionan con la presencia de un mar cálido (Mar Caribe) hacia el norte, que determina condiciones de oceanicidad-continentalidad muy especiales, así encontramos tales ambientes en las costas de Sucre, Anzoátegui (depresión del bajo Unare) y en general las amplias extensiones que abarcan partes de los estados Falcón - Lara, las costas occidentales del Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela especialmente las de la alta Guajira Venezolana. Nuestro mayor interés se dedicará a la región de Falcón-Lara, sin dejar de reconocer la significancia e interés que desde el punto de vista de la evolución del clima y el estudio de los recursos naturales, ofrecen estas otras regiones.

El Mapa Nº 2 muestra las principales cuencas hidrográficas de la región, indicandose los sistemas de ríos, bordes de cuencas y las estaciones hidroclimáticas existentes, cuya densidad (estación/Km²) de estaciones pluviométricas y pluviométricas es de 1/2.500 y 2,5/1.000 respectivamente .

EL CLIMA Y LOS FACTORES DE CONTROL.

Las zonas costeras del occidente de Venezuela ofrecen características climáticas ,determinadas por la asociación y el efecto combinado de un conjunto de factores como son: su ubicación (10 - 12° de lat. norte) dentro de la franja ecuatorial , el disponer de la presencia de un mar cálido que favorece la generación de corrientes de aire húmedas, el relieve costero típicamente llano, con



aisladas irregularidades orográficas, la orientación predominante de las masas de aire en un sentido paralelo a las costas, lo cual determina que las precipitaciones sean extremadamente variables, tanto en su ocurrencia como en la distribución.

La presencia de barreras montañosas (San Luis , Churugara, Humoceros ,etc) o la irregularidad del relieve hacia zonas interiores de la costa, donde se desarrollan valles extensos (Mitare, Tocuyo, Maticora, Pedregal, etc) determinan variaciones en los elementos climatológicos de una a otra sub-región; la temperatura por ejemplo, experimenta fluctuaciones considerables con la elevación de dichas montañas y ello induce, mecanismos de inversión en los niveles atmosféricos más bajos, lo que se traduce en la ocurrencia de flujos orográficos - convectivos y por lo tanto, se produce un enfriamiento de las masas de aire ascendentes acompañada de su expansión, lo que obliga al vapor de agua a condensarse, ello condiciona un aumento de la precipitación con la elevación de las cordilleras, en comparación con los fondos de valles llanos. En el período seco con bajos contenidos de humedad atmosférica, debido al control topográfico y la termicidad, se generando sistemas de circulación a nivel superficial, que afectan depresiones y valles, especialmente a aquellos de mayor extensión bordeados de montañas. Bajo la acción de estas corrientes, se facilita la erosión eólica y la suspensión de partículas de polvo y otros corpúsculos (núcleos salinos, aerosoles, polvo fino, etc), responsables en asociación a la fijación de humedad de cambios en el carácter absorbente y de dispersión de la atmósfera. Los halos crepusculares observados frecuentemente en esta zona, son el resultado de la interacción de estos mecanismos.

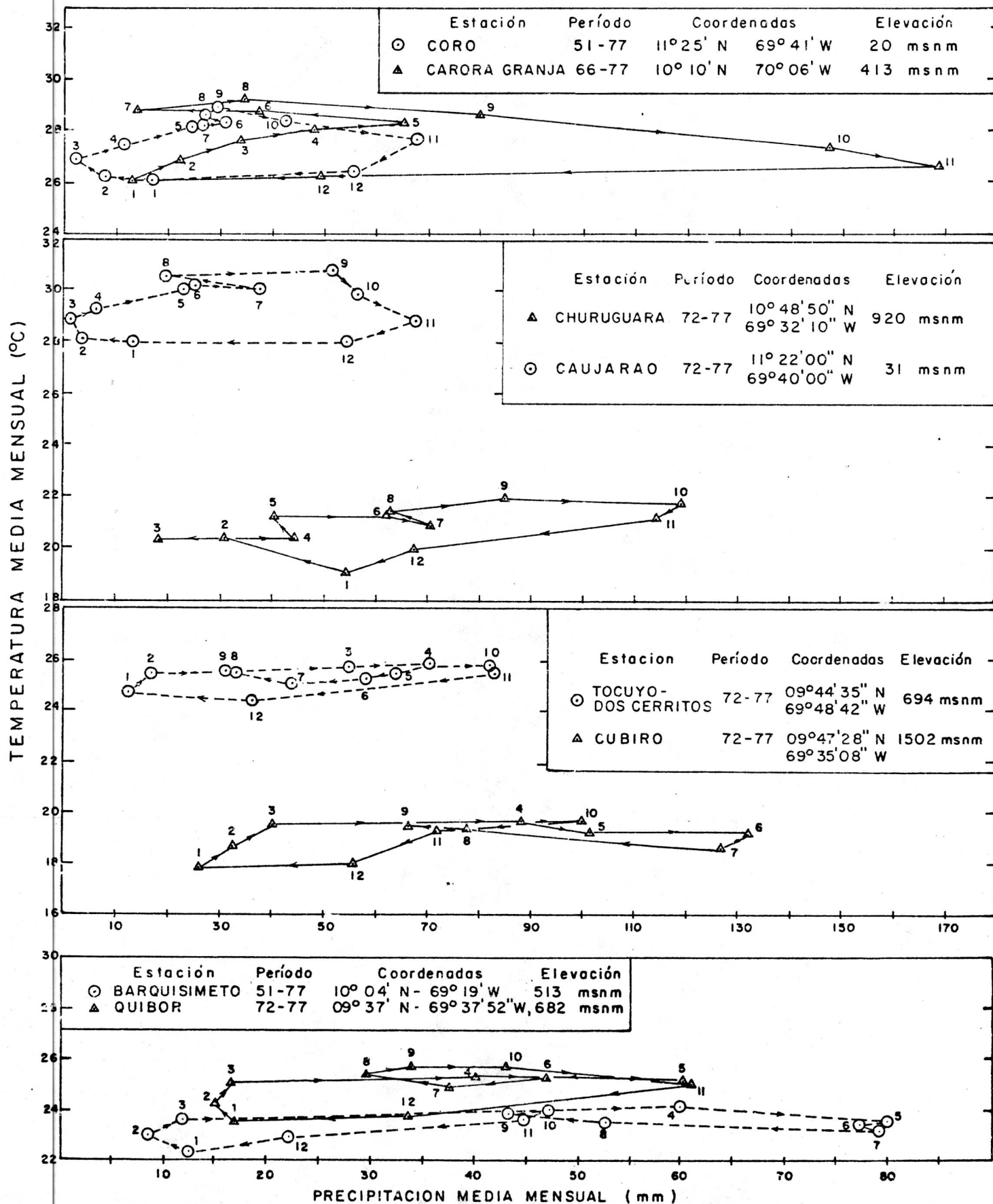
Muchos de los factores anteriores tales como la temperatura, la precipitación, humedad atmosférica, viento, etc son condicionantes de la especialización vegetal, la cual también experimenta cambios según los ambientes, especialmente los derivados de la variación altitudinal, aunque es dominante el tipo xerófito. Finalmente, el relieve ha evolucionado hacia formas erosionales altamente denudadas, como resultado de la acción de las precipitaciones y la escorrentía superficial sobre los suelos y rocas con alta tendencia a la erosión, ocurriendo muy variadas formas según el ambiente y dominancia de los mecanismos de control; así en las costas, donde el viento es persistente y de magnitudes considerables, aparecen formas eólicas como dunas y médanos, mientras que en cuencas del interior y sistemas de ríos, el transporte fluvial es dominante y se refleja marcadamente sobre el medio físico.

Con el propósito de definir diferenciaciones climáticas entre diversos sitios de la región, se muestran en los gráficos N° 1 y 2, climatogramas de varias estaciones donde se han representado a escala normal, la temperatura media mensual respecto a la precipitación media en mm. Ello en asociación a los rangos establecidos de su ocurrencia y distribución (Pegúy, 1961), hacen factible asignarle a cada mes, un tipo específico de clima además de permitir hacer un análisis comparativo, del comportamiento de estos factores dentro de cada región.

Las medias térmicas mensuales muestran reducidos rangos de variabilidad en comparación a la precipitación, las oscilaciones extremas diarias de la temperatura son notables sin embargo, carácter común a distintas regiones de clima seco.

GRAFICO Nº 1

CLIMATOGRAMAS DE DIVERSAS ESTACIONES METEOROLOGICAS
EN LA REGION DE LARA - FALCON - VENEZUELA NOR-OCC.



MEDICIONES HIDROMETEOROLOGICAS.

Muchos planificadores hidrometeorológicos han reconocido la necesidad de lograr densificaciones mayores de las instalaciones climáticas, en zonas de climas como el del área que nos ocupa. Es obvia además, la necesidad de medir más sistemáticamente un mayor número de parámetros hidrológicos, a objeto de afrontar los complejos problemas que plantea el aprovechamiento de los recursos naturales renovables en estas áreas, lo cual es también válido en lo relativo a su continuidad en el tiempo, mientras que el factor variabilidad es más notable en éstas con respecto a otras de clima más húmedos. A los fines de diseño hidrológico, mientras en una región donde la precipitación media anual oscila en el rango de 1.500 a 2.000 mm puede lograrse la predicción del rendimiento medio de sedimentos, con un período de registros de 5 años; esto se dificulta cuando se considera una región con menos de 500 mm/año, pues el record aceptable para un pronóstico confiable, debe extenderse a 15-20 años, así es el comportamiento de muchos aspectos del clima en estas regiones. De otra parte, debe aceptarse que en contraste con el bajo rendimiento del agua, los recursos edáficos recobran en éstas, significativa importancia por su calidad y extensión, pero aquí el uso y aprovechamiento de cualquiera de ellas, está enormemente vinculado a las formas de ocurrencia y distribución espacio-temporal del otro.

Los métodos para las mediciones hidrometeorológicas en el país se encuentran suficientemente normalizados a través del empleo de procedimientos comunes, pero el carácter particular del clima y la forma como se comportan los sistemas de ríos y otros cuerpos de aguas en estas regiones, además de la necesi

dad de mejorar el estado actual del conocimiento de este aspecto, amerita la adopción de variantes y modalidades especiales de operación, lo cual se traduzca en una recopilación más eficiente y económica de la información. El análisis de algunos de estos procedimientos en lo que al presente y futuro estado de realización, y de los orientados básicamente aspectos prácticos y de investigación, son los discutidos a continuación.

PRECIPITACION.

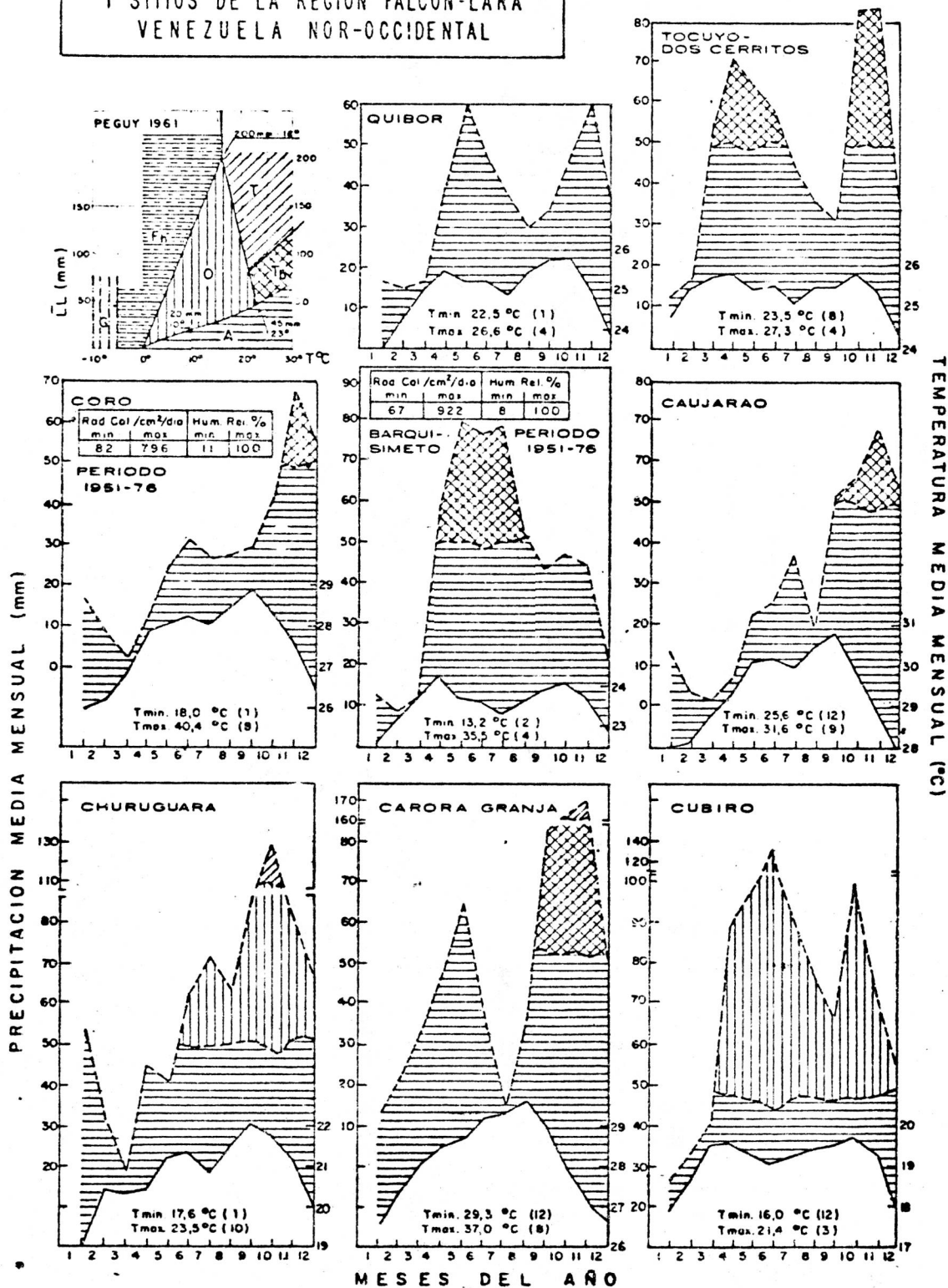
La precipitación como otros procesos del ciclo hidrológico es de carácter estocástico y su grado de variabilidad, amerita realizar progresivos y continuos registros de su ocurrencia y distribución.

En las regiones semi-áridas de Lara y Falcón, donde diversos elementos le afectan en mayor o menor grado tales como el relieve, orientación de los vientos, presencia e irregularidades de las costas, etc, su medición se hace más compleja dificultándose por razones económicas, mejorar la densidad de las redes.

Durante el lapso de las precipitaciones otros factores como la evaporación del agua almacenada en los instrumentos de medición, exposición a los vientos y su magnitud a la altura del aparato pueden afectar los resultados. En totalizadores visitados infrecuentemente, la colocación de algunas gotas de aceite, parafina, u otro liquido inmiscible que forme una superficie estable sobre el agua acumulada en el receptor o el diseño apropiado de los instrumentos, de tal forma que la temperatura interior se mantenga baja y con reducida ventilación, puede minimizar este efecto.

GRAFICO Nº 2

CLIMATOGRAMAS DE DIVERSAS ESTACIONES
Y SITIOS DE LA REGION FALCON-LARA
VENEZUELA NOR-OCCIDENTAL



Una mejor atención de la red pluviométrica en zona tan extensa, con lugares distantes entre sí, debe involucrar a personas e instituciones que garanticen la realización precisa y continua de las mediciones; así como escuelas, concejos municipales y otras instituciones públicas y privadas, pueden involucrarse en una tarea que en circunstancias se traduce en su propio beneficio, reduciéndose parcialmente los gastos de operación y manejo de la red.

Dentro de los aspectos más resaltantes a ser cuantificados en mayor detalle, con mediciones y estudios de la pluviosidad en la zona, son de señalarse los siguientes:

- 1.- Análisis de la intensidad y precipitación. Variación con la elevación de relieve, preparación de mapas isoyéticos y ampliación de los existentes.
- 2.- Evaluación de los factores hidroclimáticos e instrumentales que afectan a la medida de la precipitación.
- 3.- Análisis de los datos de precipitación: Estudios de tormentas, preparación de curvas de intensidad - frecuencia - duración, pérdidas por infiltración directa de la lluvia en los suelos y canales, relación de la intensidad de la lluvia con la erosión, clasificación y tipificación hidroclimática.

EVAPORACION.

Este es después de la precipitación, el aspecto más significativo cuyo conocimiento en regiones de climas secos, se hace importante y necesario no solamente desde el punto de vista de diseño hidrológico, sino agrológico y en otros

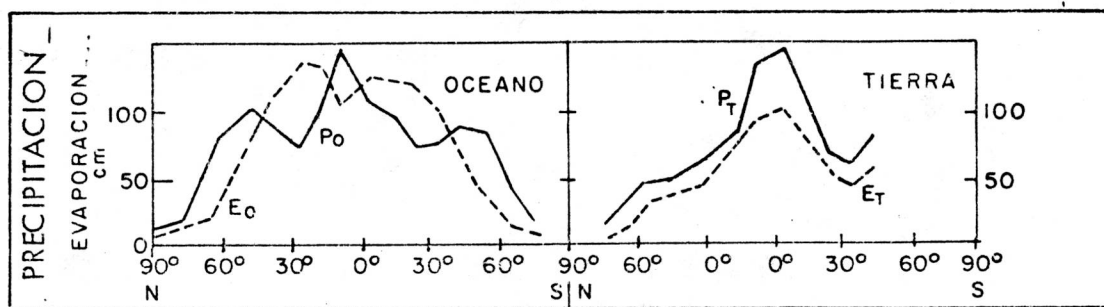
campos afines al uso y conservación del agua . En vista de ello, un gran esfuerzo se realiza por las oficinas hidrológicas en los distintos países, para practicar su medición y más recientemente, se hacen intentos para medirla directamente en condiciones naturales. Como es sabido, la evaporación puede medirse desde el suelo, a través de las plantas (transpiración) y desde las superficies libres del agua, tales como: embalses, lagos, océanos, etc.

El proceso que involucra la transferencia del vapor de agua desde la zona de evaporación hasta el área de precipitación, con el subsiguiente intercambio de calor latente, provee el mecanismo más importante y simple, que regula la distribución de calor sobre la superficie terrestre y ello es básico para comprender racionalmente la circulación atmosférica, además de lo que significa económicamente la evaporación sobre las áreas continentales - especialmente en las regiones de climas secos-, donde se nota actualmente un incremento en el uso del agua. En este sentido, la evaporación desde los mares y océanos es menos relevante, pero no así en lo referente a la necesidad de establecer los procesos de circulación de la humedad atmosférica y disponer de balances de precipitación- evaporación a macroescala. El gráfico Nº 3, muestra la variación de la precipitación y evaporación en el globo según la latitud, desde la superficie de los océanos como desde las tierras continentales en ambos hemisferios y aún cuando ello representa la información más precisa disponible hasta ahora, su carácter aproximado debe sobreentenderse, haciéndose necesario mediciones más densas de carácter local, que permitan mejorar el conocimiento de los procesos de intercambio en la superficie terrestre.

CUADRO N° 1
MÉTODOS PARA LA EVALUACION Y DETERMINACION DE LA EVAPORACION

(1) Método	(2) Principio	(3) Rel. Analíticas	(4) Limitaciones y Ventajas
Balance Hidrológico	Compensación de los componentes del ciclo hidrológico sobre un área	$P = E_p + S + E$	Requiere precisas mediciones especialmente de P y S método aprox. Aplicable a cuencas de climas y geología homogéneas, bajo largos periodos de tiempo.
Gravimétrico (Variante del Balance Hidrico)	Evaporación desde Superficies libres y pesadas a diferentes tiempos.	$E = (P_2 - P_1) / t$	Caracter perturbado de la muestra, precisión de pesadas. Se logra más precisión que en caso anterior.
Perfil de humedad del suelo	Determinación del Perfil de humedad en el suelo.	Usa sensores (Gravimétricos, Cond. eléctrica, térmica y sensores neutrónicos).	Rapidez, menor grado de perturbación de la muestra y limitaciones diferentes según el método.
Mediciones Con Tinas (Dalton)	Medición directa desde una superficie libre de agua	$E = C(p_w - p_a)$ $C = 0,77(1,47 - 0,018 B)$ $(0,44 + 0,118 W)$	Método más común, intervienen muchos factores, requiere considerar coeficientes de ajustes, deben medirse diversos factores meteorológicos.
Balance de Energía.	Usa las ecuaciones de conservación de energía y balance hidrico.	$R = H + LE_R + A$ $\beta = H / LE$ $EA = R / L(1 + \beta)$	Requiere mediciones precisas de la energía, temperatura y humedad específica. Equipos de medición no perfeccionados.
Método de Transporte de masa por difusión turbulenta.	Usa analogía con el transporte del flujo calorico. Asume condiciones adiabaticas y dist. log. de humedad y veloc. del viento en la vertical.	$E_0 = \frac{833 k^2 (h_1 - h_2)}{(T + 459,4)} \cdot \frac{(w_2 - w_1)}{[L_n(Z_2 / Z_1)^2]}$ $E_0 = \frac{\Delta C_v w^{0,75} T^{0,375}}{d^{0,25} p^{0,25}}$	Requiere mediciones precisas y simultaneas de variables que no son disponibles frecuentemente.
Aerodinámico (Var. del anterior.)	Contenido del vapor de agua sobre la superf. de evap.		Requiere mediciones precisas de la velocidad del viento y procesos de turbulencia.

GRAFICO Nº 3
DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION Y EVAPORACION.
SUPERFICIE TERRESTRE Y OCEANOS. (RIEHEL, 1952)



Como referencia se mencionan en el cuadro Nº 1 los diferentes métodos para evaluar la evaporación, y mayores detalles se describen en las referencias ⁽¹⁾.

Através del método de medición de evaporación en tinas, se ha investigado la acción de diferentes factores meteorológicos en varios países, determinándose factores de corrección o coeficientes de evaporación. Debe recordarse, que las mediciones de evaporación en tinas de pequeño volumen, dan más altos valores de evaporación cuando se les compara con aquellos de lagos y embalses, como consecuencia de las diferencias en el almacenamiento calórico. El cuadro Nº 2 muestra valores de los coeficientes de evaporación, deducidos cuando se han considerado tinas de geometría variable, bajo diferentes condiciones experimentales.

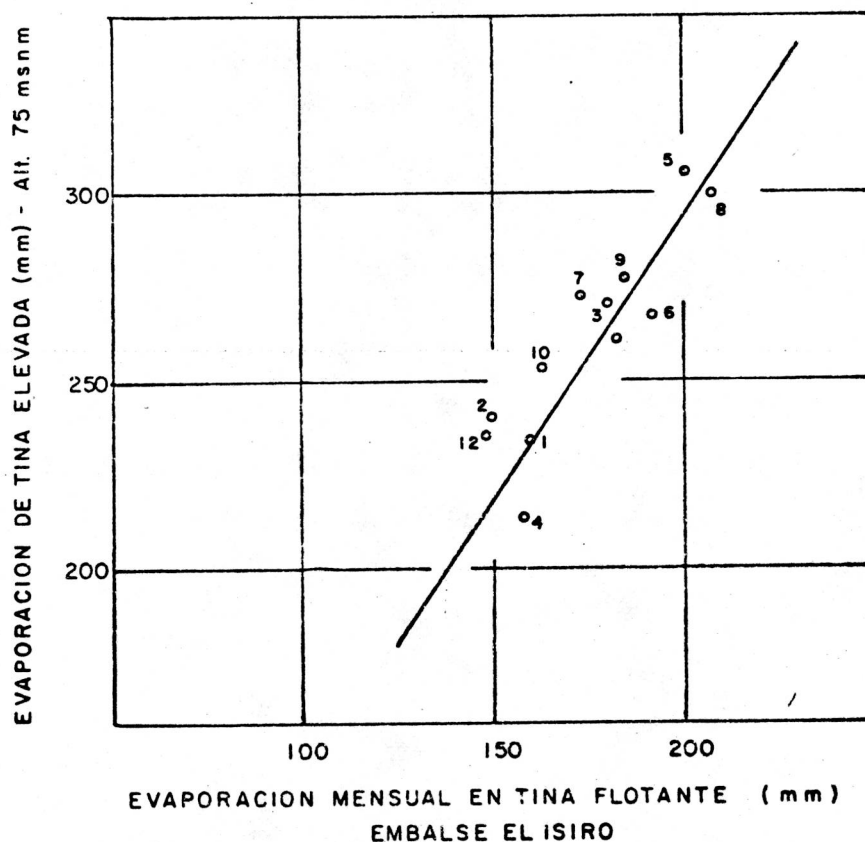
CUADRO Nº 2
COEFICIENTE DE EVAPORACION DETERMINADO POR ROHWER Y FOLLANSBEE.

Forma	Circular	Cuadrada	Cuadrada
Tamaño	1,20 m Ø	0,90 X 0,90 m	0,90 - 0,90 m
Profundidad del tanque	25,2 cm	0,45 - 0,90 m	0,45 m
Profundidad del agua	5-7,5 cm	Superficie del suelo	—
Elevación de la Tina	15 cm	5-15 cm de elevación	Flot.s/un embalse
Coeficiente	0,70	0,78	0,80
Rango del Coeficiente	0,60-0,82	0,75 - 0,86	0,70 - 0,82

Como datos comparativos de la evaporación medida en tinas expuestas a la atmósfera y las obtenidas en aquellas flotantes en un gran cuerpo de agua (embalse El Isiro , Estado Falcón) se ilustran en el gráfico N° 4 una correlación entre los valores mensuales observados durante el año 1968 , notándose magnitudes relativas a la evaporación en el embalse menores a los medidos en la tina a la superficie como es natural que ocurra, observándose discrepancias en un orden de 30 % .

Debido al efecto de diversos factores meteorológicos sobre el proceso de evaporación tales como el viento, humedad atmosférica, temperatura, etc, este experimenta variaciones tanto diurnas como estacionales, las primeras responden básicamente a las fluctuaciones térmicas, que a su vez es responsable de la circulación atmosférica.

GRAFICO N° 4
VALORES COMPARATIVOS DE LA EVAPORACION EN TINAS A LA INTEMPERIE Y LAS MEDIDAS EN EL EMBALSE DE EL ISIRO ESTADO FALCON. 1968.



Variaciones estacionales en los factores antes enumerados, determinan cambios notables en la evaporación y ello es más importante, en zonas de climas secos como la considerada, mientras que la amplitud y variabilidad de estos cambios son más notables que respecto a las observadas en otras regiones. Debido al hecho de existir un mar cálido bordeando las costas de Falcón, se favorece la ocurrencia de brisas marinas hasta el punto de que, por acción del viento en embalses costeros como el de El Isiro, alta generación de oleaje se desarrolla en las primeras horas del día (de 9 a 12 am) y ello actúa como un factor activador de la evaporación; en los embalses distantes de la costa, el efecto se reduce considerablemente.

En conexión a las mediciones de evaporación, los siguientes aspectos ameritan estudios más detallados relacionados con este proceso en zonas de climas secos como los de la zona.

- Investigación de la influencia de factores meteorológicos sobre la evaporación.
- Evaporación en embalses. Coeficiente de evaporación en tinajas
- Evaporación desde el suelo.
- Evapotranspiración y demandas de agua con fines de riego.

ESCURRIMIENTO Y NIVELES FLUVIOMETRICOS.

Las mediciones y cuantificación de la esorrentía en los sistemas de drenaje en estas áreas, tienen interés no solo como forma de lograr comprender mejor este proceso del ciclo hidrológico, sino por el hecho práctico de evaluar las disponibilidades de agua lo que es básico para planear su uso. En esta región,

dicha actividad recobra mayor importancia y ello al igual que la precipitación de la cual se deriva, ofrece dificultades por su variabilidad, haciéndose necesario disponer de largos períodos de registros para su diagnóstico definitivo.

Asociado al escurrimiento están de otra parte, otros procesos como son los erosionales y la calidad de las aguas, los cuales en circunstancias especiales, pueden hacer no factible un proyecto, haciéndose indispensable su conocimiento previo, para las tomas de decisiones y orientación de los mismos.

Las metodologías y criterios para las instalaciones, mediciones y localización de instrumentación para recabar información de esta índole, adquiere por las mismas condiciones del medio modalidades particulares, así las siguientes precauciones deben ser consideradas:

- Deben seleccionarse tramos fluviales estables y rectos que no ofrezcan riesgo de erosión y/o degradación. las miras deben emplazarse en suelos y fundaciones estables.

- El registrador no debe ser afectado por remansos o efectos de estructuras de control en el río tales como puentes, pilas, por niveles de otros cuerpos de agua (ríos tributarios, mar , etc)

- El sitio debe ser accesible bajo diferentes condiciones ya sea en flujos altos como en bajos.

- Si las margenes del canal son planas y erodables, es recomendable colocar miras inclinadas en lugar de las verticales, y cuando el canal es interdigitado, deben emplazarse niveles complementarios referidos a un datum común de referencia.

- Si las miras se colocan en puentes o bases estables y ellas son dañadas o removidas por los flujos, deben fijarse puntos de referencia que faciliten su rápida y nueva colocación.

- Cuando se colocan baterías de medidores de picos en los canales, ellos deben preferiblemente mantenerse alineados.

- La ubicación del pozo para el limnómetro, debe ser tal que se evite la acción del oleaje y entrada excesiva del sedimento. Ríos que transportan altas concentraciones de materiales finos como el Mitare y el Maticora, ofrecen problemas de esta última índole y ello impone un mantenimiento y limpieza continuos.

- El nivel de referencia cero, debe ser inferior al nivel más bajo alcanzado por el lecho del río.

- Detalles de la sección de aforo y situación de los niveles, deben fijarse en croquis que permitan su reubicación en casos de daños causados por altos caudales ó la sedimentación del canal. En adición a estas precauciones, están las ligadas propiamente a las mediciones de las descargas sobre las cuales no se hacen mayores consideraciones, por estar bien concebidas y siguen normas definidas dentro de las diferentes zonas hidrologicas.

Entre los aspectos que ameritan una consideración más amplia relacionada con las mediciones de descarga fluviales en estas zonas serían de citarse:

1.- Mediciones adicionales en cauces efímeros cuya esorrentía se genera de lluvias localizadas con alta intensidad, en zonas altamente erosionadas.

2.- Mediciones en cuencas de alto relieve, especialmente con manantiales que tienen su fuente de suministro desde áreas karsticas (Ricoa, Siborua , Meachiche) de la Serranía de San Luis y otros de la Serranía de Churuguara y de los Humocaros.

3.- Intensificar las mediciones de rios suministradores a los embalses existentes o en proyecto.

AGUAS SUBTERRANEAS.

El propósito de las mediciones de las aguas subterráneas en estas zonas semi-áridas de Venezuela, donde ellas representan una importante alternativa de uso, como factor del desarrollo agrícola y como fuentes de suministros, persiguen

hacer su evaluación através de mediciones en la profundidad de las zonas saturadas, almacenamiento, movimiento, producciones específicas, definir su calidad y distribución, así como determinar los cambios que ellas experimentan, ya sea como consecuencia de procesos naturales, o como resultado de la interferencia causada por su aprovechamiento.

Tales mediciones pueden orientarse hacia otros objetivos y propósitos específicos como: Estudios de recarga, Interferencia de pozos, Verificación de modelos, Evaluación de funcionamiento de los pozos, etc., y ellos dependen fundamentalmente de los objetivos perseguidos con los mismos.

Las mediciones normalmente se circunscriben a las practicadas:

- 1.- En pozos existentes
- 2.- A través de pozos y piezómetros específicamente ejecutados con este fin.
- 3.- Manantiales, Estanques y Fosas en conexión hidráulica con la mesa de agua.

Los primeros representan los sitios más convenientes y son los usados en las zonas para medir a bajos costos. En áreas de densa red de perforaciones como Quibor, se realizan mediciones periódicas simultáneas de niveles, previa interrupción del bombeo en pozos especialmente seleccionados.

A través de piezómetros se lleva el control de subpresiones y filtraciones en embalses, siendo estos usualmente empleados en áreas bajo riego. La construcción de fosas en zonas semi-áridas para medir las aguas subterráneas deben

considerar los problemas de la evaporación y erosión y a menos que se persigan otros objetivos como el de el análisis de la infiltración y recarga, ellas deben ser descartadas como vías alternas, de otra parte requerirían profundas excavaciones para alcanzarse los niveles freáticos y no se dispone de evidencias, que indiquen escasa profundidad de las aguas subterráneas en los sedimentos aluvionales, excepto quizás en médanos y arenas adyacentes a las costas.

Estas mediciones van a requerir en la región mayor interés en el futuro, si se considera la necesidad creciente de las aguas subterráneas para incorporar nuevas tierras al riego, igualmente debido al suministro del agua desde fuentes exógenas (Proyecto de Trasbase Yacambú) lo que hace necesario evaluar su influencia sobre los sistemas de almacenamiento, como medida previa para planear su futuro aprovechamiento.

En adición a las mediciones rutinarias, las siguientes son recomendadas como complementarias que ayuden a conocer mejor el comportamiento de las aguas subterráneas, basadas en los datos de la red de pozos en la región:

1.- Mediciones periódicas de interferencia y recuperación en sistemas de pozos bombeados especialmente en sectores catalogados como críticos en este aspecto, tales como : El Valle de Quíbor, Valle del río Tocuyo y áreas costeras sujetas a intrusión y contaminación salina.

2.- Colocación de equipos registradores continuos en pozos localizados en áreas de alto desarrollo con aguas subterráneas o donde se hayan detectado descensos notables de la zona freática .

3.- Hacer evaluaciones del funcionamiento y eficiencia de los pozos

con largos periodos de operación, através de perfilajes y sondeos geoeléctricos.

4.- Iniciar investigaciones hidrogeológicas a base de la información real y existente de campo, para tratar de orientar y normar el uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas en esta zona. Todas estas mediciones y estudios deben vincularse, a una real comprensión del comportamiento hidrocimático en la zona, al conocimiento del marco geológico y según la distribución ó restricciones de éste y otros recursos naturales renovables en cada sector.

EROSION Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.

Este es un problema significativo dentro del área de interés y a ello contribuye todo un conjunto de factores que han configurado sobre el relieve, un tipo erosional de caracter geológico irreversible, sobre el cual solo es factible un control ingenieril y técnico, limitado. Las mediciones de estos procesos cobran por lo tanto, enorme importancia, estando íntimamente ligado a otras mediciones hidrometeorológicas sobre todo, la relativa al escurrimiento superficial y la precipitación. El transporte sólido en los canales naturales es un proceso dependiente además de las características de las partículas del sedimento, de las condiciones geométricas de las secciones e hidráulica del flujo, así que estas propiedades deben además ser medidas. En circunstancias especiales es también necesario cuantificar las propiedades de las fuentes de suministros como zona de deslizamientos, pendientes, espesor de los suelos erosionales y esto es en zonas de climas secos tan importante como la que se practican sobre los mismos canales, mientras que através de ellos, se ubican las zonas de erosión laminar, asentamientos,

cárcavas, erosión de planicies, etc, lo cual permite adoptar las medidas de control en las áreas críticas.

Las mediciones de sedimentación llevadas a cabo en esta región reportan magnitudes considerables del transporte sólido por las corrientes superficiales. Valores máximos de concentraciones notables, si se les compara* con otras registradas en distintos ríos del mundo, llevan a sorprendente resultado respecto a la erosión. La concentración más elevada medida en el país ha sido en la Quebrada Las Raíces, un tributario del Río Tocuyo e indicó un valor instantáneo de 27 % en peso, bajo condiciones muy especiales de esorrentía generadas por lluvias de alta intensidad y corta duración. Otras magnitudes medidas en ríos de la zona, indicaron valores cercanos al 10 % en peso (Tocuyo, Mitare) y hasta el 5 % en peso en el Maticora. Acarreos de sedimentos anuales hasta de 107 mill. de m³ han sido estimados en el Río Tocuyo en el alto (17.800 Km², año 1955), tales magnitudes llevan a considerar la significancia de este aspecto, sobre la conservación de la vida útil de los embalses localizados en esta región.

Los siguientes aspectos relacionados con la sedimentación y la erosión deben ser reforzados através de la recolección de información y estudios tanto locales como de caracter regional:

1.- Mediciones y densificación de puntos de captación en cuencas y ríos, que ofrecen distintas condiciones de transporte, físicas y climáticas,

2.- Estudios y mediciones de procesos erosionales en los suelos de las cuencas, así como la definición de áreas de suministros, deposición y causas determinantes de la erosión.

* Río Puerco (U.S.A.) 67 %, Río Ching (China) 55 %, Río Amarillo 46 % en peso respectivamente.

3.- Medidas de control de la erosión. Protección de áreas contribuyentes a embalses.

4.- Diagnóstico de la erosión en los suelos y canales (Agradación y Degradación).

5.- Relación del sedimento con la química del agua y del ambiente geológico.

! INVESTIGACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.

El conocimiento de la calidad de las aguas es importante desde muchos puntos de vista como son: las actividades de riego, drenaje, aguas subterráneas, contaminación de las aguas superficiales, usos múltiples para industrias, abastecimiento y desde el punto de vista de investigación ambiental. Ello es de una proyección relevante, en medios como el que nos ocupa, considerándose toda la amplia gama de variaciones en el ambiente y la forma de distribución, así como el destino final del recurso.

En consideración a tales características se ha seleccionado a esta zona como área modelo para llevar a cabo programas de diagnóstico y evaluación de las redes de medición, donde se están considerando los diferentes cuerpos de aguas: embalses, ríos, aguas subterráneas, zonas costero-litorales, manantiales, etc.

La frecuencia y densidad de las mediciones hidroquímicas están íntimamente relacionados con la variabilidad y la calidad de las aguas, lo que depende de las fuentes y procedencias de las mismas, además de las disponibilidades de recursos económicos para practicar los ensayos. En las zonas áridas y semi-áridas

donde la variabilidad de la escorrentía y el carácter heterogéneo de los suelos y rocas pueden causar amplias diferencias en los constituyentes de las aguas, los programas iniciales de muestreo deben cubrir el mayor número de fuentes superficiales, en detrimento del aumento de la periodicidad de las captaciones en puntos fijos. Una excepción debe ser para aquellos sitios de futuro ó inmediato aprovechamiento.

Dos normas básicas para la ejecución del muestreo son: La obtención de muestras representativas y el evitar la contaminación previa al análisis; en el caso de las aguas de ríos, los sitios recomendados y que permiten relacionar las muestras con otras propiedades del flujo son las secciones de aforo, por lo tanto hacer las captaciones en las sub-secciones donde se producen las mayores descargas, es lo recomendado.

En ríos con gran variabilidad de caudales como el Maticora, un programa corto pero sistemático de captaciones a cada caudal máximo instantáneo, es aconsejable, mientras que en aquellos con hidrogramas donde el ascenso y la recesión tienen larga duración, las captaciones pueden hacerse más espaciadas en el tiempo. En general, los criterios para realizar los muestreos en otros reservorios de aguas, dependen de sus características propias y los fines perseguidos con la información. Así los procedimientos para las tomas de muestras en embalses, lagos, fuentes termales, manantiales, áreas estuarinas, etc, tienen un carácter más particular, ellos a menudo solo se muestrean esporádicamente. En adición a los anteriores, tanto los caudales de entrada como de salida a los embalses, deben ser periódicamente muestreados y analizados. A objeto de perturbar en

minimo grado a las muestras, se recomiendan usar equipos integradores.

Las muestras de aguas subterráneas se deben tomar de pozos, drenes y otras fuentes de acceso a la zona freática. Estas aguas no experimentan tanta variación composicional como las superficiales, excepto en aquellas que experimentan frecuente recarga natural o artificial, así que no requieren tan sistematicos programas de captación, pero es en definitiva su uso lo que determina los requerimientos de muestreos, en especial lo atinente a frecuencia, variabilidad en el tiempo y según la profundidad.

La revisión de nuestros archivos de la calidad de agua en las zonas así como las llevadas anteriormente por otros organismos, indican un aceptable grado de detalle en las mediciones de este aspecto. Resúmenes sobre los distintos puntos de muestreos en diferentes ambientes hidrológicos de la región se muestran en el cuadro Nº 3.

OTROS FACTORES METEOROLOGICOS.

Como complemento a la medición de los diferentes parámetros citados se hace necesario definir en la zona, una caracterización más detallada de otros elementos del clima como son: temperatura, radiación, vientos y humedad atmosférica. Ello se logra através de estaciones climatológicas localizadas en áreas, preferentemente de desarrollo agropecuario, o en zonas cuyas características reflejen modalidades climáticas que permitan una apropiada comprensión de los factores determinantes del mismo. Estos presentan alta dependencia de muchos factores y variables tanto climatológicas como del medio fisico-geográfico, de forma

CUADRO Nº 3

DISPONIBILIDAD DE ENSAYOS DE CALIDAD DE AGUAS EN DIFERENTES AMBIENTES DE LA REGION
AGUAS SUPERFICIALES.

Localidad	Nº de Análisis	Organismo	Período	Frecuencia Anual	Comentarios
Embalse El Isiro	251	INOS	61-71	25	Suministro Urbano
Embalse Mapara-Churuguara.	45	INOS	65-71	6	Suministro Urbano
Manant. de Pedregal	20	INOS	70-71	10	Suministro Urbano
Río Ricoa	14	INOS-LAICA	50-70	05	
Río Aroa	9	INOS	70	9	
Río Seco-Coro	15	INOS	65	15	
Río Tucacas	5	INOS	70-71	2	
Río Mitare	12	INOS-LAICA	56-71	2	
Manant. Meachiche	12	INOS-LAICA	65-71	2	Contribuyente a Embalse
Río Tocuyo	86	INOS	50-71	4	Contribuyente a Embalse
Río Morere	14	INOS	50-61	1	
Qda. La Guajira	70	INOS	69-71	23	
AGUAS SUBTERRANEAS.					
Coro.	18	MMH	1973	18	
Punta Cardón	11	MMH	1973	11	
Mene Mauroa	8	MMH	1973	8	
Maicara	8	MMH	1973	8	
Puerto Cumarebo	6	MMH	1973	6	
Casigua	5	MMH	1973	5	
Mitare	3	MMH	1973	3	
Hacienda Altagracia	6	MMH	1974	6	Localizados en el Edo. Lara
Hacienda Las Virtudes	6	MMH	1974	6	Localizados en el Edo. Lara

que siendo ellas tan diversas, lo recomendable económicamente es seleccionar sitios de desarrollo o de mayor densidad demográfica. El viento es un factor que cobra importancia reciente dentro de los planes urbanísticos que llevan a la zonificación y ordenamiento de las tierras (disposición de residuos, rellenos sanitarios, etc) del mismo modo, la radiación comienza a ser vista por los estudiosos del clima, con el interés exigido por un más apropiado conocimiento de los procesos de transferencia de energía y los de intercambios de masas en la atmosfera e hidrofera .

DEFINICION DE TERMINOS Y CONCEPTOS.

- A.- Almacenamiento calórico en el medio de evaporación.
- B.- Presión varométrica (pulg. de Hg.)
- d.- Diámetro de la tina de evaporación (piés)
- E_s.- Ecurrimiento Superficial
- E.- Evaporación (pulg./horas)
- E_a.- Evaporación diaria (pulg.)
- E_r.- Rata actual de evaporación.
- H.- Calor sensible de conducción de la superficie de evaporación respecto a la del aire.
- h_1, h_2 .- Humedades específicas del aire a los niveles z_1, z_2 .
- k .- Constante de Von ' Karman ($k = 0.4$)
- L .- Calor latente de vaporización del agua.
- L_n .- Logaritmos neperianos .
- P .- Precipitación.
- p_1, p_2 .- Conienidos de humedad a dos niveles sobre la superficie de evaporización.
- p .- Presión del aire en (lb/pie^2)
- R.- Energía radiante neta.
- S.- Pérdidas por infiltración y almacenamiento superficial.
- T.- Temperatura absoluta. (grado °F)
- t .- Tiempo para realizarse el proceso de evaporación.
- W_2, W_1 .- Velocidad del viento a los niveles Z_2, Z_1 (mill/h)

- W.- Velocidad del viento (mill/horas) al nivel de la superficie de evaporación.
- W_s .- Velocidad del viento (en pie/seg.)
- β .- Radio de BOWEN.
- ρ .- Densidad del aire.
- Δc_r .- Diferencia de la concentración del vapor del agua a dos niveles de referencia (lb/pie³).
- % en peso.- Concentración en peso del sedimento medido en una sección fluvial
(1 % en peso = 10⁴ PPM = 10 Kg/m³)

REFERENCIAS .

- 1.- LINSLEY, KOHLER, PAULHUS. Applied Hydrology. Mc. Graw Hill Book.
- 2.- PEGUY, C.P. 1961. " Précis de climatologie ". in the Enc. of Atmospheric Sciences Edited By Rhodes Fairbridge.
- 3.- PEREZ H. DAVID, 1972. Sobre el control de la erosión en la región de Falcón - Lara. División de Hidrología, MOP.
- 4.- — 1968. Producción de sedimentos del Rio Maticora para un largo periodo. División de Hidrología. MOP.
- 5.- — et al. 1967. Capacidad de transporte del Rio Tocuyo en el alto. División de Hidrología. MOP.
- 6.- STRAHLER A. N. 1965. " Introduction to Physical Geography " N.Y. John Wiley & Sons.
- 7.- RIEHL, H. 1977. On the Weather of Venezuela. A Summary Report on the Ven. Experim. Of 1969 - 1972.
- 8.- UNITED NATIONS. Standards for Methods and Records of Hydrologic Measurements. Flood Control Series Nº 6.