

ING. HIDR^o. JESUS SANCHEZ CARRILLO
PROFESOR TITULAR

LA ESTACION LLUVIOSA OPTIMA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
CARACAS/1984

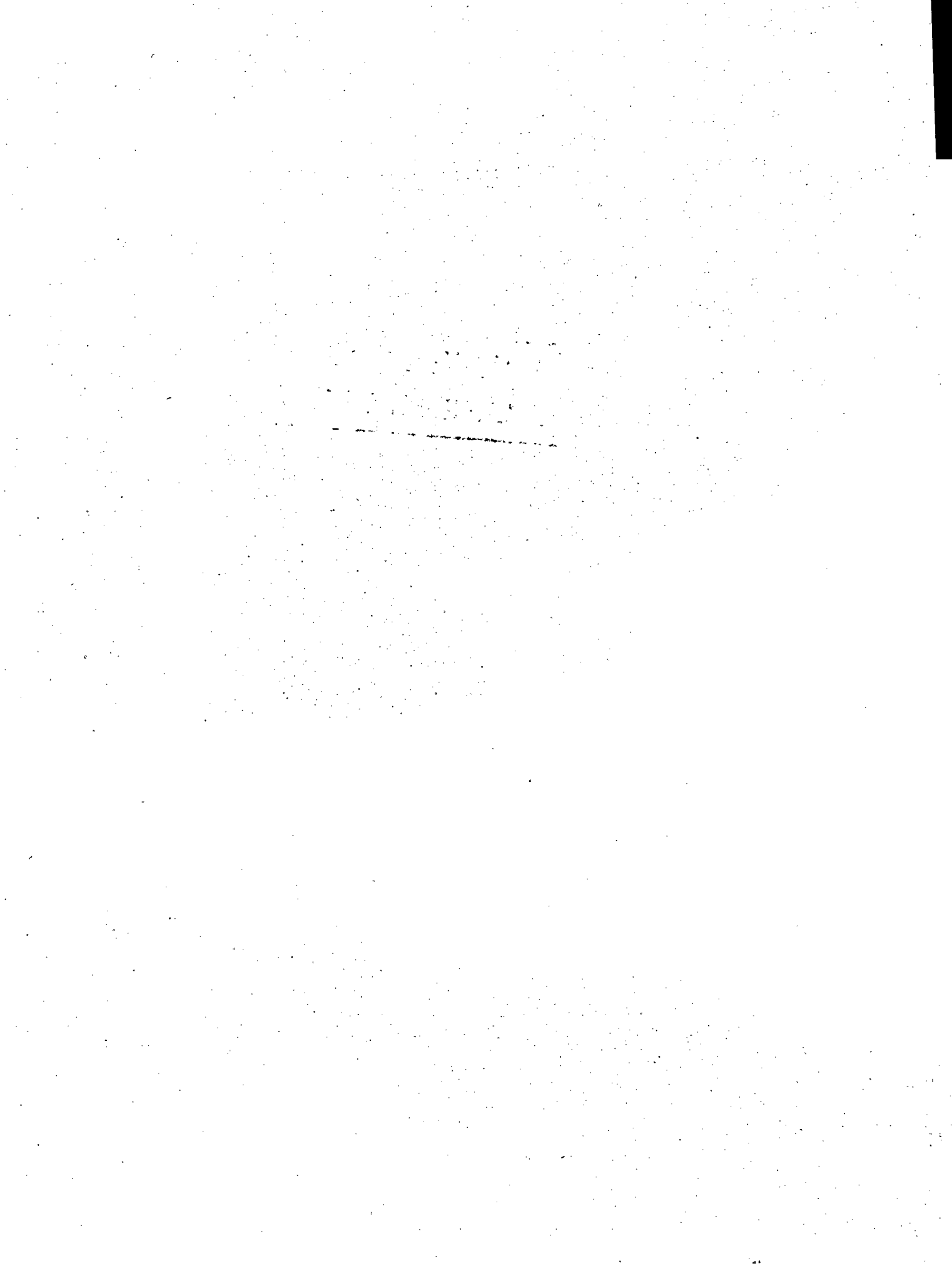
ING. HIDRº. JESUS SANCHEZ CARRILLO
PROFESOR TITULAR

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

LA ESTACION LLUVIOSA OPTIMA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
CARACAS/1984



MOTIVACION DEL ESTUDIO

En el lenguaje climatológico se utilizan frecuentemente los términos de “estación lluviosa” y “estación seca” para designar los períodos del año en que ocurren abundantes precipitaciones y aquellos en que las lluvias son escasas o no se producen.

También en el lenguaje agrícola se usan las expresiones de “lluvioso” y “seco” para señalar los meses donde las lluvias son frecuentes y aquellos en los cuales no ocurren precipitaciones o son de poca importancia para la agricultura.

Sin embargo, existen diferentes criterios para identificar y delimitar la “estación lluviosa” en un lugar. Algunos autores han usado valores numéricos arbitrarios para separar los meses secos de los lluviosos. Otros han utilizado relaciones entre la temperatura y la precipitación para delimitar el período “húmedo” del año. También se ha utilizado el balance hídrico mensual para definir el número de meses húmedos que tiene una determinada localidad.

Nuestra intención al realizar este breve estudio ha sido presentar una metodología para la delimitación de la estación lluviosa, que sea aplicable para la agricultura. Es decir, un estudio de carácter agroclimático. Es conveniente agregar que para fines agrícolas, una delimitación de la estación lluviosa debería tomar en cuenta el parámetro que afecta en mayor grado el desarrollo normal de los cultivos: la deficiencia de agua.

ANTECEDENTES

Sin tratar de hacer una relación exhaustiva de los métodos usados para delimitar la estación lluviosa, o el período "húmedo" en una localidad, mencionaremos algunos de los más conocidos dentro del campo de la Climatología.

a) Uno de los métodos más antiguos es el llamado "coeficiente pluviométrico" de Angot. Este coeficiente se computa para cada mes y es igual a la relación existente entre la precipitación "relativa" mensual (expresada en ‰ del valor real anual) y la precipitación llamada "ideal", correspondiente al mismo mes.

La precipitación "ideal" es la cantidad (expresada en ‰ de la anual) que le correspondería a cada mes si la lluvia se distribuyera de manera uniforme a lo largo del año. Así, a los meses de 31 días les correspondería un 85‰ del total anual; a los meses de 30 días les correspondería un 82‰ y al mes de Febrero le correspondería un 77‰ del total anual.

Cuando el coeficiente pluviométrico es menor que 1, el mes se considera "seco". El período lluvioso está formado por el grupo de meses con coeficientes mayores que 1.

En el cuadro de la pág. 15 se muestran los períodos lluviosos correspondientes a las localidades de Maracay y Mérida. La primera de ellas tiene un período lluvioso de 6 meses (Mayo-Octubre), mientras que la segunda tiene 2 períodos lluviosos: uno de tres meses (Abril-Junio) y otro de igual duración entre Septiembre y Noviembre.

Debe anotarse que inicialmente el coeficiente de Angot fue usado para comparar regímenes pluviométricos.

cos,² pues el régimen de lluvia es definido por la distribución de la misma y no por la cantidad anual que ocurra. Posteriormente se ha utilizado para definir los períodos secos y lluviosos.

b) Otra de las formas para delimitar la estación lluviosa fue propuesta por Gausson en su bien conocido "climadiagrama" o "climograma". Este método es esencialmente gráfico.³

La representación gráfica se hace sobre ejes ortogonales con 2 escalas verticales dependientes. Una de las escalas corresponde a la precipitación, expresada en milímetros, y la otra corresponde a la temperatura media del aire, expresada en °C. La relación entre las escalas es: $P = 2T$, es decir, que los valores de Precipitación corresponden al doble de los valores de Temperatura. En el eje horizontal (abscisa) van marcados los meses del año.

Una vez trazadas las gráficas de lluvia y temperatura, aparecen dos zonas claramente delimitadas por la intersección de las dos curvas. La zona superior, donde la curva de precipitación está por arriba de la temperatura, y la zona inferior, donde ocurre lo contrario. La estación húmeda corresponde a la parte *superior* y la estación seca a la *inferior*. Puede ocurrir que no exista alguna de ellas, o que aparezca más de un período húmedo durante el año.

En las páginas 16 y 17 se muestran los climogramas correspondientes a las localidades de Maracay y Mérida. Puede observarse que en Maracay el período húmedo se corresponde bastante bien con el determinado por el coeficiente pluviométrico de Angot: 6 meses (Mayo-Octubre). Pero en el caso de Mérida el resultado es diferente: el climograma señala un período húmedo de 11 meses; todo el año es húmedo, con excepción del mes de Febrero.

Por último, el gráfico de Gausson destaca el período donde la precipitación mensual supera los 100 mm. y lo califica como “muy húmedo”.

c) En Venezuela se ha abordado el tema de la “estación lluviosa” en varias publicaciones, pero en casi ninguna de ellas se fija un criterio para su delimitación. Sin embargo, A. W. Goldbrunner, en un trabajo reciente sobre clasificación climática del país,⁴ incluye dentro de la fórmula climática propuesta el señalamiento de los períodos secos y húmedos que tiene una localidad durante el año.

Según dicho autor, un mes de “verano” está definido por una cantidad de lluvia inferior a 25 mm. Un mes de “invierno” es el que tiene una lluvia superior a 50 mm. Los meses con lluvias entre 25 y 50 mm. son considerados como períodos de “transición”.

Como un ejemplo, citamos el caso de Charallave, Edo. Miranda, cuyos valores de precipitación mensual son como sigue (en mm):

<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Anual</i>
26	11	8	31	107	157	126	121	95	95	66	45	888

De acuerdo con las definiciones, hay un período de “invierno” de 7 meses (Mayo-Noviembre), un período de “verano” de 2 meses (Febrero-Marzo) y 2 períodos de transición: Diciembre-Enero y Abril.

d) Debemos mencionar también el trabajo de F. Avellán, publicado por el Ministerio del Ambiente.¹

Dicho autor utiliza el balance hídrico mensual para la determinación de los períodos húmedos. Asigna el

valor de 100 mm. como capacidad máxima de almacenaje de agua en el suelo (capacidad de campo) y considera que un mes es "húmedo" cuando presenta un balance hídrico favorable durante un 70% o más del período analizado.

Un balance favorable o "evento húmedo" ocurre cuando la demanda neta de riego (DNR) es igual o menor de 5 mm. El autor considera en el trazado de las isolíneas el número total de meses húmedos, sin hacer distinción sobre si son o no consecutivos.

Conviene notar que la asignación del 70% como la frecuencia mínima para que un mes sea considerado "húmedo", representa un riesgo de hasta un 30% en el trazado o delimitación de las "regiones hídricas agroclimáticas", como son denominadas por el autor.

PROCEDIMIENTO UTILIZADO

El método que hemos usado en este trabajo se fundamenta en los siguientes postulados:

- a) El balance hídrico local es la mejor herramienta para definir los períodos secos y húmedos en la zona tropical, ya que el principal factor limitante de la agricultura es la disponibilidad de agua durante el año.
- b) Un balance hídrico para fines agrícolas debe mostrar en forma adecuada los períodos más favorables para la agricultura "de secano", es decir, aquellos en los cuales no hay *deficiencia* de agua.
- c) En agricultura es más importante conocer las "deficiencias" que los "excesos" de agua. El control de los excesos representa un problema hidrológico de mayor complejidad: obras de drenaje, embalses, canalizaciones, etc. En la

programación agrícola debe centrarse la atención en el problema de "cuándo y cuánta agua falta", o lo que es similar: cuándo es suficiente el agua disponible.

Con las premisas anteriores, utilizamos el balance hídrico para determinar los períodos del año donde no ocurre "deficiencia" de agua en una localidad.

Nuestro balance se ha efectuado según el método de C.W. Thornthwaite,⁶ sobre la base de valores mensuales y utilizando cantidades diferentes de capacidad de campo para los distintos suelos, de acuerdo a la textura media de los mismos y la vegetación dominante en la zona. Estos valores de capacidad máxima de retención de humedad (capacidad de campo) fluctuaron entre 100 y 300 mm.

Como datos básicos se usaron los balances hídricos de 130 localidades del país, computados para un período de 20 años (1951-1970). Estos balances fueron utilizados para delimitar regiones climáticas en un trabajo anterior.⁵

De acuerdo con nuestro postulado b), un mes sin deficiencia de agua es un mes "óptimo" para fines agrícolas. En consecuencia, tomamos el grupo de meses consecutivos que tienen una deficiencia=0, o menor de 5 mm, y los identificamos como "período óptimo". Este período es el que constituye realmente la "estación lluviosa óptima".

En las páginas 16 a 21 se muestran como ejemplos los balances hídricos correspondientes a las localidades de Maiquetía, Barcelona, Clarines, Sanare, Mérida y El Vigía.

En Maiquetía no existe estación lluviosa "óptima"; lo mismo ocurre en Barcelona. En Clarines el período

“óptimo” cubre 2 meses. En la localidad de Sanare hay 2 períodos óptimos: uno de 3 meses (Mayo-Julio) y otro de 2 meses (Octubre-Noviembre). Mérida tiene un período óptimo de 10 meses (Abril-Enero) y El Vigía tiene uno de 9 meses (Octubre-Junio).

El balance hídrico permite conocer el “consumo real” de agua en un lugar. Este valor está representado por la Evapotranspiración real (ETR). Para cada localidad se ha computado la ETR durante el período óptimo sumando los valores respectivos.

Finalmente, teniendo en cuenta que los datos numéricos presentados constituyen el promedio de 20 años (1951-70), decidimos mostrar la frecuencia correspondiente al inicio de estos períodos “óptimos”. Este valor se ha denominado “frecuencia de años favorables”. El complemento de dicha frecuencia son los “años deficitarios”.

RESULTADOS

Con el objeto de mostrar gráficamente los resultados de los criterios expuestos sobre la “estación lluviosa óptima”, fueron preparados 2 mapas de Venezuela, a escala de 1:2.000.000, en la forma siguiente:

1. Un mapa intitulado “Comienzo y duración de la estación lluviosa óptima”. Las zonas delimitadas por líneas negras continuas corresponden al primer mes del período óptimo: Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio y final de año (Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre). Las zonas rayadas en negro tienen una estación óptima de 12 meses.

Sobre las regiones así delimitadas se han trazado unas isolíneas que corresponden a la longitud en meses del primer período óptimo que ocurre en

el año (período principal), contado a partir del mes de comienzo señalado. Están dibujadas con líneas de trazos y tienen los valores pares (2, 4, 6, 8 y 10 meses). Es lógico que los valores impares corresponden a las zonas situadas entre ellas.

Resulta fácil determinar el mes de comienzo y la duración de la principal estación lluviosa óptima, una vez ubicado el lugar sobre el mapa. Así, por ejemplo, en San Fernando de Apure la estación óptima comienza en Mayo y dura 6 meses; mientras que en Valle de la Pascua el comienzo ocurre en Junio y la duración es de 5 meses. Biscucuy tiene un período óptimo de 8 meses a partir de Abril.

El mapa indica que el comienzo de la estación óptima ocurre primero en el sur del país (Marzo) y luego avanza hacia el norte. En igual forma, el comienzo se desplaza desde el oeste hacia el este del país. Este hecho está de acuerdo con el régimen de desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ITC), que es el factor causante de la estación lluviosa en el centro y sur de Venezuela.

2. Un mapa intitulado "Probabilidad (%) de comienzo de la estación lluviosa óptima", donde se han trazado las isolíneas correspondientes a los valores de 80 y 90%.

Teniendo en cuenta que el balance de agua correspondiente a cada localidad es un promedio para el período de 20 años (1951-70), es natural que el primer mes del período óptimo represente una situación promedio, la cual se ha trazado en el mapa anterior. Interesa, por tanto, conocer con qué frecuencia ocurre esa situación

media durante los 20 años analizados y así la hemos expresado como probabilidad (en %).

Consideramos que las regiones donde la probabilidad es inferior a 80% tienen un riesgo considerable, pues en uno de cada 5 años no ocurren las condiciones climáticas que aparecen dibujadas en el mapa principal. Esto significa que en los cultivos estacionales de ciclo corto que se siembran en estas zonas hay más de un 20% de probabilidad de que ocurran deficiencias de agua durante los primeros 30 o 45 días de su ciclo vegetativo.

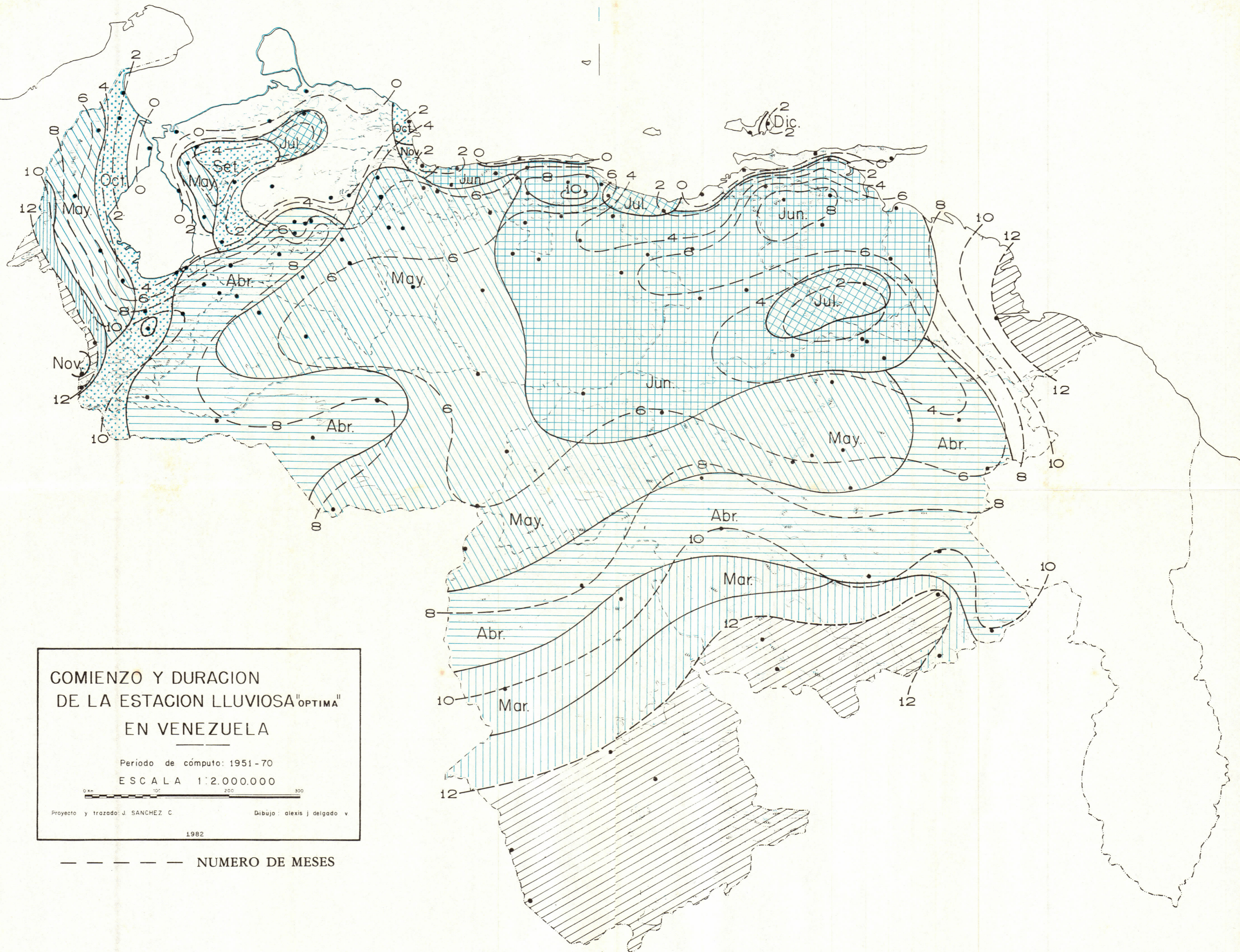
Por otra parte, las regiones con una probabilidad superior al 90% tienen un riesgo mucho menor. Es decir, menos del 10% de los años (1 de cada 10) se presentan anormales, por deficiencia de agua.

En el mapa observamos que las regiones con estación lluviosa óptima más estable se encuentran en los Estados Apure, Barinas, Bolívar, Cojedes, Guárico, Monagas, Carabobo, Yaracuy, Zulia, Territorios Amazonas y Delta Amacuro. Las regiones con mayor riesgo de anormalidad (probabilidad menor de 80%) se encuentran principalmente en los Estados Táchira, Zulia, Lara, Falcón, Miranda y Anzoátegui, es decir, al occidente y norte de Venezuela.

RESUMEN

El estudio define lo que se considera como período lluvioso "óptimo" para fines agrícolas. Luego de una breve reseña sobre los criterios utilizados hasta ahora para delimitar las estaciones "seca" y "lluviosa" en Venezuela, se propone una metodología fundamentada en el

balance hídrico local para determinar el período del año más adecuado para el desarrollo de los cultivos de secano, tomando en cuenta la disponibilidad de agua. Se prepararon 2 mapas a nivel nacional donde se muestran los meses de comienzo y la duración de la estación lluviosa "óptima", así como las probabilidades de ocurrencia, sobre la base de registros pluviométricos de 20 años.



**COMIENZO Y DURACION
 DE LA ESTACION LLUVIOSA "OPTIMA"
 EN VENEZUELA**

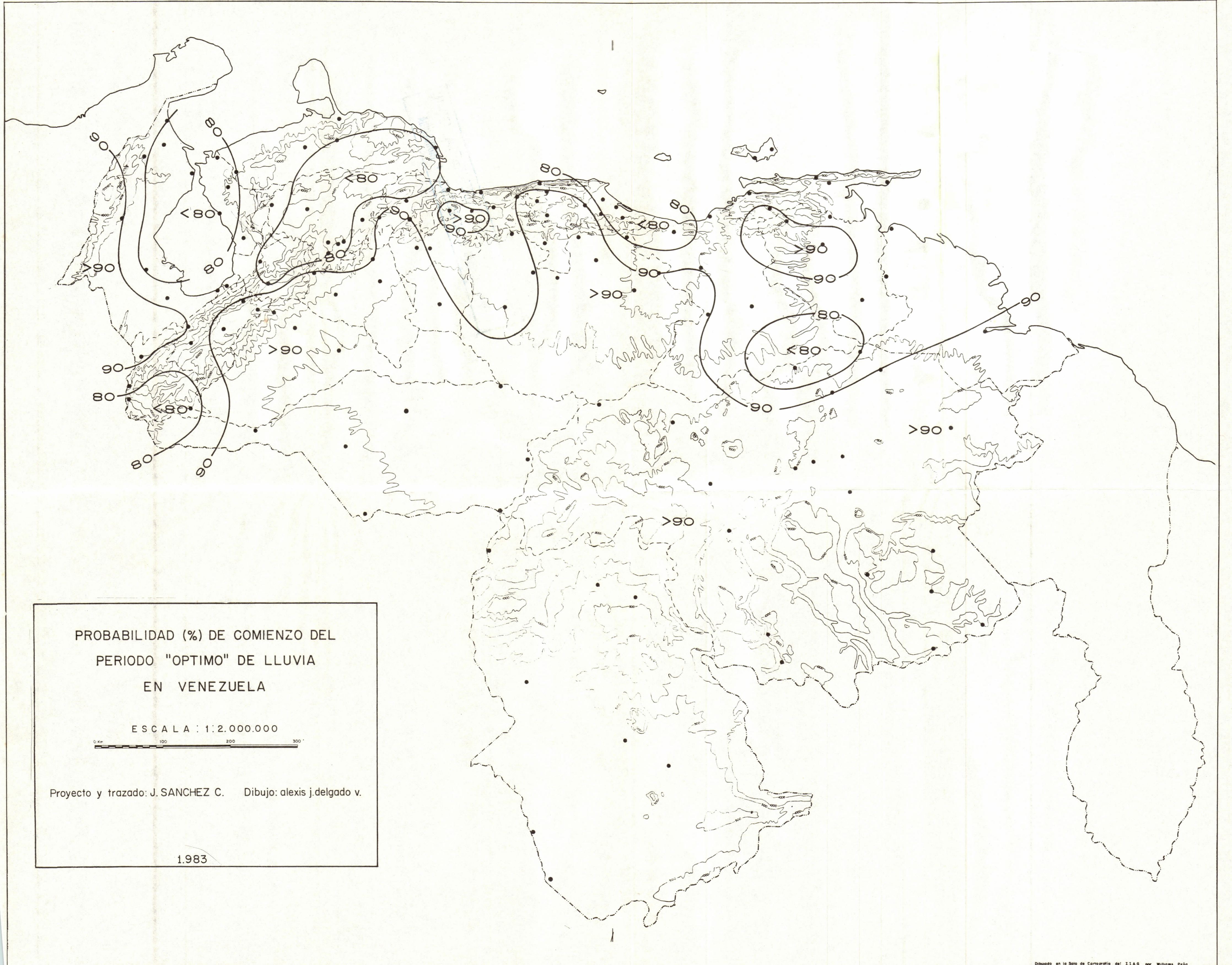
Período de cómputo: 1951-70
 ESCALA 1:2.000.000

Proyecto y trazado: J. SANCHEZ C. Dibujo: alexis j delgado v
 1982

- - - - - NUMERO DE MESES

BIBLIOGRAFIA

1. Avellán V., Francisco: *Estudio para la obtención de los parámetros que definen el régimen hídrico agroclimático en Venezuela, en áreas con información deficiente*. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Caracas 1978.
2. De Fina, Armando L.: *Los elementos climáticos y los cultivos*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1945.
3. Gaussen, H.: *Theories et classification des climats et microclimats*. 8^{ème}. Congrès International de Botanique, Sections 7 et 8, pp. 125-130, París, 1954.
4. Goldbrunner, Antonio W.: *Algunas características del clima de Venezuela que conducen a la ampliación de la clasificación climática según los pisos térmicos*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 1982.
5. Sánchez Carrillo, Jesús.: *Mesoclimas en Venezuela*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Min. Agricultura, Caracas, 1981.
6. Thornthwaite, Warren: "The water balance". Publications in *Climatology*, vol. VIII, N° 1, Centerton, N. J., USA.



PROBABILIDAD (%) DE COMIENZO DEL
PERIODO "OPTIMO" DE LLUVIA
EN VENEZUELA

ESCALA : 1:2.000.000



Proyecto y trazado: J. SANCHEZ C. Dibujo: alexis j. delgado v.

1.983

COEFICIENTE PLUVIOMETRICO (según Angot)
MARACAY - Período: 1951-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annual</i>
Precipitación (mm)	8	6	4	28	109	153	133	194	130	85	51	21	922 mm.
‰ real	9	7	4	31	118	166	144	210	141	92	55	23	1.000
‰ ideal	85	77	85	82	85	82	85	85	82	85	82	85	1.000
Coef. pluviom.	0,11	0,09	0,05	0,38	1,39	2,02	1,69	2,47	1,72	1,08	0,67	0,27	

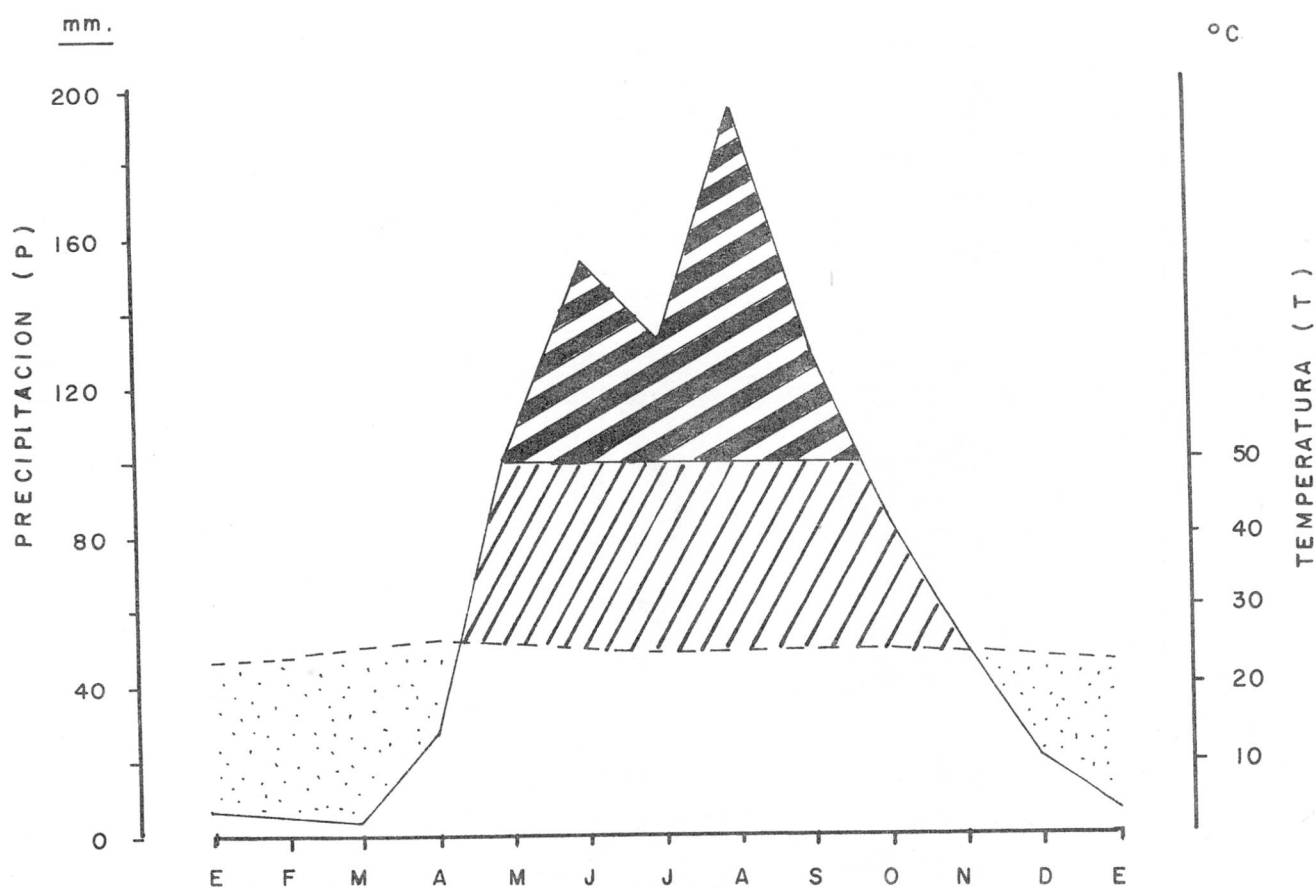
MERIDA - Período: 1951-70

Precipitación (mm)	49	34	42	165	246	172	142	134	181	239	201	100	1.705 mm.
‰ real	29	20	25	97	144	101	83	79	106	140	118	58	1.000
‰ ideal	85	77	85	82	85	82	85	85	82	85	82	85	1.000
Coef. pluviom.	0,34	0,26	0,29	1,18	1,34	1,23	0,98	0,93	1,29	1,65	1,44	0,68	

CLIMOGRAMA DE GAUSSEN

MARACAY — Periodo: 1951-70

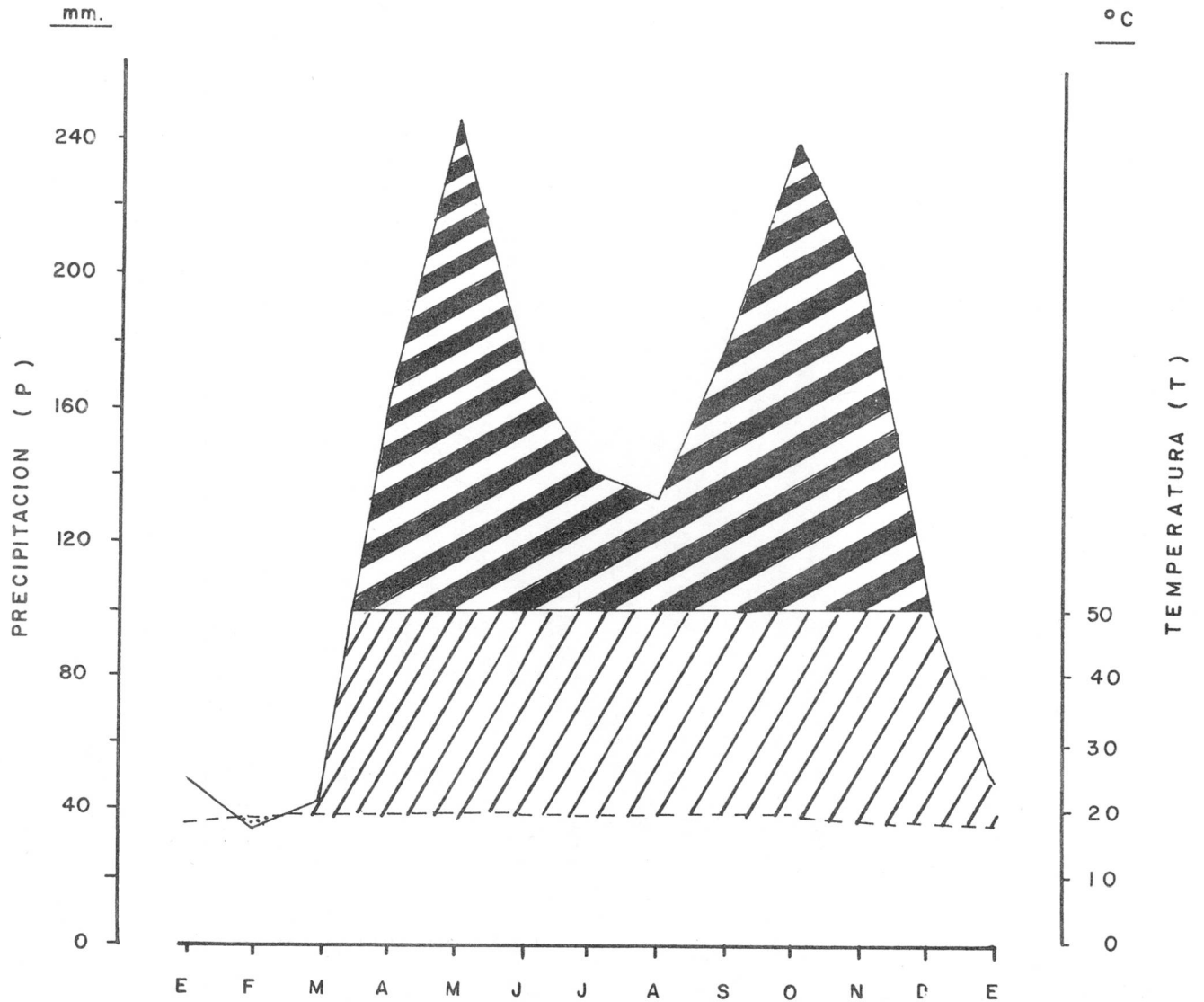
Relación de escalas: P = 2T



CLIMOGRAMA DE GAUSSEN

MERIDA — Periodo: 1951-70

Relación de escala : $P = 2T$



BALANCE DE AGUA

Localidad: MAIQUETIA, D. F.

Período: 1951-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Anual</i>
Precipit. (mm)	53	39	31	19	36	50	59	50	50	48	51	64	550
Ev. real (mm)	53	39	31	19	36	50	59	50	50	48	51	64	550
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Defic. (mm)	43	54	83	108	111	96	88	101	97	99	80	52	1.017

Período óptimo: NO HAY; período más favorable: DIC-FEB.

Consumo real de agua = Precipitación.

Frecuencia de años favorables: 0%.

Frecuencia de años deficitarios: 100%.

BALANCE DE AGUA

Localidad: BARCELONA, Anzoátegui.

Período: 1955-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annual</i>
Precipit. (mm)	9	6	3	6	39	102	128	135	81	53	48	30	640
Ev. real (mm)	9	6	3	6	39	102	128	135	81	53	48	30	640
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Defic. (mm)	105	100	133	139	117	38	8	13	54	88	81	98	974

Período óptimo: NO HAY; período más favorable: JUN-AGO.

Consumo real de agua = Precipitación.

Frecuencia años favorables: 0%.

Frecuencia años deficitarios: 100%.

BALANCE DE AGUA

Localidad: CLARINES, Anzoátegui

Período: 1951-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annual</i>
Precipit. (mm)	7	5	3	19	47	99	136	119	105	74	44	24	682
Ev. real (mm)	9	5	4	19	47	99	123	120	106	78	46	26	682
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Defic. (mm)	108	101	123	117	95	31	0	5	22	60	83	99	844

Período óptimo: JUL-AGO. (2 meses).

Consumo real de agua: 243 mm.

Frecuencia años favorables: 70%.

Frecuencia años deficitarios: 30%.

BALANCE DE AGUA

Localidad: SANARE, Lara

Período: 1951-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Anual</i>
Precipit. (mm)	32	19	24	79	111	105	96	65	61	81	90	45	808
Ev. real (mm)	47	34	37	80	87	82	84	73	70	82	76	56	808
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Defic. (mm)	25	34	46	6	0	0	0	10	13	0	0	15	149

Período óptimo: MAY-JUL y OCT-NOV. (5 meses).

Consumo real de agua: 411 mm.

Frecuencia años favorables: MAY-JUL. 90%; en OCT-NOV: 60%.

Frecuencia años deficitarios: MAY-JUL. 10%; en OCT-NOV: 40%.

BALANCE DE AGUA

Localidad: MERIDA, Mérida

Período: 1951-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annual</i>
Precipit. (mm)	49	34	42	165	246	172	142	134	181	239	201	100	1.075
Ev. real (mm)	63	58	70	74	61	76	78	76	77	73	65	63	834
Exceso (mm)	0	0	0	25	165	96	64	58	104	166	136	37	851
Defic. (mm)	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7

Período óptimo: ABR-ENE. (10 meses).

Consumo real de agua: 726 mm.

Frecuencia años favorables: 100%.

Frecuencia años deficitarios: 0%.

BALANCE DE AGUA

Localidad: EL VIGIA, Mérida

Período: 1953-70

	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<i>Annual</i>
Precipit. (mm)	170	125	123	192	171	126	85	109	101	182	260	201	1.845
Ev. real (mm)	114	107	130	133	148	145	138	133	126	141	132	126	1.573
Exceso (mm)	56	18	0	52	23	0	0	0	0	0	48	75	272
Defic. (mm)	0	0	0	0	0	0	11	13	18	0	0	0	42

Período óptimo: OCT-JUN. (9 meses).

Consumo real de agua: 1.176 mm.

Frecuencia años favorables: 80%.

Frecuencia años deficitarios: 20%.

IMPRESO DURANTE ABRIL DE 1984
EN LA IMPRENTA UNIVERSITARIA DE LA
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA



impreta universitaria