

A N A L I S I S
DE DATOS CLIMATICOS
DE LA ESTACION "LABORATORIO DEL DESIERTO".
RESERVA DE LA BIOSFERA DE MAPIMI
DURANGO, MEXICO

Período 1978 - 1983

DOCUMENTO TECNICO

INSTITUTO DE ECOLOGIA, A. C.
Centro Regional Norte Arido
Gómez Palacio, (Durango)

Proyecto: Estudio Integrado de los Recursos
Vegetación, Suelos y Agua en la Reserva de
la Biósfera de Mapimí.

A. CORNET

Octubre de 1984

16 AVRIL 1985

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 17381

Cote : B

I N D I C E

INTRODUCCION	2
I. MECANISMOS GENERALES DEL CLIMA	4
II. PRINCIPALES ELEMENTOS CLIMATICOS	
1. Radiación solar	8
2. Temperatura del aire	9
3. Precipitaciones	14
4. Humedad relativa	19
5. Evaporación	21
III. CARACTERIZACION DEL CLIMA Y CLASIFICACIONES	24
IV. FIGURAS	

INTRODUCCION.

El propósito de este reporte es agrupar y analizar los datos climáticos de la estación meteorológica del Laboratorio del Desierto desde su inicio, en marzo de 1978, hasta diciembre de 1983.

De este modo se pretende poner a disposición de los utilizadores potenciales la información climática de la Reserva debidamente procesada y analizarla.

La estación del Laboratorio del Desierto está ubicada dentro de la Reserva de la Biósfera de Mapimí, a 26°41' de latitud norte, 103°45' de longitud oeste y 1155 msm.

Fue instalada en 1978 en colaboración entre el Instituto de Ecología y la División Hidrométrica de La Laguna (SARH).

Los datos climáticos fueron recolectados casi ininterrumpidamente desde 1978 por dos observadores: Alberto Vilchis Marin (1978-1981) y Carlos Herrera de la Cerda (1982 a la fecha).

Seis años de observación son muy insuficientes para obtener promedios significativos de elementos climáticos de distribución muy aleatoria (lluvias por ejemplo). Por lo tanto, los valores obtenidos para la Reserva fueron comparados con las estaciones cercanas mas antiguas, con el fin de ubicarlas en el marco climático regional.

Sin embargo, para los elementos menos aleatorios como temperatura, radiación y evaporación los promedios obtenidos en seis años son ya representativos.

La Tabla 1 muestra el equipo de la estación y las fechas de instalación de los aparatos.

T A B L A 1

<u>TIPO DE APARATOS DE LA ESTACION</u>	<u>FECHA DE INSTALACION</u>
1 Pluviómetro normalizado	Marzo de 1978
2 Abrigos térmicos normalizados	Marzo de 1978
1 Termómetro de bulbo seco	Marzo de 1978
1 Termómetro de bulbo húmedo	Marzo de 1978
1 Termómetro six - Máxima y Mínima	Marzo de 1978
1 Higrotermógrafo (Weather Measure Corp.)	Mayo de 1978
1 Tanque de evaporación tipo Clase A Internacional	Marzo de 1978
1 Veleta con Rosa delos Vientos	Marzo de 1978
1 Pirheliografo mecánico (Weather Measure Corp.)	Marzo de 1980
1 Anemógrafo (Rossbach)	Diciembre de 1983

I. MECANISMOS GENERALES DEL CLIMA EN EL BOLSON DE MAPIMI.

El clima en la zona del Bolsón de Mapimí resulta de la interacción existente entre sus características geográficas: latitud, continentalidad, presencia de barreras orográficas importantes, y el fenómeno de circulación general de la atmósfera bajo la dominancia de las altas presiones subtropicales.

En la zona, la circulación atmosférica es compleja y presenta numerosas irregularidades. En trabajos recientes (Mosino, 1964; Rasmusson, 1967; Hales, 1974; Schmidt, 1983) se ha afirmado que existen dos regimenes que prevalecen sobre la zona a lo largo del año. Estos dos regimenes dominantes son alterados por mecanismos atmosféricos mas o menos frecuentes pero no constantes.

Los dos regimenes dominantes son:

1. Un flujo zonal de vientos del oeste, ligado con las altas presiones subtropicales. Este regimen persiste sobre la zona del desierto de Chihuahua durante las dos terceras partes del año, de octubre hasta mayo (Schmidt, 1983).
2. Un flujo de aire tropical NE-SW procedente del Golfo de México, ligado con los alisios, invade la zona de junio a septiembre en relación con el desplazamiento hacia el norte de la zona de altas presiones subtropicales (anticiclones de las Bermudas).

Estos vientos acarrearán humedad en la zona de junio a septiembre, produciendo aumento de la humedad del aire, de la cantidad de nubes y la ocurrencia de lluvias localizadas.

Constituyen el fenómeno dominante más regular entre los que

determinan las lluvias de verano. Sin embargo, su importancia se ve reducida por el efecto de las barreras montañosas y las lluvias no son regulares.

El regimen de alisios llega en general en junio hasta la latitud de 25°N, mientras que los vientos del oeste persisten al norte del paralelo 28°N. La zona intermedia recibe la influencia de ambos regimenes en esta época sin que se establezca una dominancia clara de ninguno de ellos.

En julio y agosto los alisios dominan toda la zona del desierto Chihuahuense (Schmidt, 1983) para retirarse en septiembre hasta el paralelo 27°N y desaparecer de la zona en octubre.

Estos dos regimenes atmosféricos dominantes y relativamente regulares, caracterizan las dos grandes estaciones del clima local: una estación seca, de octubre a mayo, y una estación caliente y más húmeda, de junio a septiembre. A ellos se sobreponen fenómenos atmosféricos importantes pero no constantes, responsables de la gran variabilidad del clima.

Estos fenómenos son:

- (a) Los nortes: se trata de vientos originados por invasiones de frentes fríos continentales (masas de aire polar) que se presentan desde octubre hasta abril. Disminuyen de importancia en sentido norte-sur y su establecimiento es precedido por fuertes turbulencias. Son, a su vez, responsables del abatimiento brusco de la temperatura que provoca las heladas en la zona (Hill, 1969). En caso de presencia de aire húmedo pueden producir lluvias tenues y lloviznas, pero, en general, poco abundantes.

- (b) Las lluvias más importantes que se producen a veces en época seca (invierno o primavera) son originadas por variaciones ocasionales de la circulación troposférica (jet stream). Estas variaciones producen la formación de centros de baja presión en el Pacífico oriental. Tales centros, al intensificarse y desplazarse hacia el noreste acarrean masas importantes de aire húmedo hacia la zona del desierto chihuahuense (Schmidt, 1983).
- (c) Los ciclones tropicales o huracanes que se originan en el mar Caribe, las Antillas y el oceano Pacífico frente al Golfo de Tehuantepec. Todos ellos tienen una importancia poco conocida como fuente de precipitaciones en la zona central-norte árida de México. Sin embargo, tomando en cuenta los trabajos mas recientes, y como concluye Schmidt (1983) se puede admitir que las perturbaciones ciclónicas complementan de manera importante el regimen pluvial de esta zona. En efecto, si bien es cierto que las masas de aire húmedo que llegan a la zona en verano proceden básicamente del Golfo de México (bajo el regimen de los alisios), también es cierto que las lluvias mas importantes y mas extensas que se producen en el desierto Chihuahuense en esta época provienen de las fuertes perturbaciones ciclónicas tanto del Golfo de México como del Pacífico.

Las depresiones ciclónicas pueden ocurrir de mayo a octubre, pero el período de su mayor actividad es en general agosto y septiembre.

Un estudio realizado en El Paso, Texas (Schmidt, 1983), muestra que para esta estación durante el período 1973-1978, el 55% de

las precipitaciones fueron debidas a la influencia de ciclones. Para la estación de Ceballos (Durango), cercana a la Reserva, tomando en cuenta los datos de Vilchis (1981), se estima que un 28% del total anual de lluvias están ligadas a ciclones tropicales para el período 1970-1980. Este porcentaje varía de 59% para un año húmedo (1971; 512.5 mm) a 0% en un año muy seco (1975; 161.5 mm). Por otra parte, García (1969), Vilchis (1981) y Sierra Morales (1981) concluyen que los años mas lluviosos están ligados a la abundancia de los ciclones tropicales que tocan las costas septentrionales de México.

II. PRINCIPALES ELEMENTOS CLIMATICOS.

La Figura 1 muestra la evolución por períodos de diez días (décadas) de los principales elementos climáticos.

1. Radiación Solar.

Debido a la ubicación latitudinal de la Estación de la Reserva (26°41' de latitud norte) la duración del día varía entre 13 horas con 12 minutos en verano y 10 horas con 48 minutos en invierno (Vilchis, 1979). Aunque leve, esta variación es suficiente para inducir fenómenos de fotoperiodismo.

La Tabla 2 muestra los promedios por década de la radiación solar para el período 1980-1983.

TABLA 2. Laboratorio del Desierto. Promedios de la Radiación Solar en cal/cm²/día.

Período (Marzo 1980 - Diciembre 1983)

Mes	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Radiación	307	248	357	377	410	394	405	411	473	499	529	469
Mes	MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Radiación	523	530	510	528	503	480	451	471	499	459	391	471
Mes	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Radiación	412	429	404	413	382	374	375	323	331	299	313	295

La radiación está directamente relacionada con la altura del sol a lo largo del año, pero la nubosidad y las lluvias modifican esta relación notablemente durante los meses de julio, agosto y septiembre. Por otra parte, la radiación en la zona no es limitante para el crecimiento vegetal ya que casi nunca es inferior a 300 cal/cm²/día.

2. Temperatura del aire.

La Tabla 3 muestra los promedios por década y por mes de las temperaturas del aire: máxima (t_M), mínima (t_m) y promedio (\bar{t}) en °C.

La Figura 1 muestra la evolución de los promedios por década a lo largo del año. Se observa un único máximo en junio que es el mes más caluroso. La existencia de un sólo máximo de temperatura caracteriza en zona subtropical a los climas áridos por oposición a los climas semiáridos que presentan 2 máximos de temperatura (Riou, 1975).

Se nota una fuerte amplitud de los promedios de temperatura en el curso del año ($\bar{t} = 12^\circ\text{C}$ en enero, $\bar{t} = 28.2^\circ\text{C}$ en junio). También se registran fuertes amplitudes diarias entre máximas y mínimas. Estas fuertes amplitudes son características de los climas continentales.

A los fines de comparación en la Tabla 4 se dan los promedios mensuales de temperatura para la estación de Ceballos (período 1956-1983).

TABLA 3. Laboratorio del Desierto. Promedios de la temperatura del aire en grados centígrados.
Período (Marzo 1978 - Diciembre 1983).

Mes	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máximo t_M	20.2	19.7	20.0	21.3	23.2	24.5	25.2	27.9	29.2	31.3	31.3	31.2
Mínimo t_m	3.0	4.9	4.1	3.9	6.2	7.2	7.3	9.5	10.6	12.7	12.6	13.9
Media \bar{t}	11.6	12.3	12.0	12.6	14.7	15.8	16.3	18.7	19.9	22.0	21.9	22.6
Promedio Mensual	t_M 20.0	t_m 4.0	\bar{t} 12.0	t_M 23.0	t_m 5.8	\bar{t} 14.4	t_M 27.4	t_m 9.1	\bar{t} 18.3	t_M 31.3	t_m 13.1	\bar{t} 22.2
Mes	MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máximo t_M	32.7	34.2	34.9	36.4	36.4	36.8	35.7	36.3	35.6	33.8	32.6	33.3
Mínimo t_m	15.2	16.8	17.9	19.8	19.4	20.7	20.3	20.6	20.2	19.9	19.2	18.8
Media \bar{t}	23.9	25.5	26.4	28.1	27.9	28.7	28.0	28.5	27.6	26.8	25.9	26.1
Promedio Mensual	t_M 33.9	t_m 16.6	\bar{t} 25.3	t_M 36.5	t_m 20.0	\bar{t} 28.2	t_M 35.9	t_m 20.4	\bar{t} 28.1	t_M 33.2	t_m 19.3	\bar{t} 26.3
Mes	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máximo t_M	32.8	32.1	31.5	31.5	29.1	27.1	26.1	23.9	21.9	22.2	21.1	20.1
Mínimo t_m	18.7	17.5	16.3	15.8	13.9	11.4	9.5	7.2	4.5	5.3	5.2	3.2
Media \bar{t}	25.7	24.8	24.3	23.6	21.5	19.3	17.8	15.6	13.2	13.7	13.1	11.7
Promedio Mensual	t_M 32.1	t_m 17.5	\bar{t} 24.9	t_M 29.2	t_m 13.7	\bar{t} 21.5	t_M 24.0	t_m 7.1	\bar{t} 15.5	t_M 21.1	t_m 4.6	\bar{t} 12.8

Tabla 4. Promedios mensuales de temperatura del aire en Ceballos.

M E S		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ceballos	t_M	21.6	24.0	28.5	32.9	35.8	37.4	36.4	35.3	33.0	29.8	25.5	22.0
1956-1983	t_m	1.6	2.7	5.8	10.7	11.5	18.3	18.9	18.1	16.2	11.3	5.2	2.0
	\bar{t}	11.6	13.4	17.1	21.8	25.2	27.9	27.7	26.7	24.6	20.6	15.3	12.0

La figura 2 muestra que existe una estrecha correlación entre los promedios mensuales de temperatura del Laboratorio del Desierto y de Ceballos.

La Tabla 5 muestra la comparación entre los parámetros térmicos registrados en el Laboratorio del Desierto y en Ceballos.

Tabla 5. Comparación entre Ceballos y el Laboratorio del Desierto.

	CEBALLOS (1956-1983)	LABORATORIO DEL DESIERTO (1978-1983)
Promedio anual de temperatura	20.3°C	20.8°C
Mínimo registrado	-15.5°C (12-1-61)	-7.5°C (25-12-83)
Máximo registrado	44°C (junio 60-80)	42.0°C (30.5.82)
Promedio anual de heladas:		
(1979-1983)	26.6	12.4
(1956-1983)	37	

La Tabla 6 da la distribución mensual del número de días con heladas y de días calurosos (es decir para los días en que la temperatura máxima alcanza a 40°C).

Tabla 6. Promedio mensual de número de días con heladas y de número de días con temperatura máxima mayor a 40°C para Ceballos (Período 1956 - 1981).

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
No. de días con heladas	12	7	3	0.2						0.1	4	11
No. de días con TM 40°					2	7	1.5	0.75	0.2			

Para Ceballos el número promedio de días con heladas es de 37 días por año (máximo observado: 58 días, mínimo observado: 11 días).

Para los 26 años observados tenemos una frecuencia de seis días con heladas por año a $T < -5^{\circ}\text{C}$ y de un día con helada a $T < -10^{\circ}\text{C}$ cada seis años.

La Tabla 7 muestra, para el Laboratorio del Desierto, los promedios por década del número de días con heladas, de días fríos y de días calurosos.

Se toman como días fríos aquellos en los cuales el promedio de temperatura es inferior o igual a 15°C . Esta temperatura corresponde al límite de crecimiento generalmente dado para las plantas C₄.

Se toman como días calurosos aquellos en los cuales el promedio de temperatura es igual o superior a 30°C , o bien, la máxima es superior a 40°C .

TABLA 7. Laboratorio del Desierto. Promedios por década de los números de días de heladas, días fríos y días calurosos. Período (1978 - 1983)

Mes	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Días de Heladas	2.4	1.4	1.6	1.6	0.2	0	0.6	0	0	0	0	0
Días Fríos	9.0	7.6	8.4	8.2	5.2	3.4	3.2	2.2	0	0.3	0.3	0.3
Días Calurosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mes	MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Días de Heladas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días Fríos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Días Calurosos	0.17	0	0.3	2.7	1.7	2.8	1.5	1.8	1.0	0.7	0	0
Mes	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Días de Heladas	0	0	0	0	0	0	0	0.3	1.3	1.0	0.3	1.8
Días Fríos	0	0	0	0	0.17	0.8	1.2	4.0	6.2	6.8	7.2	9.0
Días Calurosos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Promedio anual del número de días de Heladas: 12.4
 Promedio anual del número de días Fríos: 86.6
 Promedio anual del número de días Calurosos: 14.2

Para el Laboratorio del Desierto el número de días con heladas está evidentemente subestimado debido a que se registran como tales solamente aquellos días en que hay formación de hielo en el tanque de evaporación.

3. Precipitaciones.

Las precipitaciones se caracterizan por la cantidad de lluvia, su repartición y su variabilidad. El número de observaciones que se necesita para obtener promedios estables y representativos es muy alto en zonas áridas en razón de la gran variabilidad interanual.

El promedio anual de precipitaciones registrado para el Laboratorio del Desierto (1978-1982) es de 262.3 mm con desviación estandar de 40.1.

Para la estación de Ceballos (1956-1981) el promedio anual de precipitación es de 271 mm con un coeficiente de variación de 42%. La mediana es de 255 mm. La frecuencia de años muy deficientes ($P < 180$ mm) es de 0.346, o sea una periodicidad de un año cada tres años.

El número medio de días con lluvia por año (superiores a 0.1 mm) es de 40 días. La siguiente tabla da la repartición mensual media de las precipitaciones.

Tabla 8. Repartición mensual de las lluvias en Ceballos (1956-1981).

M E S	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Promedio en mm	8.6	6.1	3.1	6.6	13.1	32.9	43.0	63.1	64.3	25.8	6.1	8.1
Promedio en %	3.0	2.2	1.1	2.3	4.7	11.7	15.3	22.5	22.9	9.2	2.2	2.9
No. de días promedio	1.1	1.4	0.6	1.0	2.3	5.7	6.8	8.1	6.4	4.1	1.2	2.0

Las precipitaciones mas importantes se producen en verano; las lluvias de junio, julio, agosto y septiembre representan 72.4% del total anual, mientras que las lluvias de invierno: diciembre, enero y febrero representan el 8.1% del total anual.

La figura 3 muestra las variaciones interanuales de las precipitaciones para Ceballos (período 1956-1983) y para el Laboratorio del Desierto (período 1979-1983).

En las Tablas 9 y 10 se dan, por décadas, la altura de las lluvias y el número de días con precipitaciones iguales o superiores a 0.1 mm observados en el Laboratorio del Desierto. Los promedios fueron calculados y reportados en la figura 1 aunque no son representativos debido al reducido número de observaciones.

Las figuras 4A y 4B muestran la repartición de las precipitaciones por década. Se nota que si bien los meses de julio, agosto y septiembre aparecen en general como los mas lluviosos, existe una gran variabilidad y eso no se produce cada año. Efectivamente, puede observarse que en 1981 la mayoría de las lluvias se produjeron fuera de la época de verano.

1er. SEMESTRE	AÑO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	1978	/	/	/	/	/	/	inc.	0	2.0	0	8.0	0	0	3.2	33.1	10.5	0	35.5
1979	0	0	3.5	4.8	0	0	3.0	0	0	0	4.7	0	1.4	12.7	0.7	105.4	0	0	
1980	0	0	1.5	0	8.0	0	0	0	4.5	0	0	0	0	0	2.8	3.4	0	0	
1981	0.8	40.9	0	4.2	0.2	0	0	6.9	0	0	43.5	11.5	32.7	2.8	2.8	10.5	11.0	5.5	
1982	0	2.2	0	0	0	24.5	0	0	0	0	12.4	7.2	0.7	0	3.0	0	40.0		
1983	0	17.2	4.1	0.1	0	0	0.2	1.8	0	0.4	0	0	0	0	16.9	5.8	9.1	0.7	
Promedio	0.2	12.1	1.8	1.8	1.6	4.9	0.6	1.4	1.1	0.1	9.4	4.0	6.9	3.2	9.4	23.1	3.3	13.6	

2o. SEMESTRE	AÑO	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			TOTAL ANUAL
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1978	0	2.7	85.9	29.0	0	41.6	4.6	13.6	20.7	52.0	0	9.0	0	0	1.2	0	0	2.0	inc.	
1979	30.6	4.5	30.0	25.3	28.6	1.0	0	1.0	0	0	0	0	0	5.8	0	0	4.6	0	267.6 mm	
1980	7.4	2.7	0	7.8	109.0	3.1	17.2	0	44.4	16.4	0.2	3.8	0	40.4	0.6	0.5	0	0.5	274.2 mm	
1981	0.5	0	3.1	8.7	5.2	0	23.2	0.2	1.6	11.5	58.3	12.3	0	0	0	12.5	0	1.5	311.9 mm	
1982	40.5	43.1	1.0	9.9	6.1	2.8	0	6.8	0	0	5.5	0	0	0	12.9	18.2	0	20.0	256.8 mm	
1983	16.3	2.2	0	16.7	42.5	2.1	0	18.0	0	0.5	22.3	0	22.6	0	0	1.3	0	0	200.8 mm	
Promedio	15.9	9.2	20.0	16.2	31.9	8.4	7.5	6.6	11.1	13.4	14.4	4.2	3.8	7.7	2.4	5.4	0.8	4.0	262.3 mm	

$\sigma = 40.1$

Tabla 9. Laboratorio del Desierto: altura de lluvia por década en mm.

1er. SEMESTRE	AÑO	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	1978	/	/	/	/	/	/	inc.	0	1		0	1	0	0	1	3	1	0	2
	1979	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	4	1	6	0	0
	1980	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	2	0	0	
	1981	3	5	0	1	1	0	0	3	0	0	4	4	3	1	3	1	2	3	
	1982	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	2	1	0	1	0	3	
	1983	0	5	2	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	5	2	2	2	
	Promedio	0.6	2.2	0.8	1.0	0.4	0.2	0.4	0.8	0.5	0.2	1.2	1.2	1.0	1.2	2.5	2.2	0.7	1.7	

2o. SEMESTRE	AÑO	JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			TOTAL ANUAL
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	1978	0	2	7	5	0	5	5	6	3	3	0	1	0	0	1	0	0	1	inc.
	1979	3	1	2	6	5	1	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	42
	1980	2	1	0	4	7	2	7	0	7	2	1	1	0	3	1	1	0	1	49
	1981	1	0	2	3	5	0	2	1	2	4	3	3	0	0	0	2	0	1	63
	1982	3	2	2	3	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	1	3	0	2	33
	1983	4	1	0	4	5	2	0	2	0	1	2	0	3	0	0	1	0	0	48
	Promedio	2.2	1.2	2.2	4.2	3.8	1.8	2.3	2.0	2.0	1.7	1.2	0.8	0.5	0.8	0.5	1.2	0.3	0.8	47

Tabla 10. Laboratorio del Desierto: número de días de lluvia por década.

Los chubascos son de caracter torrencial con fuerte intensidad, pero en general de corta duración y también muy localizados.

La figura 5 muestra la distribución de las alturas de lluvias diarias para Ceballos (1956-1981). Se observa que el 62% de las lluvias diarias son inferiores a 5 mm. Este porcentaje es aún mas alto en años secos durante los cuales es muy reducido el número de lluvias importantes.

La importancia de las pequeñas lluvias puede ser, eventualmente un elemento que sirva para explicar la dominancia de ciertas formas de vida en la vegetación (crasulecentes, microfilas perennifolias).

Debido al caracter localizado de los aguaceros existe una gran variabilidad en la repartición espacial de las precipitaciones.

La figura 6 muestra la comparación de las precipitaciones mensuales entre el Laboratorio del Desierto y dos estaciones cercanas: Ceballos y Tlahualilo (período 1978-1983). Estas tres estaciones tienen promedios de precipitaciones anuales y mensuales muy próximos, pero los valores mensuales (como puede observarse en la figura) están pobremente correlacionados.

La variabilidad espacial de las precipitaciones es muy importante aún para cortas distancias. Así, los pluviómetros ubicados en la Reserva dan los siguientes registros para 1983:

Sitio	Distancia a la estación en kms	Precipitación anual (mm)
Estación	0	200.8
Magueyal	1.5	235.0
Hilaria Vega	10.0	189.6
Sporobolus	7	165.0
Dunas	9	184.3

Esta variabilidad muestra la necesidad de realizar la medición de las precipitaciones en cada sitio de estudio.

4. Humedad relativa.

La evolución de la humedad relativa en la zona está ligada a la circulación atmosférica y a las lluvias. La Tabla 11 da los promedios por década de humedad relativa: máxima (h_M), mínima (h_m) y media (\bar{h}).

La curva de humedad relativa media (figura 1) crece desde abril para alcanzar un máximo a fines de agosto y principios de septiembre; baja un poco y permanece estable entre noviembre y enero para bajar nuevamente entre febrero y abril en relación con el aumento de las temperaturas. Los valores de h_M crecen desde el mes de junio con el establecimiento de la circulación atmosférica procedente del Golfo de México. Los valores de h_m permanecen bajos casi todo el año alcanzando solamente un valor de 30% durante la época húmeda.

TABLA 11. Promedios de Humedad Relativa en %.
Período (Junio 1978 - Diciembre 1983)

Mes	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máxima h_M	69	73	70	64	61	57	45	49	39	37	34	60
Mínima h_m	21	29	16	17	15	14	12	11	7	9	8	14
Media \bar{h}	45	51	43	41	38	36	29	30	23	23	21	37
Promedio Mensual	h_M 70	h_m 22	\bar{h} 46	h_M 61	h_m 16	\bar{h} 31	h_M 45	h_m 10	\bar{h} 27	h_M 45	h_m 11	\bar{h} 28
Mes	MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máxima h_M	57	47	54	71	66	64	74	70	74	83	90	85
Mínima h_m	11	10	12	16	15	19	22	23	25	29	31	25
Media \bar{h}	34	29	33	44	41	42	48	46	50	56	61	55
Promedio Mensual	h_M 52	h_m 12	\bar{h} 32	h_M 67	h_m 17	\bar{h} 42	h_M 73	h_m 23	\bar{h} 48	h_M 86	h_m 28	\bar{h} 57
Mes	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
Década	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Máxima h_M	87	82	77	77	78	75	76	73	70	76	77	72
Mínima h_m	30	26	25	24	25	24	22	24	22	23	25	24
Media \bar{h}	58	54	51	50	51	50	49	48	46	50	51	48
Promedio Mensual	h_M 83	h_m 28	\bar{h} 55	h_M 78	h_m 25	\bar{h} 51	h_M 73	h_m 22	\bar{h} 47	h_M 73	h_m 23	\bar{h} 48

Las variaciones diarias de humedad relativa son fuertes durante todo el año, haciéndose máximas en época húmeda (60% de diferencia en agosto y septiembre).

5. Evaporación.

La medición de la evaporación se hace diariamente mediante el uso de un tanque de evaporación tipo "clase A Internacional". Los promedios por década son reportados en la Tabla 12 y en la figura 1.

El promedio anual de evaporación es de 2796 mm para la estación Laboratorio del Desierto; 2527.4 mm para Ceballos (1956-1981) y 2720 mm para Tlahualilo (1970-1977, según Vilchis 1979).

Estos valores son muy comparables a los registrados en el Sahel en Africa (2490 mm en Podor (Senegal), Cornet 1981) pero inferiores a los valores observados en zonas áridas sub-saharianas (> 3000 mm, Riou 1975; Cocheme y Franquin 1967).

A lo largo del año los valores de evaporación son mucho mas altos que los de las precipitaciones. Para la estación Ceballos la probabilidad de que la precipitación de una década alcance al valor de evaporación es máxima para la segunda década de septiembre. En este caso tal probabilidad es de 0.13 lo que corresponde a una frecuencia de 1 año cada ocho

Los valores reportados aquí son valores de evaporación en un tanque de las características especificadas anteriormente, por lo tanto son superiores al valor de la ETP. Las correcciones necesarias

TABLA 12. Promedios de Evaporación en mm.
(Tanque de evaporación normalizado,
tipo clase "A" internacional).
Período (1978 - 1983)

Mes	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Década												
Total por dec. en mm.	30.4	31.4	48.8	46.3	56.2	54.1	72.4	83.5	101.9	110.2	98.7	96.1
Promedio en mm/día	3.0	3.1	4.4	4.6	5.6	6.8	7.2	8.3	9.3	11.0	9.9	9.6
Total mensual en mm.	110.6			156.6			257.8			305.0		
Mes	MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Década												
Total por dec. en mm.	106.8	117.5	126.7	112.8	116.7	119.0	107.5	108.6	111.6	85.2	76.4	86.3
Promedio en mm/día	10.7	11.8	11.5	11.3	11.7	11.9	10.8	10.9	10.1	8.5	7.6	7.8
Total mensual en mm.	351.0			348.5			327.7			247.9		
Mes	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Década												
Total por dec. en mm.	76.5	82.1	72.2	73.9	62.7	68.2	52.3	44.7	40.0	43.6	32.2	43.3
Promedio en mm/día	7.5	8.2	7.2	7.4	6.3	6.2	5.2	4.5	4.0	4.4	3.2	3.9
Total mensual en mm.	229.8			204.8			137.0			119.1		

Promedio anual: 2,796 mm.

para obtener el valor promedio de ETP se realizarán en el futuro cercano cuando se cuente con los datos suficientes de anemometría.

III. CARACTERIZACION DEL CLIMA Y CLASIFICACIONES.

La necesidad de comparar climas de distintas regiones conduce a climatólogos y geógrafos a desarrollar sistemas de clasificación de tipos de climas. Para ello se establecen fórmulas e índices que intentan caracterizar de manera global el clima. Sin embargo, la generalización de estos índices es muy limitada y su uso debe ser tomado con precaución (Cornet 1974).

A continuación se presentaran los valores de algunos de ellos. Los valores de las variables que intervienen en los cálculos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Variables utilizadas en el cálculo de los índices climáticos para el Laboratorio del Desierto.

Promedio anual de precipitaciones	P = 263 mm
Promedio anual de temperaturas	T = 20.8°C
Promedio de las temperaturas máximas del mes más caluroso	M = 36.5°C
Promedio de las temperaturas mínimas del mes más fresco	m = 4.0°C
Promedio anual del número de días con lluvias	N = 47

El Índice de Aridez de De Martonne combina el promedio anual de precipitaciones (P) y el promedio anual de temperatura (T).

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Su valor alcanza a 8.65 para el Laboratorio del Desierto y 8.77 para Ceballos, correspondiendo a un clima tropical árido.

El cociente pluviotérmico de Emberger modificado por Morat (1969) toma en cuenta el promedio anual de precipitaciones (P), el número de días con lluvias (N), el promedio de las temperaturas máximas del mes más caluroso (M) y el promedio de las temperaturas mínimas del mes más fresco (m).

$$Q = \frac{NP}{3.65 (M + m)(M - m)}$$

Su valor es de 2.50 para el Laboratorio del Desierto, lo que corresponde (con $m = 4.0^{\circ}\text{C}$) a un clima árido de inviernos frescos.

El Índice de Aridez de Stretta y Mosino (1963) corresponde a la adaptación del Índice de Emberger (1955) para las condiciones mexicanas.

$$I_A = \frac{(M + m)(M - m)(m + 45)}{P}$$

Este Índice, que alcanza un valor de 245 para el Laboratorio del Desierto, ubica a esta estación dentro de las zonas áridas de tipo A₂.

Según la clasificación de Köppen adaptado a las condiciones mexicanas por García (1973), el clima de la Reserva corresponde al tipo BW_{hw} (e), es decir, clima muy árido, semi cálido, regimen de lluvias de verano y una oscilación térmica extrema.

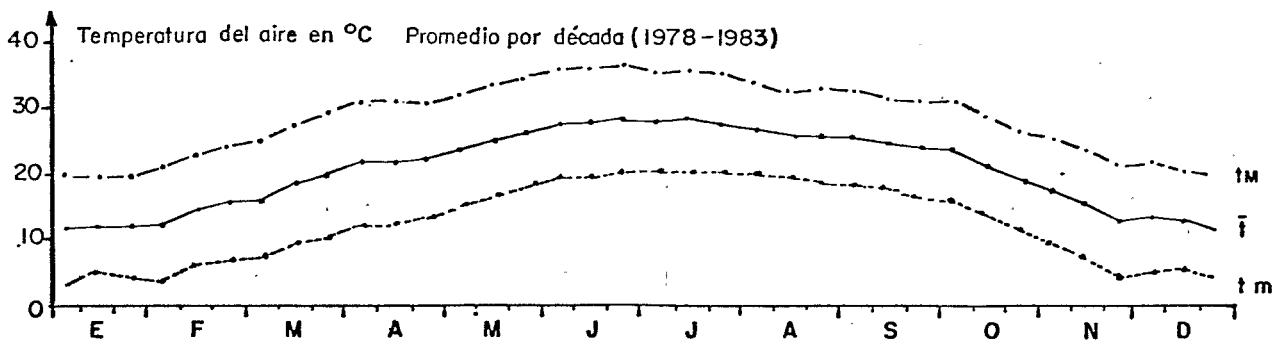
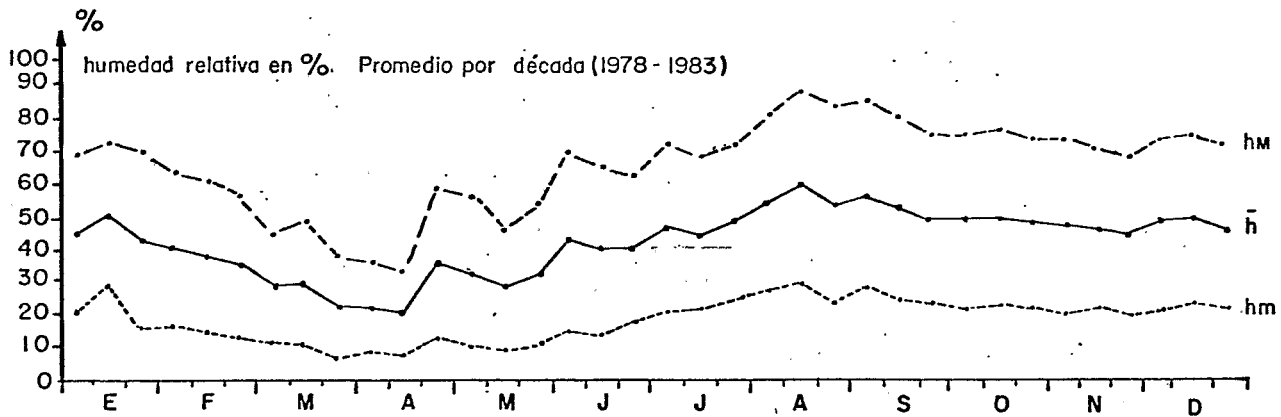
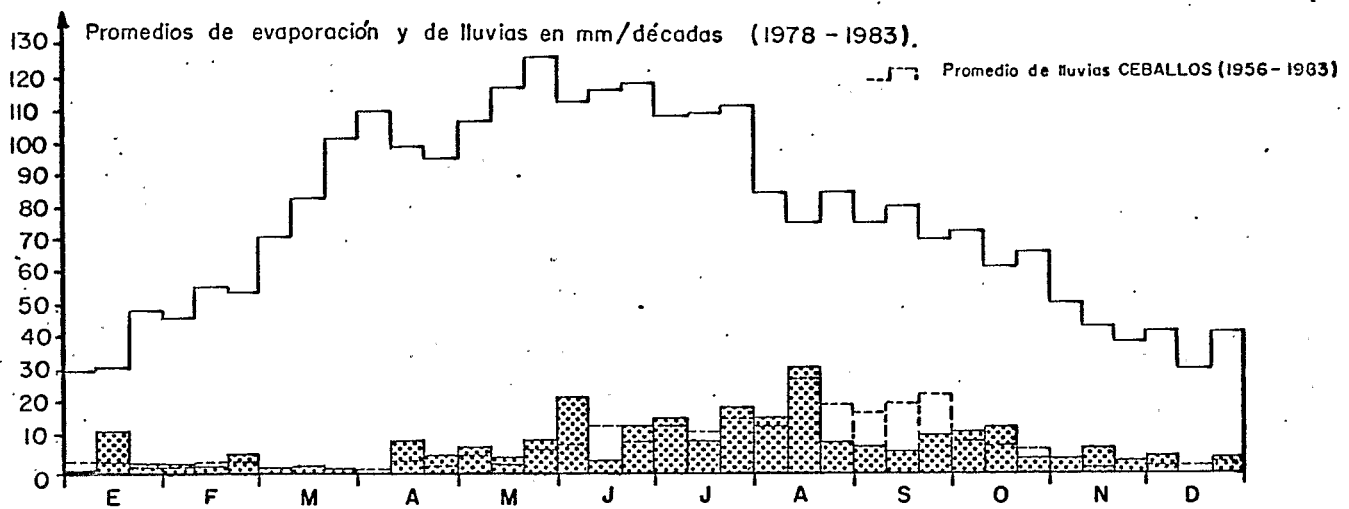
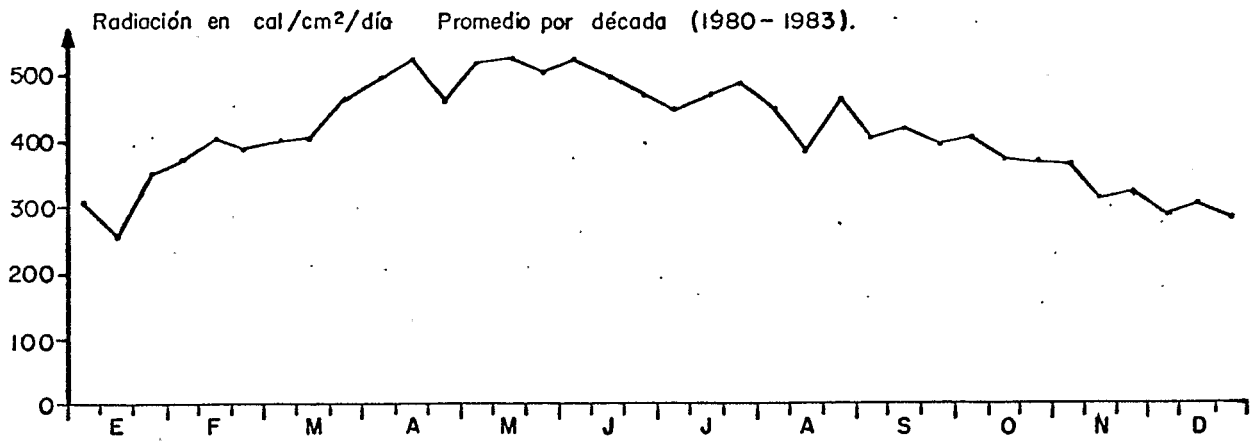
En resumen, para caracterizar de manera bastante completa pero concisa el clima de la zona y permitir comparaciones, el mismo se puede describir como: "clima tropical árido, continental de altitud media, con regimen de lluvias estival e inviernos frescos".

BIBLIOGRAFIA

- COACHEME, J. et FRANQUIN, P., 1967. A study of the agroclimatology of the semiarid area south of the Sahara in West Africa. *Rapport technique FAO/UNESCO/WMO*. Rome 1967, 325 p.
- CORNET, A., 1974. Essai de cartographie bioclimatique à Madagascar. *Carte thématique ORSTOM No. 55: 1 notice 28 p. + 1 carte*.
- CORNET, A., 1981. Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. *Thèse Docteur-ing. USTL Montpellier, 1981, 353 p.*
- EMBERGER, L., 1955. Projet d'une classification biogéographique des climats in *Coll. intern. C.N.R.S. Régions Ecologiques du Monde*. Paris, 1954, 59: 249-255.
- GARCIA, E., 1969. Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Bull. Instituto de Geografía, UNAM, I: 175-191*.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Publ. UNAM, México, 1973, 246 p.*
- HALES, J.E., Jr., 1974. Southwestern United States summer monsoon source: Gulf of Mexico or Pacific Ocean? *Journ. of Applied Meteorology* 12: 331-342 (in Schmidt 1983).
- HILL, J.B., 1969. Temperature variability and synoptic cold fronts in the winter climate of Mexico. McGill University, Dept. of Geography. *Climatological Research Series, No. 4, Montreal (in Schmidt, 1983)*.
- MORAT, PH., 1969. Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviothermique d'Emberger. *Cah. ORSTOM sér. Biol., 10, déc. 1969: 117-132*.

- MOSINO, A. P., 1964. Surface weather and upper air-flow patterns in Mexico. *Geofísica Internacional. Technical Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*, 4: 117-168.
- RASMUSSEN, E. M., 1967. Atmospheric water vapor transport and the water balance of North America: Part 1. Characteristics of the water vapor flux field. *Monthly Weather Review*, 95: 403-426 (in Schmidt 1983).
- RIOU, CH., 1975. La détermination pratique de l'évaporation. Application à l'Afrique centrale. *Mém. ORSTOM*, 80, 236 p.
- SCHMIDT, R. H., Jr., 1983. Chihuahuan Climate. *Communication at the II Chihuahuan Desert Symposium*, 20-21 october, 1983, Alpine, Texas 44 p. multigraf.
- SCHMIDT, R. H., Jr., 1983. Climate and the Chihuahuan Desert. In: *Natural Resources and Renewable Resources and Development in Arid Regions* (E. Campos and R. J. Anderson, Eds.). West View Press, Boulder, Co.,: 35-52.
- SIERRA MORALES, R., 1981. Las trayectorias ciclónicas de 1976-1979, sus efectos e influencia en el regimen de lluvias de México. *Mém. del VIII Congreso Nacional de Geografía*. Toluca, Méx. I: 124-137.
- STRETTA, E. P. y MOSINO, P.A., 1963. Delimitación de las zonas áridas de la República Mexicana, según un índice de la aridez derivado del de Emberger. *Revista de Ingeniería Hidráulica de México*, 17, 1.
- VILCHIS MARIN, A., 1979. Estudio climático del Bolsón de Mapimí. *Tesis de Licenciatura*, UNAM, México, 136 p.
- VILCHIS, MARIN, A., 1981. "Las precipitaciones en el Bolsón de Mapimí y los estados atmosféricos que determina". Instituto de Ecología, México, 63 p. + anexos multigraf.

FIG. 1 Laboratorio del desierto : Promedios por década de los principales datos climáticos 1978-1983



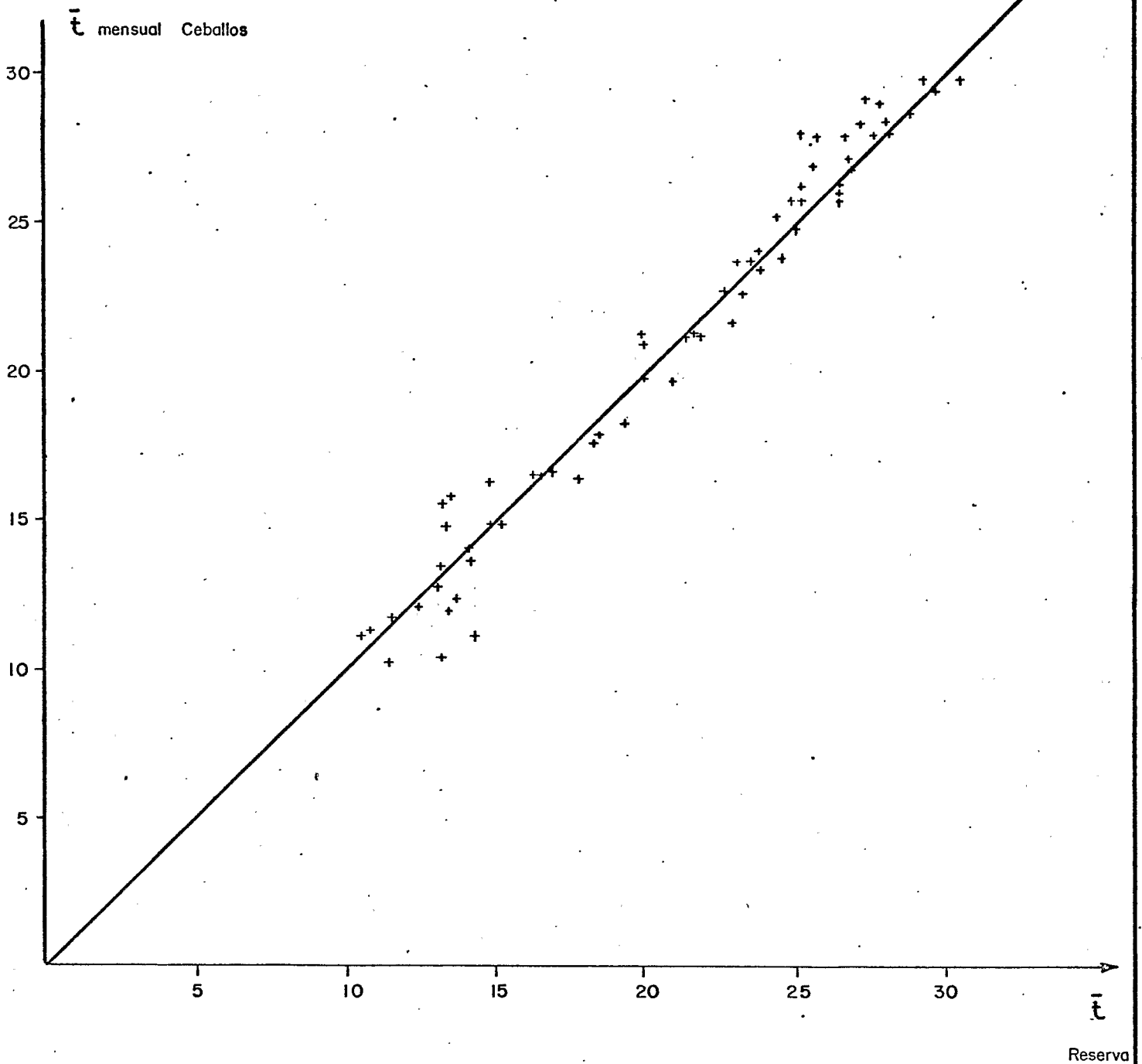


FIG. 2, Comparación de los promedios mensuales de temperatura entre la estación de la Reserva y la estación de Ceballos (1978 - 1983).

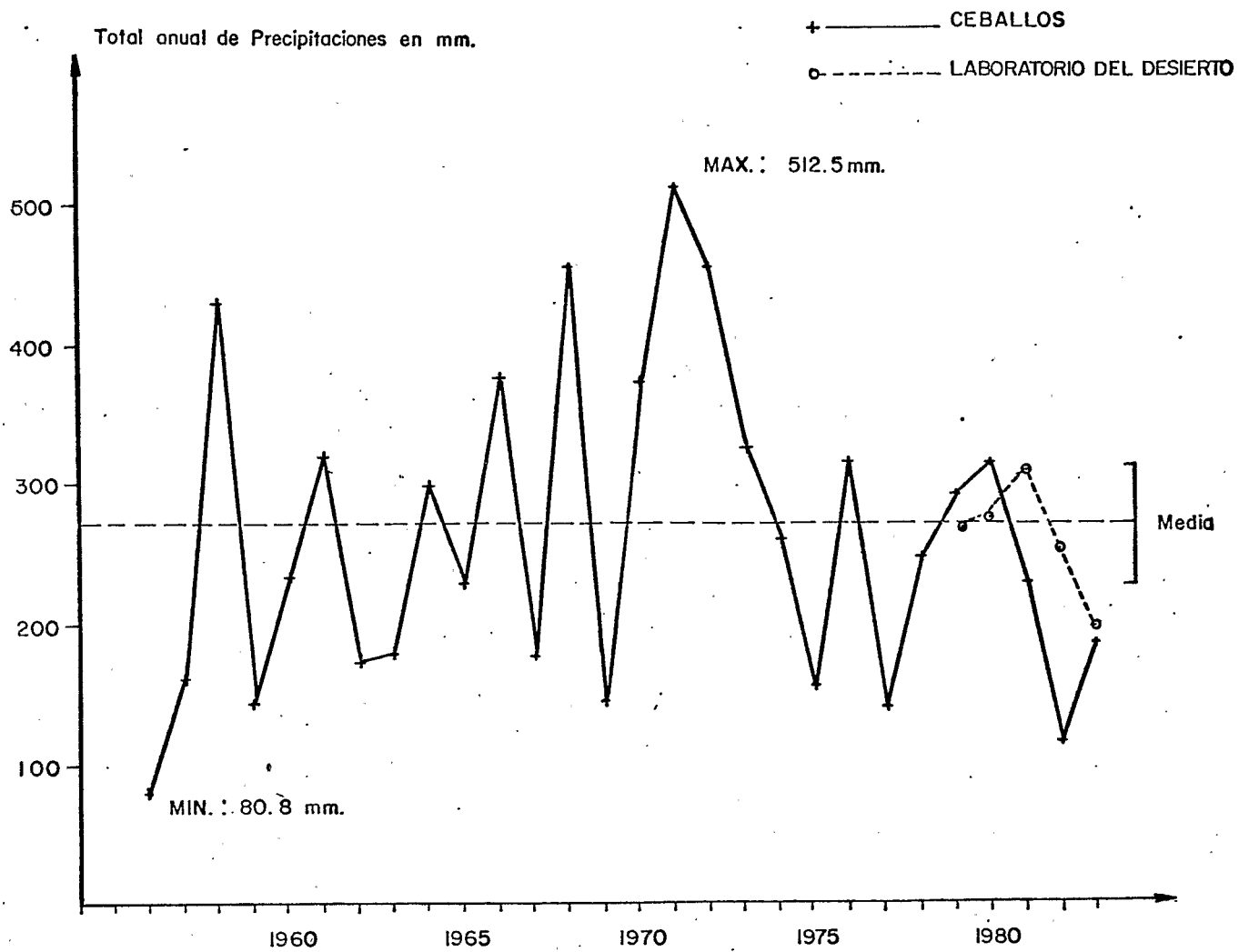


FIG. 3 Variaciones interanuales de las Precipitaciones

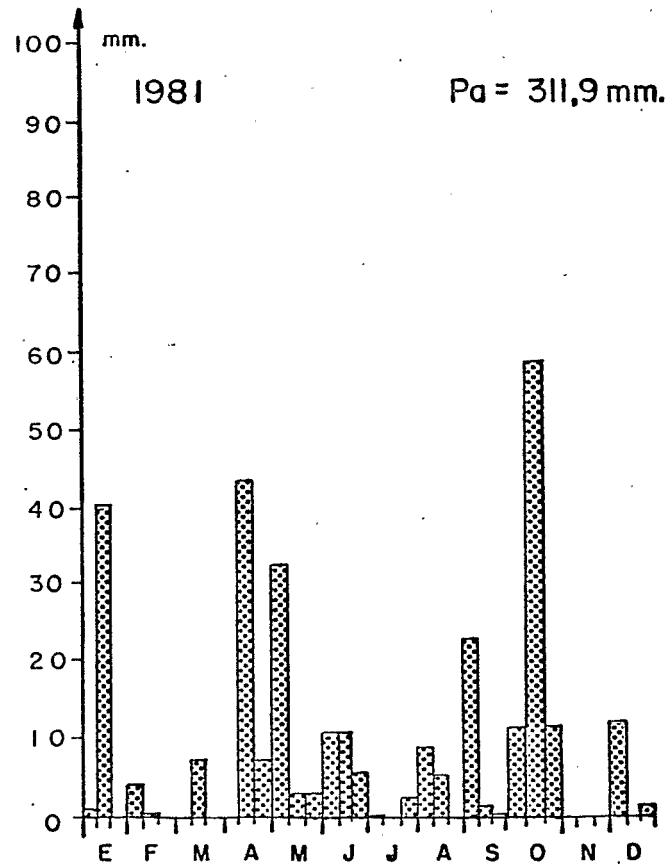
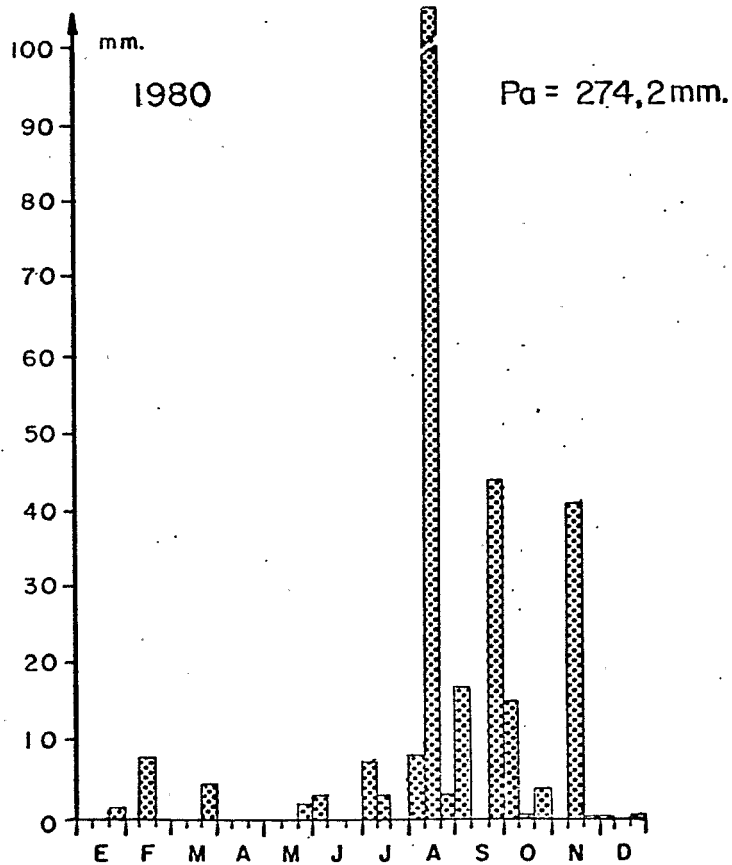
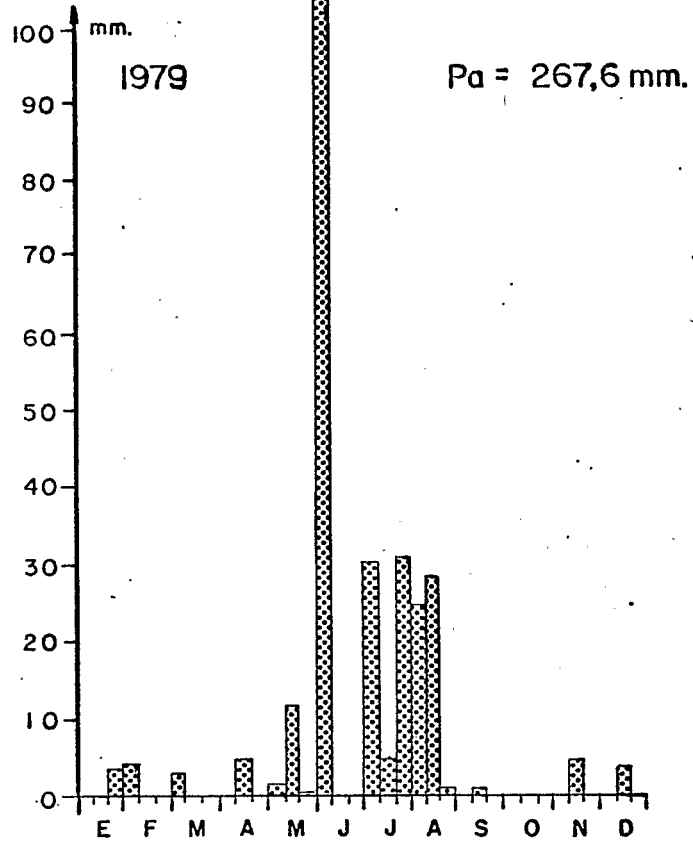
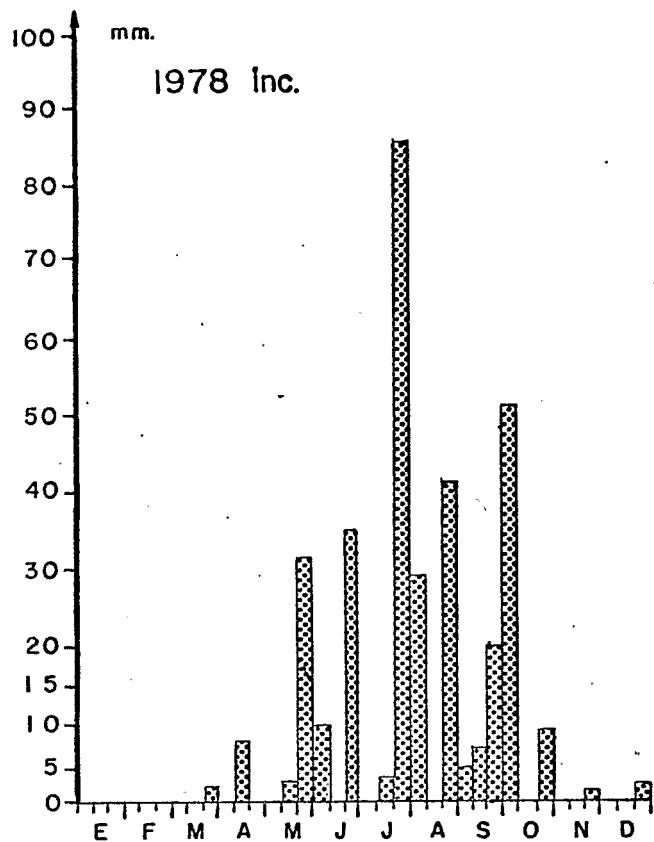


FIG. 4A, Laboratorio del desierto: Precipitaciones en mm. por década.

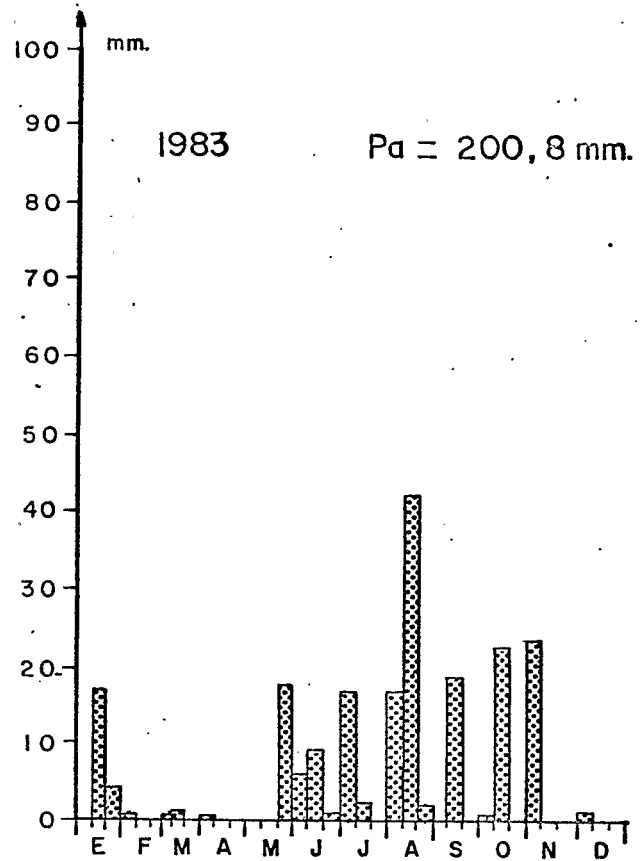
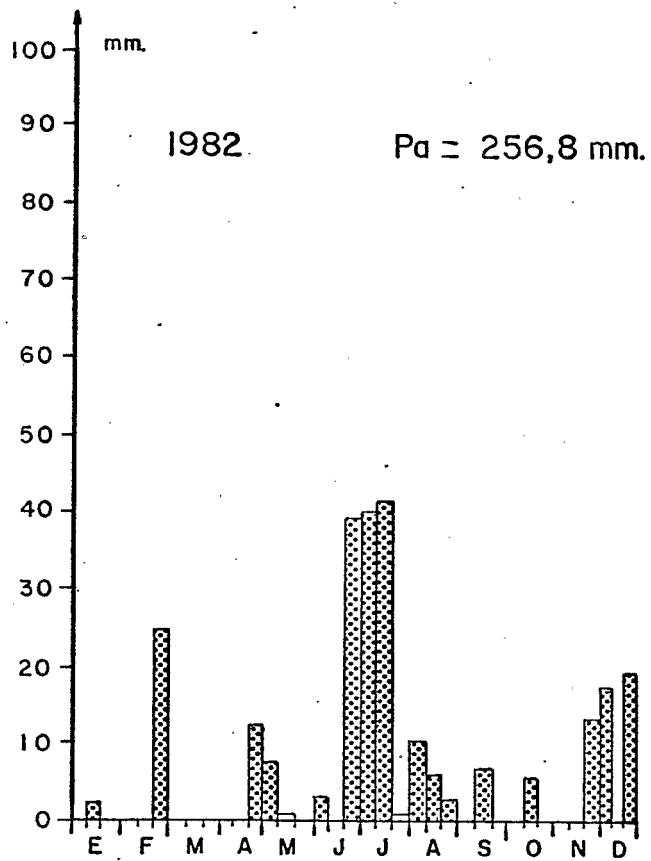


FIG. 4B. Laboratorio del desierto : Precipitaciones en mm. por década.

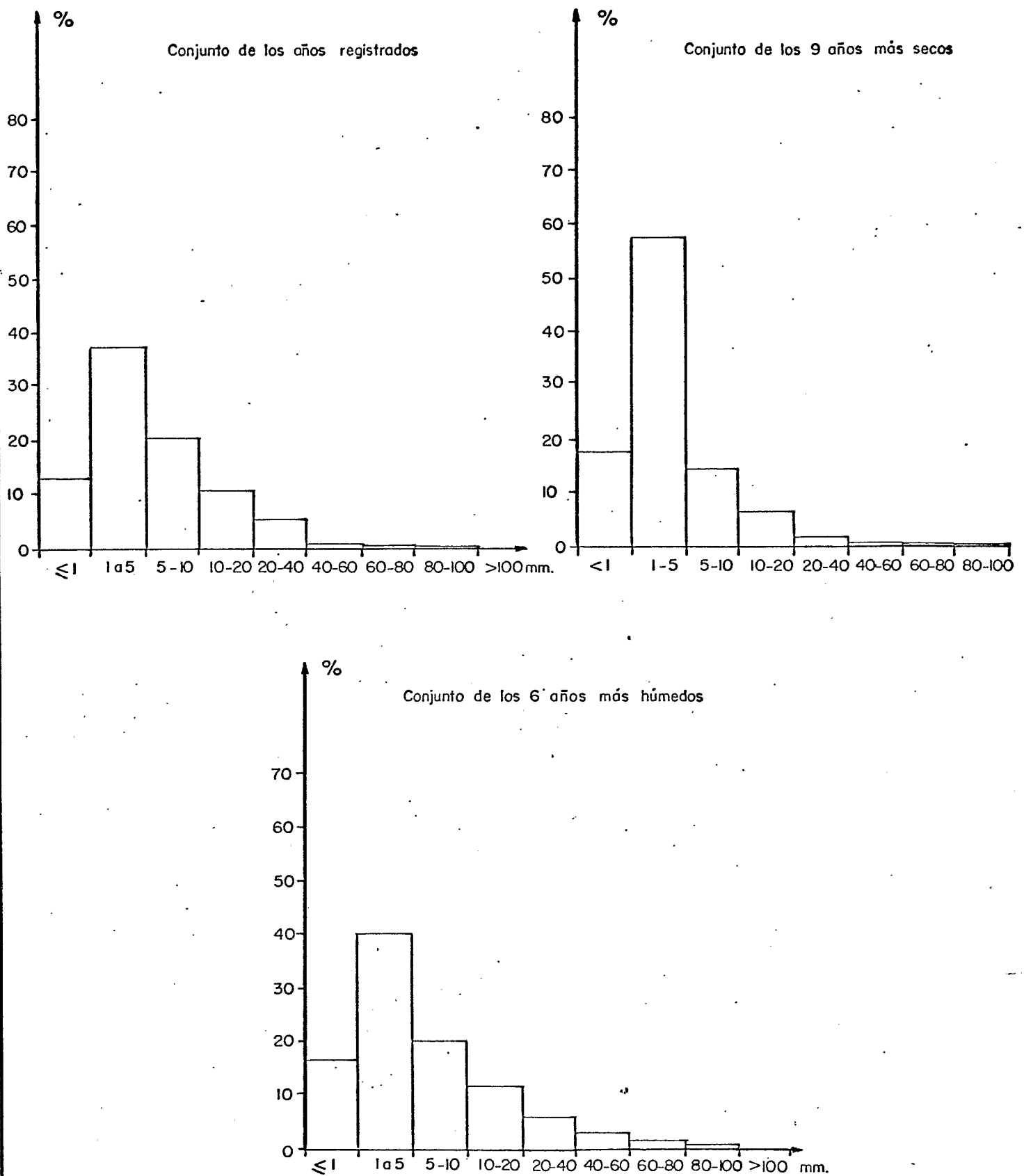


FIG. 5, Ceballos (1956-1981) Frecuencia de importancia de las lluvias diarias.

FIG. 6 , Comparación de las precipitaciones mensuales para 3 estaciones cercanas

