

MODELO CLIMATICO SIMPLE PARA CONCEPCION

Nelson Saavedra

Departamento de Física, Facultad de Ciencias.

Universidad de Concepción

Concepción Chile

RESUMEN

Se expresan los valores medios mensuales de frecuencia de vientos N y SO, radiación global, horas de sol, nubosidad y frecuencia de lluvias para Concepción ($36,8^{\circ}\text{S}; 73,03^{\circ}\text{O}$) como función lineal de la posición del lugar de presión media mensual máxima en Chile (lpm). El error máximo relativo al valor medido de la estimación de las variables climáticas mencionadas, usando esta relación, es en la mayoría de los casos, del orden del 20%. En particular, para la radiación global es sólo del orden del 10%.

Los valores de estas variables pueden expresarse como función lineal que sólo depende del mes correspondiente, si se adopta una aproximación adecuada de la posición del lpm. El error máximo en este caso es del mismo orden que en los casos anteriores.

Finalmente se discute algunas implicaciones cualitativas del modelo propuesto y se establece un esquema muy simple para describir gran parte de las variables climáticas de Concepción.

ABSTRACT

Monthly mean values of N-and SW- wind frequency, global radiation, hours of sunshine, cloud amount and rainfall frequency at Concepción ($36,8^{\circ}\text{S}; 73,03^{\circ}\text{W}$) are given as a linear function of the location of maximum monthly mean pressure in Chile (lpm). Maximum error relative to the measured value of the estimated climatic variables, calculated using this relationship, is in most cases of the order of 20%. In particular, it is only 10% for global radiation.

Values of these variables can be given as a liner function of month only, when an appropriate approximation of the lpm location is adopted. Maximum error in this case is of the same order as in previous cases.

Finally, some qualitative implications of the proposed model are discussed and a simple scheme devised to describe most Concepción's climatic variables.

MODELO CLIMATICO SIMPLE PARA CONCEPCION

Introducción:

Dentro del esquema climático ya esbozado para la región Central de Chile (Saavedra,1983), y que se resume en considerar el clima como el resultado de la interacción media mensual entre el Anticiclón del Pacífico (AP), las Bajas Polares (BP), La Depresión Continental (DC) y la Profundización de la Depresión Continental (PDC) juega un rol determinante el lugar de presión media mensual máxima en Chile (lpm). Este divide esta región en dos sectores: dominio de las BP, al Sur del lpm, y dominio del AP modulado por la DC y/o la PDC, al Norte. No se toma en cuenta el dominio mismo de la cuña de alta que se reemplaza sólo por el lpm. En este esquema se ha mostrado (Saavedra,1983, 1980) que existe una correspondencia cualitativa importante para Concepción (36,8°S y 73,03° O), entre la posición y desplazamientos del lpm y la distribución anual de los valores medio mensuales de gran parte de las variables meteorológicas, en adelante denominadas variables climáticas, derivadas de las medidas sinópticas ordinarias. En efecto, se ha puesto de manifiesto, cualitativamente, esta correspondencia para: la frecuencia y dirección de los vientos dominantes (SO y N), presión, radiación global, insolación, nubosidad y frecuencia de precipitaciones. Esta correspondencia es muy marcada, en particular, para Concepción, debido a su ubicación privilegiada respecto a los desplazamientos del lpm. Los desplazamientos más rápidos del lpm de Sur a Norte y de Norte a Sur " pasan" por Concepción.

En grueso, nuestro esquema nos permite expresar cualitativamente lo siguiente: si el lpm se encuentra al Sur de Concepción, tanto Concepción, como toda la región al Norte del lpm tendrá características dominantes de lo que subjetivamente se denomina buen tiempo. Las variables climáticas tomarán valores tales que se tenga predominio de los vientos del SO, radiación relativamente alta referido al máximo posible, número de horas de sol relativamente grandes con referencia al máximo posible, nubosidad baja y frecuencia de lluvias baja. Si el lpm está al Norte de Concepción, entonces aquí y en la región al Sur del lpm el viento predominante será el viento Norte y las otras variables climáticas tomarán valores opuestos a los señalados anteriormente. La presencia del lpm en Concepción debe señalar la transición entre las dos descripciones indicadas.

En lo que sigue se darán las bases de un modelo climático simple para Concepción que vincula, cuantitativamente, las variables climáticas en función de la posición del lpm para posteriormente hacerlo en función del mes del año de que se trate. Se discutirá el modelo elaborado.

MODELO PROPUESTO

Fundamentos del Modelo

Primeramente supondremos que el valor de las variables climáticas más arriba mencionadas son proporcionales a la distancia del lpm de Concepción (aumentan o disminuyen con ella, según la variable de que se trate). Como la ubicación del lpm es el lugar (latitudinal) en donde éste se encuentra en media mensual, consideramos que esta posición es el lugar donde la probabilidad de encontrar el lpm es máxima. Esto supone que la distribución de la posición diaria mensual (para muchos meses) del lpm es normal en torno a su posición media mensual, hipótesis que podría comprobarse con un análisis más detallado de datos. Si consideramos, la posición latitudinal de Concepción como origen de nuestro sistema referencial ($x=0$), nuestra hipótesis de proporcionalidad, suponiendo una relación lineal para valores negativos y positivos, única, confirma el esquema esbozado en la introducción y hace indispensable el concepto de ubicación probabilística del lpm. Si por ejemplo, consideramos la frecuencia del viento N, ésta aumenta cuando el lpm se desplaza hacia el N (hacia las $x < 0$), pero cuando el lpm se desplaza hacia el Sur, en cualquier punto que se encuentre, la probabilidad de existencia del viento Norte no es nula sino que disminuye a medida que el lpm se aleja de Concepción hacia el Sur ($x > 0$). Como de hecho la variabilidad del viento en Concepción, en primera aproximación, sólo afecta a los vientos Norte y SO (Saavedra, 1983, 1980), estos vientos formarían un sistema en que uno crece a expensas del otro y viceversa, entonces Concepción ($x=0$) debe representar el lugar donde las probabilidades de existencia del viento N y del viento SO son aproximadamente iguales.

Otra consecuencia digna de destacarse es que se está suponiendo que el "pasaje" del lpm por Concepción es reversible, o bien que sólo la posición de éste determina los valores de la variable climática de que se trate. Aunque en rigor, esto no es efectivo (Saavedra 1983), ya que existe una asimetría bien marcada en la variación de las distintas variables climáticas en concordancia con el pasaje de S a N ó de N a S del lpm sobre Concepción. En particular, el pasaje de N a S va acompañado por la PDC o la DC que, aunque son bajas débiles en comparación a las BP, tienen asociados fenómenos que son más aleato-

rios que los claros y definitivos efectos de la irrupción de las BP, verbi gracia nubosidad, viento norte y aún ocasionalmente lluvia acompaña a la PDC o DC en no pocas ocasiones. Se espera entonces, que la hipótesis de proporcionalidad sólo represente una primera aproximación a ser corregida posteriormente.

Por último, agregaremos que se considera que los desplazamientos del lpm respecto a Concepción son mucho menores que los ordenes de magnitud de las dimensiones meridionales del AP y de las BP.

Especificación de la dependencia lineal de las variables climáticas en función del lpm.

La idea a desarrollar será simplemente ajustar las constantes de la dependencia lineal supuesta de las variables climáticas mencionadas en la introducción en función de la posición del lpm. Nótese que las variables de intensidad, excepto la radiación, son excluidas del modelo dado que dependen además de otros factores, que no tienen una vinculación directa con el lpm y sus desplazamientos. Es el caso por ejemplo, de la intensidad de vientos y de precipitaciones.

Si se grafican los valores de las diferentes variables climáticas debidamente normalizadas, en función de la posición del lpm, se obtiene una serie de puntos. Se trata de pasar una recta de regresión que mejor represente el conjunto de los valores de las variables climáticas en función de la posición del lpm. En la figura 1, y a vía de ejemplo, se da el valor de la frecuencia del viento norte expresado en % vs la posición latitudinal media del viento norte expresado en % de exceso o defecto de la latitud de Concepción, tomada como referencia. Se ha dibujado, además la recta de regresión correspondiente. Debe hacerse notar que sólo se conoce la posición media mensual del lpm y por lo tanto, no tiene mucho sentido hablar de posiciones intermedias entre un mes y otro. En el caso que nos preocupa debe estimarse que para la recta regresión tienen sentido todas las posiciones que pueda ocupar el lpm en su dominio de variación y las variables climáticas serán una función continua (lineal) de la posición de éste. En la figura N°2, como un ejemplo más, consignamos la radiación global media mensual de Concepción expresada en porcentaje sobre el máximo posible. De toda evidencia en este caso, por simple inspección, el ajuste es mejor que para el viento Norte. En general, el comportamiento de los otros parámetros es parecido a los anteriores.

La recta de regresión será en general de la forma:

$$y = A + Bx$$

y = valor de la variable climática

x = posición del lpm expresada en porcentaje de exceso o defecto relativo a la latitud de Concepción.

Los resultados obtenidos para las distintas variables climáticas se consig- nan en la Tabla 1. Se agrega además el coeficiente de regresión r para cada a- juste. Las posiciones del lpm para cada mes se indican en la Tabla N°2.

Tabla N°1: Constantes A y B y coeficiente de regresión para la aproximación lineal ($y = A+Bx$) entre el valor de la variable climática y la po- sición del lpm.

Variable climática	coeficiente de regresión		
y	A	B	r
Frecuencia Vto N(%)	25.1	-0.78	0.897
Frecuencia Vto SO (%)	18.6	1.35	0.915
Radiación (% sobre máx teorica del mes)	45.1	0,69	0,943
Insolac. (%sobre máx.possible del mes)	47.4	1.91	0.940
Nubosidad (% sobre máx.possible del mes)	55.7	-1.82	0,956
Frecuencia precipitaciones $\geq 0,1$ mm(%)	39.2	-2.18	0,946

Tabla N°2 Posición media mensual del lpm, relativo a la latitud de Concepción (Saavedra, 1983)

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
x	15	15	11	6	-5	-4	-5	-4	-1	8	8	9

Se ve que: $-5 \leq x \leq 15$

Con los valores de las constantes A y B de la tabla N°1 y los valores de la posición del lpm de la Tabla N°2, se construyó la Tabla N°3, que da los va- lores de las variables climáticas en consideración, calculadas según modelo lineal, se incluyen los valores observados en medidas tomadas sobre el perío- do 1965-1979 y los errores relativos a los valores observados.

Dependencia lineal de las variables climáticas en función del mes del año

Se puede obtener ecuaciones para calcular los valores de las variables cli- máticas sólo en función del mes, si se adopta una forma analítica simple pa- ra los desplazamientos medios mensuales del lpm mediante rectas adecuadas.

Tabla N°3 Variables climáticas para Concepción (36.8°S). Valores correspondientes al período 1965-1979 calculados según el modelo lineal y error relativo a los valores observados.

Variable climática	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Frecuencia Vto. N (%)	Observado calculado Error	12.4 18.2 14.1 +13.7	15.4 14.1 -22.5 +11.5	21.7 17.2 21.1 -2.7	33.4 29.7 -11	30.6 29.0 -5.2	32.8 29.7 -9.4	23.3 28.9 +24.0	23.3 25.6 +14.1	19.9 19.6 -1.5	21.1 19.6 -7.1	16.8 19.8 +11.9	
Frecuencia Vto. SO(%)	Observado calculado Error	42.7 33.6 38.8 -9.1	30.2 33.4 +10.5	18.0 26.6 +47.7	11.9 11.8 -0.8	10.5 13.1 +24.7	9.9 11.8 +19.1	15.6 13.1 -16.0	21.0 17.2 -18.0	30.7 29.3 -4.5	31.5 29.3 -6.9	39.0 30.7 -21.2	
Radiación (% sobre máx. teóric del mes)	Observado calculado Error	57.7 55.4 -3.9	52.1 55.4 +4.3	50.0 49.2 -1.6	39.2 41.6 +6.1	39.7 42.3 +6.5	43.6 41.6 -4.5	44.1 42.3 -4.0	46.0 44.4 -3.4	49.0 50.6 +3.2	50.5 50.6 +0.1	52.9 51.3 -3.0	
Insol (% sobre máx. posible del mes)	Observado calculado Error	80.9 76.1 -6.0	67.2 76.1 +13.2	67.1 68.4 +1.9	50.5 58.8 +16.4	32.0 37.8 +18.1	33.6 37.8 +18.1	36.6 39.7 +3.2	46.8 45.5 -15.1	52.3 62.7 +13.0	62.0 62.7 +1.1	64.1 62.7 -2.1	71.2 64.6 -9.2
Nub. (% sq bre máx. posible del mes)	Observado calculado Error	28.7 28.4 +1.0	30.0 28.4 -5.3	35.0 35.6 +1.7	45.0 44.8 +0.4	66.2 64.8 -2.1	68.7 63.0 -8.2	70.0 64.8 -7.4	57.5 63.0 +9.5	48.7 57.5 +18.0	45.0 41.1 -8.6	42.5 41.1 -2.3	35.0 39.3 +12.2
Frec. precipitación > 0.1 mm (%)	Observado calculado Error	10.6 6.3 -40.5	10.2 6.3 -38.2	11.6 15.1 +30.1	19.0 26.0 +36.8	46.1 50.1 +8.6	58.0 47.9 -17.4	57.0 50.1 -12.1	44.8 47.9 +6.9	34.3 41.3 +20.4	37.4 21.6 -42.2	20.3 21.6 +6.4	15.1 19.9 +31.7

En la figura 7 se indica la posición del lpm para cada mes, según los valores consignados en la tabla N°2 junto con las rectas de regresión correspondiente a los meses de Febrero a Abril, de Mayo a Julio y de Agosto a Enero . Esta elección conserva las propiedades más importantes de la posición y desplazamientos del lpm discutidas en (Saavedra,1983). Con este antecedente una variable climática queda expresada en función del mes M como: $y = C + DM$.

Las constantes C y D están indicadas en la Tabla N°4. El número del mes M parte de M= 2 para Febrero y llega a M= 13 para Enero.

Tabla N°4 Constantes C y D para la aproximación lineal ($y = C+DM$) entre el valor de la variable climática y el mes del año. M=2, Feb.M=13, Enero

Variable climática	Feb-Abril		Mayo-Julio Constantes		Agost-Enero	
	C	D	C	D	C	D
Frec.Vto. (%)	6.9 +	3.5	29.4	0	50.5 -	2,8
Frec. Vto S(%)	51.2 -	6.1	12.3	0	-24.2 +	4,8
Rad.(% sobre el máx.posible)	61.7 -	3.1	41.8	0	23.2 +	2,5
Insol.(% sobre el máx.posible)	93.6 -	8,6	38.5	0	-13.0 +	6,8
Nub.(% sobre el máx. posible)	11.7 +	8,2	64.2	0	113.3 -	6,5
Frec. precipitaciones 0.1 mm(%)	-13.5 +	9.8	49,4	0	108.8 -	7,8

Los valores de las variables climáticas calculadas según estas ecuaciones y los observados se indican en la tabla N°5, similar a la tabla N°3.

DISCUSION

En las figuras 3,4,5 y 6 se muestran los valores observados y calculados según las ecuaciones $y=A+Bx$, o en otras palabras, los gráficos de la tabla 3. Sólo nos referiremos a estos gráficos y a esta tabla, ya que los valores que dan la variable climática en función del mes difiere muy poco de éstos.

Se puede notar en primer lugar, por simple inspección, que tanto los valores observados como los valores calculados siguen en grueso la misma variación cualitativa (dada por el lpm), aunque cuantitativamente algunos pocos valores difieren notablemente. Nótese la buena coincidencia obtenida para los valores de la radiación (ver fig. N°4 y Tabla N°3), lo que no deja de llamar la atención, ya que ésta es una magnitud de intensidad. En efecto, una lectura a la tabla N°3 permite concluir que esta magnitud es la que mejor obedece al modelo. Tiene un error máximo menor que el 10% para cualquiera sea el mes considerado. Para la precipitación se producen errores relativos importantes para algunos

Tabla N°5 Variables climáticas para Concepción 36,8°S. Valores observados correspondientes al periodo 1965-1979, calculados según el modelo incluyendo rectas como aproximación para la posición del 1pm y error relativo a los valores observados.

Variable	climática	E	F	M	A	mes											
						M	J	J	A	S	O	N	D				
Frecuencia Vto.N (%)	observado calculado error	12.4 14.3 15.3	18.2 14.0 -23.1	15.4 17.5 13.5	21.7 21.0 -3.2	33.4 29.4 -12.0	30.6 29.4 -4.0	32.8 29.4 -10.4	23.3 28.2 21.0	15.9 25.4 9.0	19.9 22.7 14.1	21.1 19.9 -5.7	16.8 17.1 1.8				
Frecuencia Vto.50 (%)	observado calculado error	42.7 37.9 -11.2	33.6 39.1 16.4	30.2 33.0 9.3	18.0 26.9 49.4	11.9 12.3 3.4	10.5 12.3 17.1	9.9 12.3 24.2	15.6 13.9 -10.9	21.0 18.7 -11.0	30.7 23.5 -23.5	31.5 28.3 -10.2	39.0 33.1 -15.1				
Radiación (%) sobre máx.teórico del mes	observado calculado error	57.7 55.2 -4.3	53.1 55.5 4.5	52.1 52.5 0.8	50.0 49.4 -1.2	39.2 41.8 6.6	39.7 41.8 5.3	43.6 41.8 -4.1	44.1 42.9 -2.7	46.0 45.3 -1.5	49.9 47.8 -2.4	50.5 50.2 -0.6	52.9 52.7 -0.4				
Insol. (%) sobre máx posible del mes	observado calculado error	80.9 75.5 -6.7	67.2 76.4 9.2	67.1 67.7 0.9	50.5 59.1 17.0	32.0 38.5 20.3	33.6 38.5 14.6	36.6 38.5 5.2	46.8 41.4 -11.5	52.3 48.2 -7.8	62.0 55.1 -11.1	64.1 61.9 -3.4	71.2 68.7 -3.5				
Nub (%) sobre máx. posible del mes	Observado calculado error	28.7 28.8 0.3	30.0 28.0 -6.7	35.0 36.3 3.7	45.0 44.4 -1.3	66.2 64.2 -3.0	68.7 64.2 -6.6	70.0 64.2 -8.3	57.5 61.3 6.6	48.7 54.8 12.5	45.0 48.3 7.3	42.5 41.8 -1.6	35.0 35.3 0.9				
Frec. precipitación 0.1 mm (%)	observado calculado error	10.6 7.1 -33.0	10.2 6.1 -40.2	11.6 15.9 37.1	19.0 25.7 35.3	46.1 49.4 7.2	58.0 49.4 -14.8	57.0 49.4 -13.3	44.8 46.0 2.7	34.3 38.2 11.4	27.4 30.4 10.9	20.3 22.7 11.8	15.1 14.8 -2.0				

meses, sin embargo, esto se debe más bien a lo pequeño de las cifras para los meses en que llueve poco. Hacia el invierno (M, J, J, A) las cifras son más aceptables. Para las frecuencias de los vientos N y SO el error máximo es menor que el 25% salvo para el viento SO en el mes de Abril, en que es 47.7%. Sin duda, estos valores pueden ser mejorados aún, dentro de nuestras simplificaciones, por una corrección debido a la PDC que hace que cuando el lpm está al Sur de Concepción, no siempre exista viento SO, sino que a veces viento N.

La reversibilidad del pasaje del lpm "sobre" Concepción (punto $x=0$) en el modelo implica que los valores de variables climáticas complementarios, como el viento N y el viento SO, tienen ahí la misma probabilidad frecuencial, dada por el valor de A en la tabla N°1. Naturalmente, debido a la interpolación usada esto sólo se produce aproximadamente. Las curvas del viento N y SO correspondientes a valores observados deben cortarse cuando el lpm "pasa" sobre Concepción, según el modelo. Se ve en la Fig. N°3 que el punto de igual valor de la frecuencia del viento N y SO está muy próximo al pasaje Ab-My (S a N) del lpm. El otro valor idéntico se obtiene efectivamente para el pasaje Sep-Oct. (N a S) del lpm. En cierta medida esto confirma las aproximaciones y la concepción general del modelo. Las curvas derivadas del modelo se cortan naturalmente, de acuerdo a la reversibilidad, en el valor único 23%. Si se calcula el promedio de las frecuencias medias mensuales observadas de los vientos N y SO mes a mes, se constata que para los meses de Ab a Sep el promedio es bastante estable. En el resto de los meses este promedio crece constantemente desde Sep a Dic, y disminuye de Enero a Mayo. Sin duda, es el efecto de la PDC, que aumenta la frecuencia del viento N en el verano, como lo atestigua el lento descenso de la curva correspondiente en la figura N°3 a partir de Agosto.

Otras variables que aparecen como complementarias son la insolación y la nubosidad. Se puede extender para estas variables lo mismo que se dijo para las frecuencias de vientos N y SO. La diferencia es que en este caso las curvas correspondientes a los valores observados se cortan en Ab-My, de acuerdo al pasaje S a N del lpm por Concepción, y en Ag-Sep y no en Sep-Oct, que es el pasaje de N a S del lpm.

CONCLUSIONES

Si consideramos para Concepción, ($36,8^{\circ}\text{S}$ y $73,03^{\circ}\text{O}$), las variables climáticas: frecuencia de vientos Norte y vientos Sur, horas de sol, nubosidad y frecuencia de lluvias, se puede construir un modelo climático simple para ellas,

sobre la base de considerar todas estas variables dependiendo linealmente sólo de la posición del lugar de presión media mensual máxima en Chile (lpm). El error máximo que se comete, relativo al valor medido, es salvo raras excepciones, del orden del 20%. En el caso de la radiación global es sólo del orden del 10%. La variación mensual de estas variables sigue muy de cerca aquellas de la posición del lpm y conservan las características esenciales de las variaciones experimentadas por el lpm. La posición del lpm expresa bastante bien la interacción de los factores meteorológicos que determinan la climatología de las variables mencionadas, en cuanto a características que modifican, en segunda aproximación, las circadianas.

Agradecimientos: Al Ing. A.Hernández por hacer las figuras, al Dr. A Foppiano, por conversaciones útiles en la clarificación del texto y a la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, quien lo patrocinó.

BIBLIOGRAFIA

- Saavedra N.1983 Algunos parámetros climáticos de Concepción y el desplazamiento del lugar de la presión máxima en Chile, Frontera Número extraordinario, 40-42
- Saavedra N.1980 La presión y la dirección del viento en Concepción. Tralka Vol 1, Nº2 153-162.

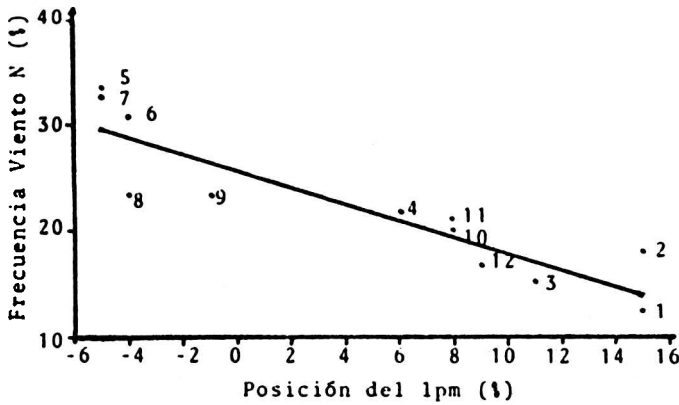


Fig. 1 Frecuencia media mensual del viento N en Concepción (36,8°S) vs latitud del lpm relativa a Concepción.
 • Valores observados correspondientes al período 1965 - 1979
 — Recta de regresión

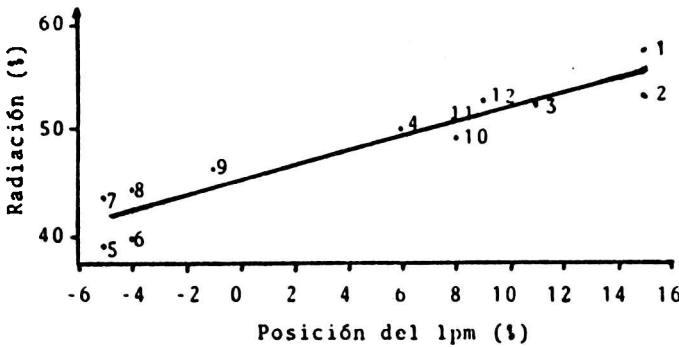


Fig. 2 Radiación global media mensual sobre máxima teórica de Concepción (36,8°S) vs latitud del lpm relativa a Concepción
 • Valores observados correspondientes a período 1965-1979 (los números indican los meses)
 — Recta de regresión

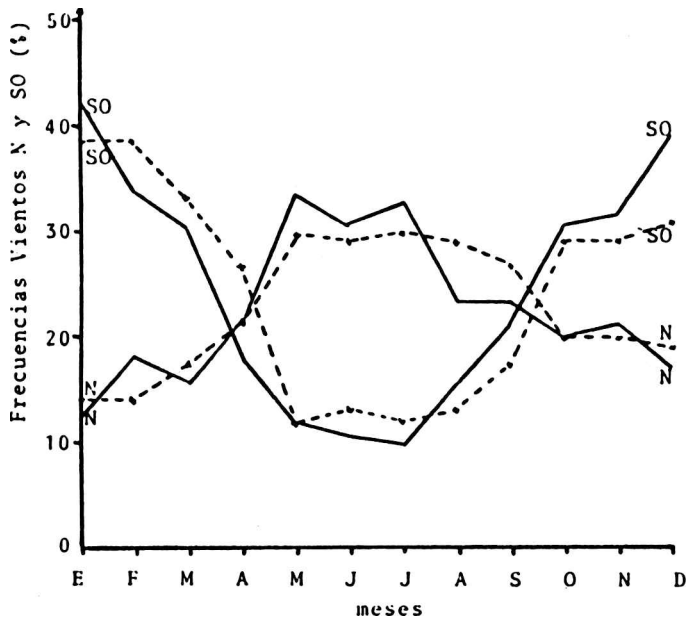


Fig. 3 Frecuencia media mensual de los vientos N. y SO para Concepción ($36,8^{\circ}\text{S}$)
 ——— Valores observados correspondientes al período 1965-1979 vs meses del año
 - - - - - Valores calculados según modelo lineal vs meses del año

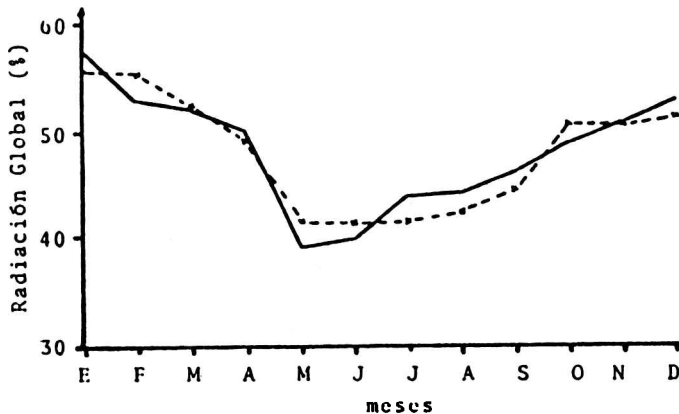


Fig. 4 Radiación global media mensual relativa al máximo teórico para Concepción ($36,8^{\circ}\text{S}$)
 ——— Valores observados correspondientes al período 1967-1979 vs meses del año
 - - - - - Valores calculados según modelo lineal vs meses del año.

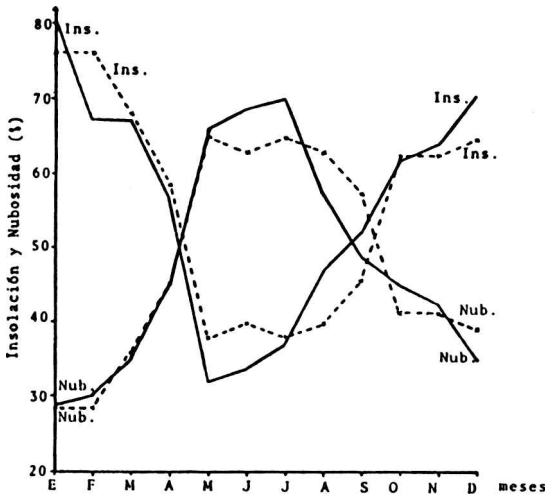


Fig. 5 Insolación y nubosidad media mensual relativa al máximo posible para Concepción (36,8°S)

— Valores observados correspondientes al período 1965-1979 vs meses del año
 - - - - - Valores calculados según modelo lineal vs meses del año.

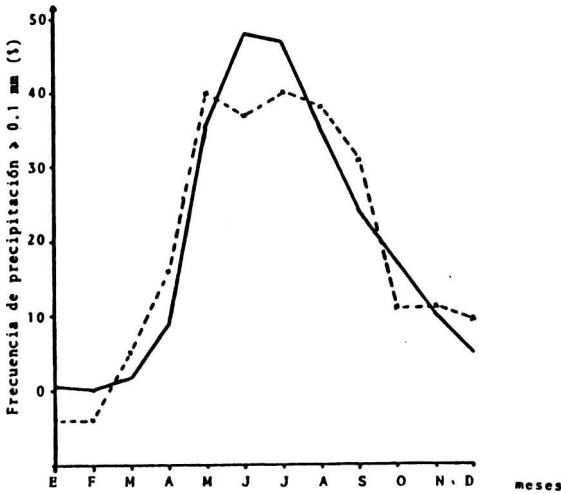


Fig. 6 Frecuencia media mensual de días con precipitación ≥ 0.1 mm para Concepción (36,8°S)

— Valores observados correspondientes al período 1965 - 1979 vs meses del año.
 - - - - - Valores calculados según modelo lineal vs meses del año.

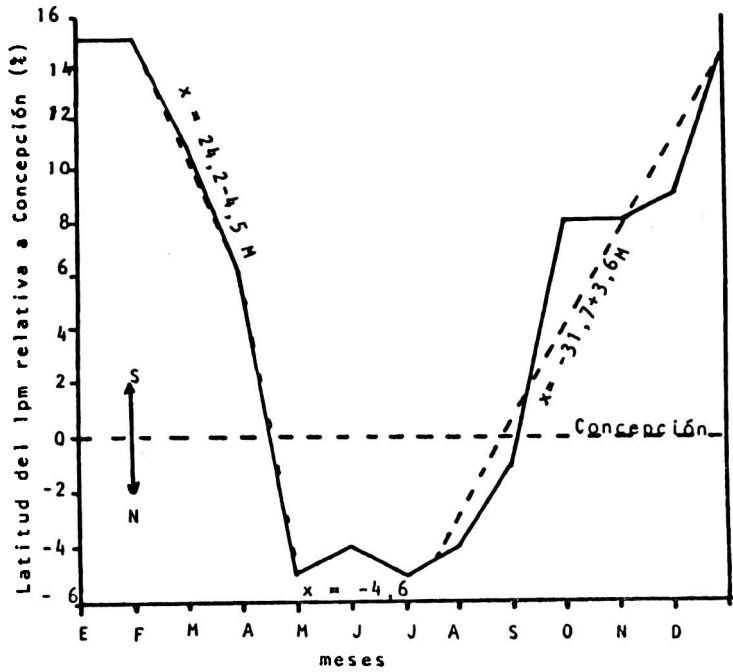


Fig. 7

- Posición media mensual del lpm tomando la latitud de Concepción (36,8°S) como referencia vs meses del año.
- Aproximación a la posición del lpm usando tres rectas:
 - Febrero a Abril $x = 24,2 - 4,5 M$; $M = 2$ al 4
 - Mayo a Julio $x = -4,6$
 - Agosto a Enero $x = -31,7 + 3,6 M$; $M = 8$ al 13