

PREDICCIÓN DE LA PRECIPITACION DE FIN DE ESTACION LLUVIOSA EN EL REGIMEN DEL PACIFICO^{1/*}

Ricardo Radulovich**

ABSTRACT

Rainfall prediction for the end of rainy season in the Pacific Regime. An inverse relationship was found between the monthly precipitation values of the beginning of the rainy season and the values for the end of the rainy season of the same year, for six stations from the semidry Pacific Regime of Costa Rica. Early season (May or April + May) values were termed Initial Precipitation (P_I), and end of season values corresponded to precipitation in November (P_N). According to rainfall amount, P_I values were divided in three ranges. Excepting the lowest values of P_I (Range I), low to medium P_I values (Range II) were related to significantly larger P_N than those associated with high P_I (Range III). A fourth range of the highest P_I values (Range IIIb) were related to a larger percentage of low P_N values, which were usually also the lowest. No low P_N values were found for years with P_I within Range II, while a low percentage of high P_N values recurred in Ranges I and III. From a agricultural perspective, the relationship between P_I and P_N was generalized and presented as the basis of a prediction methodology for amounts of rainfall (P_N) at the end of the rainy season. According to P_I , a year may be classified as belonging to one of the ranges, the limits of which are dependent on the station. Thereafter, second or late rainfed plantings and stress-avoiding cultural practices can be planned according to the amounts of P_N expected. Prediction of low P_N in 1986 was successful in all cases attempted.

INTRODUCCION

La capacidad para predecir oportunamente ciertas características de eventos climáticos venideros, es una meta a la que científicos y técnicos de todo el mundo dedican grandes esfuerzos. Estos incluyen el uso de los más sofisticados métodos y equipos, destacándose el análisis computarizado

de información obtenida vía satélite. Sin embargo, a juzgar por los resultados hasta la fecha, pareciera que nuestros indígenas precolombinos, por simple y meticulosa observación de la naturaleza, tenían más éxito que los científicos modernos en la predicción climática (Antúnez de Mayolo, 1982).

Aparte de eventos climáticos extraordinarios, tales como ciclones y huracanes, y considerando la gran constancia de la temperatura a través del año, la predicción de los fenómenos pluviales es de la mayor importancia en regiones tropicales. Básicamente, esto se refiere a poder predecir cantidades y distribución de la precipitación para períodos venideros de déficit o exceso hídrico.

Burrows *et al.* (1976) y Loomis (1983), señalan que no se posee actualmente la tecnología para predecir con un grado aceptable de certeza las características de la salida de las lluvias, y consideran que contar con esa tecnología repre-

1/ Recibido para su publicación el 12 de noviembre de 1986.

* Trabajo financiado por una Beca de Investigación McNamara, Instituto de Desarrollo Económico, Banco Mundial al autor, Proyecto No. 340-85-068, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica.

** Profesor, Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica.

Cuadro 1. Estaciones estudiadas.

Región	Estación	Número de años considerados (período)	Latitud-Longitud	Altitud (m s n m)	Precipitación anual (mm)
Central	Alajuela	23(1962-1984)	10° 01' - 84° 16'	840	1976,0
	Cartago	33(1950-1983)	09° 52' - 83° 55'	1440	1340,0
Pacífico Central	Barranca	32(1950-1984)	10° 00' - 84° 42'	140	2080,6
Pacífico Norte	Liberia	39(1945-1984)	10° 37' - 85° 26'	144	1650,4
	Santa Cruz	31(1950-1984)	10° 16' - 85° 35'	54	1902,2
	Tilarán	32(1950-1984)	10° 28' - 84° 58'	562	2113,3

sentaría una poderosa herramienta en el uso del agua, disminuyendo los riesgos de pérdidas por déficit hídrico al final de la estación lluviosa.

Radulovich (1986) y Radulovich y Carmona (1987) desarrollaron para las Regiones Central (Alajuela) y Pacífico Norte (Cañas) de Costa Rica, una metodología para predecir ciertas características de las lluvias de fin de año (específicamente de noviembre). Este método se basa en una relación encontrada entre la entrada y la salida de las lluvias de cada año para las dos estaciones evaluadas, lo que provee un conocimiento sobre las lluvias de noviembre desde junio de cada año. El método de predicción que estos autores se limitan a esbozar para dos estaciones del país, forma parte de un esfuerzo mayor, a través del modelo AQUA (Radulovich, 1987), para lograr una mejor utilización de los recursos pluviales en la agricultura de secano, en el cual la factibilidad de predecir las lluvias de noviembre representa una garantía de éxito para producir dos cultivos de ciclo corto por año en estas regiones, sin necesidad de riego.

El trabajo aquí presentado consiste en una evaluación de la metodología desarrollada por Radulovich (1986) y Radulovich y Carmona (1987) para una serie de estaciones del país, así como la búsqueda de una generalización sobre la relación que pareciera existir entre cantidades de precipitación a la entrada y la salida de las lluvias de cada año. Diversas aplicaciones del método son discutidas tras la presentación de los resultados.

MATERIALES Y METODOS

Registros pluviométricos diarios y mensuales fueron obtenidos del Instituto Meteorológico Nacional para seis estaciones representativas de

diversas zonas agroecológicas de las Regiones Central, Pacífico Central, y Pacífico Norte de Costa Rica. Estas estaciones, los años evaluados, y algunas de sus principales características se presentan en el Cuadro 1. Las estaciones fueron escogidas por representar zonas agrícolas distribuidas a lo largo del régimen del Pacífico semiseco, y por poseer amplios registros pluviométricos. Además de estas estaciones, los resultados de Radulovich (1986) y Radulovich y Carmona (1987) para Cañas, aunque no son analizados aquí, son citados en la discusión, aumentando a siete el número de estaciones consultadas.

Las siguientes consideraciones, desarrolladas en más detalle por los autores recién mencionados, sirvieron para implementar el método predictivo de lluvias de fin de año que se utilizó:

- 1) La predicción debe realizarse temprano en el año, para así disponer de suficiente tiempo para la planificación de estrategias de siembra y mercadeo en relación a la segunda siembra de secano;
- 2) El método predictivo debe ser sencillo de utilizar, para permitir su amplio uso;
- 3) A diferencia del simple análisis probabilístico de la distribución de la precipitación, la predicción debe proveer un mayor grado de certeza asociado a rangos de lluvia esperables; y,
- 4) Siendo noviembre por lo general el último mes de lluvias en el régimen del Pacífico, se deben poder predecir algunas características de las lluvias de este mes.

Manteniendo la simplicidad del enfoque, se buscó determinar la existencia y características de cualquier relación entre los valores de la

Cuadro 2. Número y porcentaje (entre paréntesis) de años categorizados dentro de los diversos rangos de P_I .

Estación	Todos (100%)	Rangos			
		I	II	III	IIIb)*
Alajuela	23	3(13,0)	10(43,5)	10(43,5)	2(8,7)
Cartago	33	3(9,1)	13(39,4)	17(51,5)	6(18,2)
Barranca	32	2(6,3)	14(43,8)	16(50,0)	5(15,6)
Liberia	39	1(2,6)	19(48,7)	19(48,7)	6(15,4)
Santa Cruz	31	0(0,0)	14(45,2)	17(54,8)	9(29,0)
Tilarán	32	0(0,0)	9(28,1)	23(71,9)	6(18,8)

* El Rango IIIb es encerrado entre paréntesis para resaltar el hecho de que esos años son considerados también dentro del Rango III. Esto se mantiene para todos los casos en que aplique.

Cuadro 3. Límites de P_I (mm) que dividen numéricamente los diversos rangos.

Estación	Todos los años	Rangos			
		I	II	III	IIIb
Alajuela	< 474,5	< 144,0	174,5-290,0	> 294,5	> 454,9
Cartago	< 335,6	< 51,4	55,5-170,4	> 175,1	> 255,5
Barranca	< 718,8	< 90,1	93,8-260,0	> 265,9	> 476,9
Liberia	< 700,6	< 7,5	15,6-158,7	> 173,4	> 365,4
Santa Cruz	< 687,7	-	36,3-174,0	> 184,0	> 278,0
Tilarán	< 373,9	-	2,0-109,6	> 129,0	> 335,1

precipitación mensual del principio de las lluvias (generalmente de mayo, y en el caso de Barranca de abril + mayo), llamada aquí Precipitación Inicial (P_I), y la de Noviembre (P_N) del mismo año, para las estaciones bajo estudio.

RESULTADOS

En las Figuras 1 a 6 se observa gráficamente la relación entre P_I y P_N de cada año, para todos los años de las estaciones consideradas. En términos generales, y característico para cada estación, se aprecian claramente tres rangos de P_N en relación a la P_I . Los diversos rangos son:

Rango I: Representa un bajo porcentaje de años (Cuadro 2), que se caracterizan por una muy baja P_I y en general una baja P_N (Figuras 1 a 4),

y se encuentra ausente en Santa Cruz y Tilarán (Figuras 5 y 6).

Rango II: Representa de un tercio a la mitad de los años en todas las estaciones (Cuadro 2), que se caracterizan por una P_I intermedia, e intermedia o alta P_N , con ningún caso de baja P_N (Figuras 1 a 6).

Rango III: Representa más de un tercio a más de la mitad de los años (Cuadro 2), que se caracterizan por alta a muy alta P_I y un alto porcentaje de años con baja a muy baja P_N , que comprenden todos los valores bajos de precipitación en noviembre salvo aquellos del Rango I. El Rango IIIb representa aquellos años de mayor P_I , que se caracterizan por una aún mayor proporción de bajos valores de P_N ; incluye a la mayoría de los valores más bajos de P_N (Figuras 1 a 6).

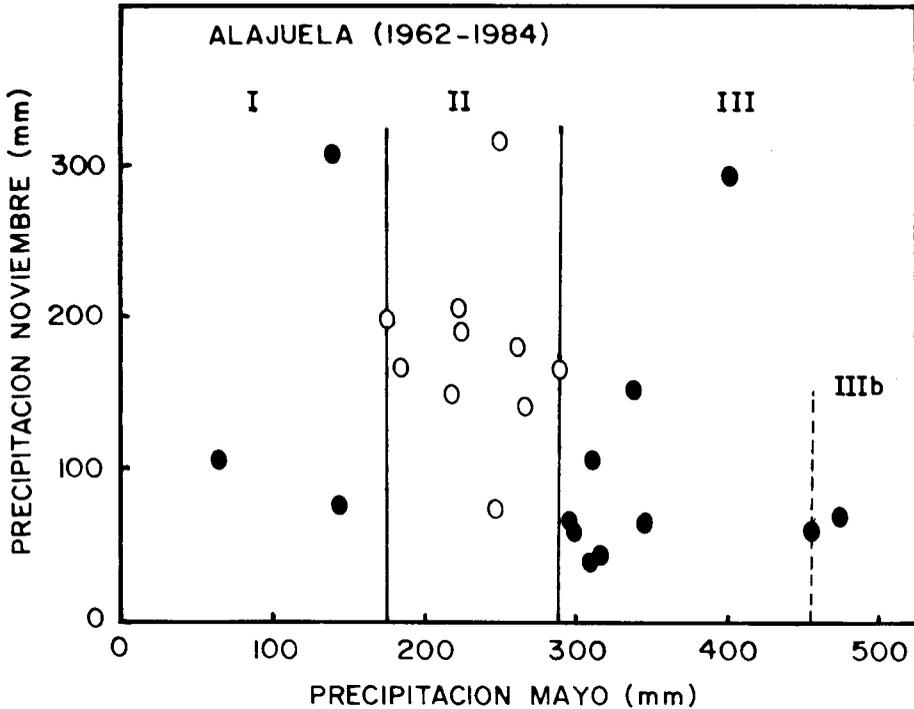


Fig. 1. Relación entre la precipitación de mayo y la de noviembre para Alajuela, según el método de Rangos.

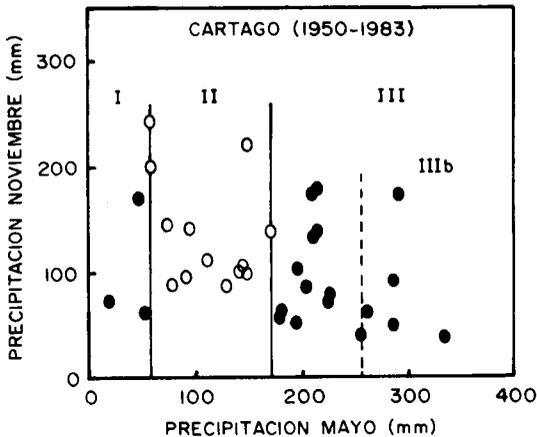


Fig. 2. Relación entre la precipitación de mayo y la de noviembre para Cartago, según el método de Rangos.

Exactamente el mismo patrón fue encontrado en las estaciones estudiadas por Radulovich (1986) y por Radulovich y Carmona (1987).

La importancia de estos patrones pluviales radica en que, clasificando el año en curso en uno de estos rangos, desde junio, se puede poseer bastante certeza del comportamiento de las lluvias en

noviembre. Si el año se ubica en el Rango II de P_I no se tendrá valores bajos de precipitación en noviembre, mientras que si el año se localiza en los Rangos I y II, a pesar de que algunos años se obtienen valores altos de P_N , existe una muy alta probabilidad de que la precipitación de noviembre será de baja a muy baja, sobre todo en el sub-rango III b.

En los Cuadros 3 a 6 se presentan diversos métodos de análisis numérico elemental de las relaciones observadas en las Figuras 1 a 6. El Cuadro 3 señala los límites de P_I que separan los diversos rangos. La delimitación entre rangos fue hecha por simple observación de las Figuras 1 a 6, siguiendo una estrategia de disminución de riesgos. Es importante resaltar que la separación de rangos debe realizarse para cada estación, ya que los valores límites entre éstos varían espacialmente, así como lo hace la precipitación.

En el Cuadro 4 se muestran los valores promedio de P_I y P_N . Se aprecia que los promedios de P_N del Rango II de cada estación son en todos los casos superiores al promedio de todos los años (\bar{P}_N). Asimismo, los promedios de P_N de los Rangos I, III y IIIb son en todos los casos inferiores a

Cuadro 4. Valores promedio de P_I y P_N .

Estación	Todos los años (\bar{P}_I)	Precipitación Inicial				Todos los años (\bar{P}_N)	Precipitación Noviembre			
		Rangos					Rangos			
		I	II	III	IIIb		I	II	III	IIIb
Alajuela	270,7	117,5	233,4	354,1	464,7	137,5	177,3	179,1a*	87,1b	65,6
Cartago	166,5	39,0	109,2	232,7	285,4	112,6	103,3	138,3a	94,5b	76,3
Barranca	281,4	84,0	180,1	394,8	554,8	149,5	69,6	207,9a	108,4b	58,8
Liberia	193,5	7,5	88,9	308,0	477,7	109,2	46,7	159,8a	61,8b	51,2
Santa Cruz	232,2	---	124,9	320,7	405,7	107,3	---	145,7a	75,7b	64,4
Tilarán	194,3	---	51,7	250,1	356,9	164,5	---	237,4a	136,0b	128,8
\bar{P}	223,1	62,0	131,4	310,1	424,2	130,1	99,2	178,0	93,9	74,2

* Los valores seguidos por diferente letra dentro de una misma estación son significativamente diferentes entre sí por prueba t a $P < 0,05$.

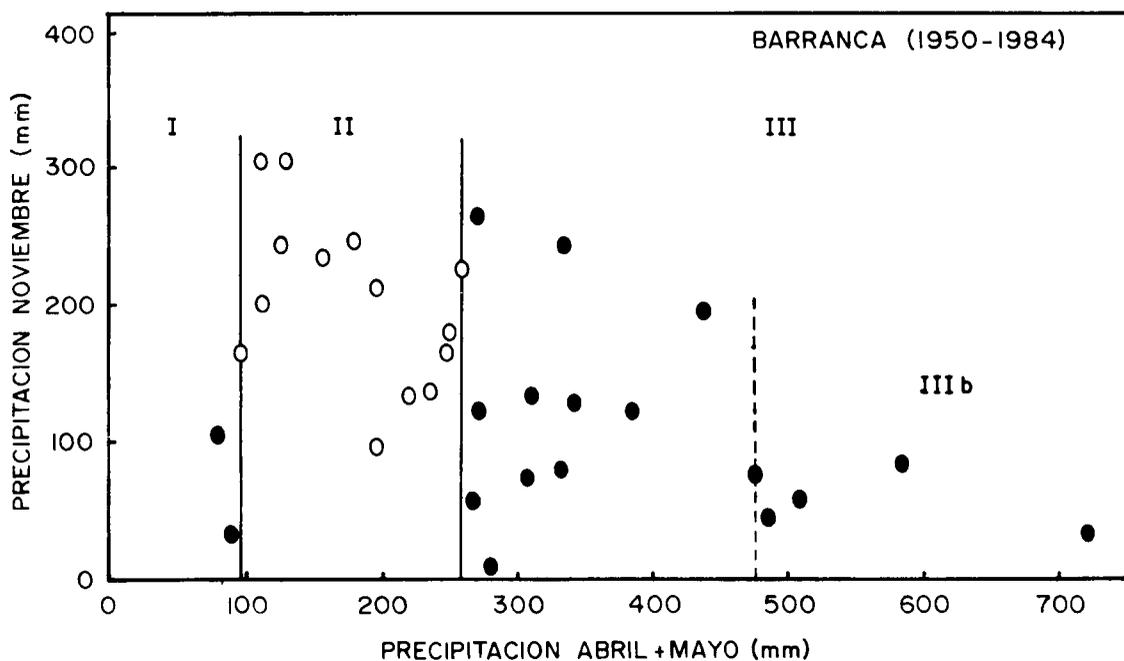


Fig. 3. Relación entre la precipitación de abril-mayo y la de noviembre para Barranca, según el método de Rangos.

los del Rango II: ésto a pesar de la ocurrencia de un cierto número de años con altos valores de P_N en los Rangos I y III de cada estación (Figuras 1 a 6). Es importante notar que la diferencia entre los promedios de P_N de los Rangos II y III, fue estadísticamente significativa ($p < 0,05$) según la Prueba de t, en todas las estaciones (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se muestra el porcentaje de años dentro de cada rango en los que se ob-

servan valores de P_N inferiores a $0,75 * \bar{P}_N$, y para los Rangos II y III el porcentaje de años con valores de P_N inferiores a $0,5 * \bar{P}_N$. Estas son medidas arbitrarias, con las que se pretende mostrar la magnitud y significancia de los valores de P_N que se esperan cada año, en relación al promedio de todos los años. Se aprecia que el porcentaje de años con valores inferiores a $0,75 * \bar{P}_N$ es sustancialmente menor en el Rango II que en el

Cuadro 5. Porcentaje de años con valores de P_N menores que 0,75 y 0,5 veces el promedio de todos los años (\bar{P}_N).

Estación	Todos los años	% $P_N < 0,75 \cdot \bar{P}_N$ Rangos				% $P_N < 0,5 \cdot \bar{P}_N$ Rangos	
		I	II	III	IIIb	II	III
Alajuela	39,0	33,3	10,0	70,0	100,0	0,0	50,0
Cartago	36,4	67,0	0,0	59,0	67,0	0,0	23,5
Barranca	37,5	100,0	7,1	56,3	100,0	0,0	37,5
Liberia	43,6	100,0	15,8	68,4	83,0	0,0	52,6
Santa Cruz	51,6	--	21,4	76,5	77,8	7,1	41,1
Tilarán	34,4	--	0,0	47,8	67,0	0,0	17,4
X	40,4	75,1	9,1	63,0	82,5	1,2	37,0

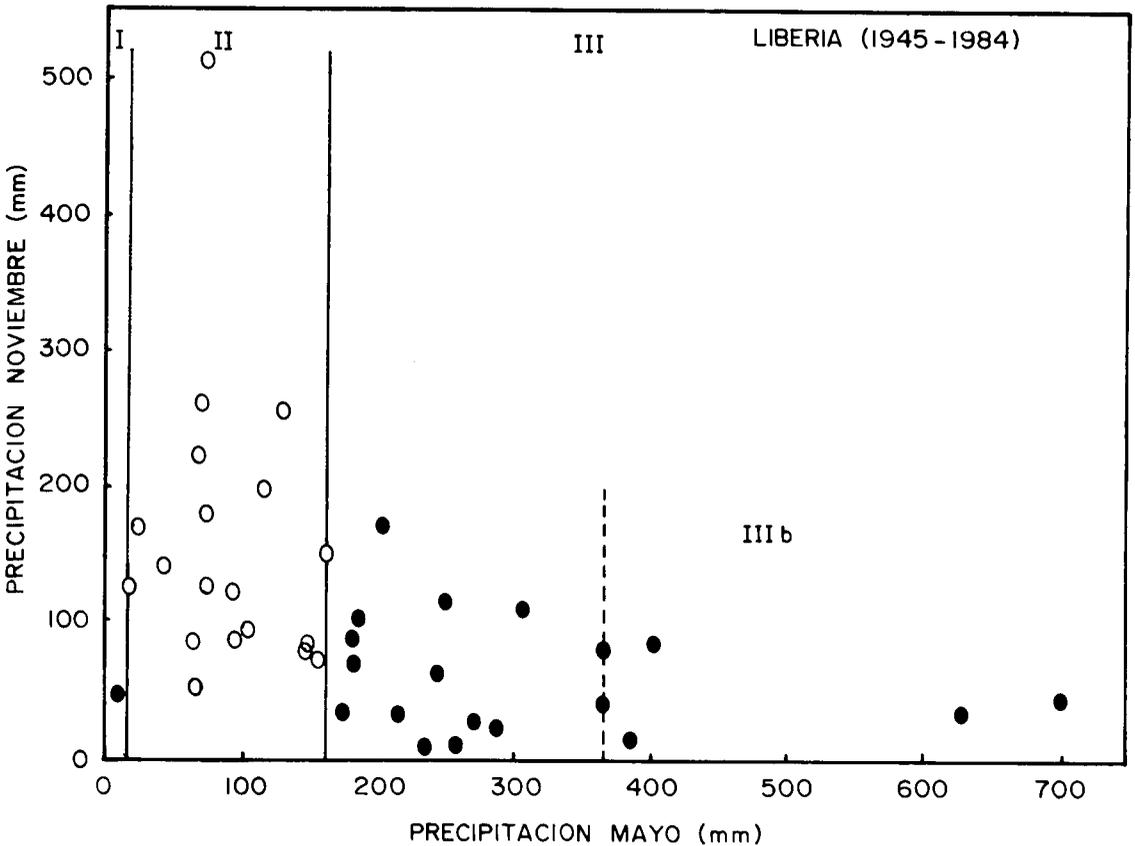


Fig. 4. Relación entre la precipitación de mayo y la de noviembre para Liberia, según el método de Rangos.

resto de los rangos. En el promedio global, para todas las estaciones, se observa que mientras que en el Rango II sólo 9,1% de los años presentan valores de $P_N < 0,75 \cdot \bar{P}_N$, los porcentajes son de 40,4 para todos los valores, y de 75,1; 63,0. y

82,5 para los promedios de los Rangos I, III y IIIb, respectivamente. Estas diferencias se acentúan drásticamente cuando se considera el porcentaje de años con valores de $P_N < 0,5 \cdot \bar{P}_N$, en los que (con la excepción de un solo año para Santa

Cuadro 6. Valor de P_N equivalente a Precipitación Esperable ($\geq 80\%$ de los casos) y diferencias en Precipitación Esperable entre rangos.

Estación	Todos los años	Precipitación esperable (mm) Rangos				Diferencias en Precipitación Esperable (mm) Rangos		
		I	II	III	IIIb	II-I	II-III	II-IIIb
Alajuela	66	80	150	60	63	70	90	87
Cartago	71	70	93	50	39	23	43	54
Barranca	58	47	136	47	44	89	89	92
Liberia	34	47	85	26	20	38	59	65
Santa Cruz	32	---	81	10	8	---	71	73
Tilarán	92	---	165	82	84	---	83	81
\bar{X}	58,8	61,0	118,3	45,8	43,0	55,0	72,5	75,3

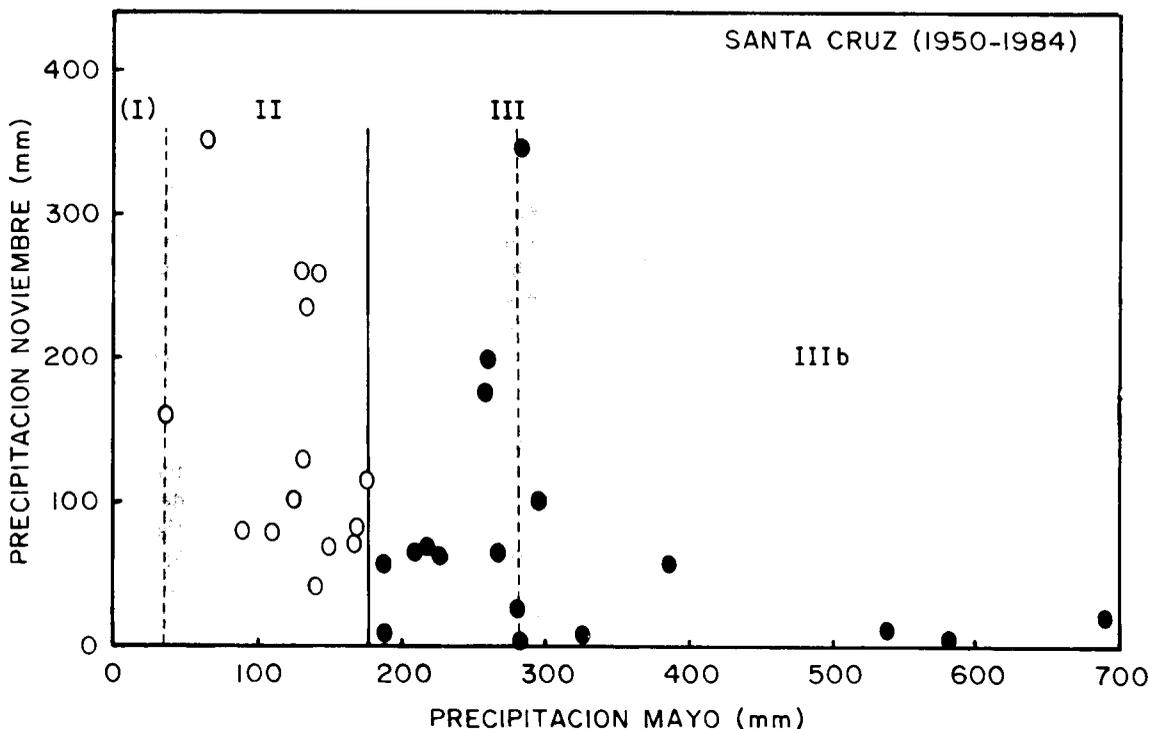


Fig. 5. Relación entre la precipitación de mayo y la de noviembre para Santa Cruz, según el método de Rangos.

Cruz, que presenta un valor ligeramente inferior a $0,5 \cdot \bar{P}_N$, en el Rango II no se encuentra un solo valor tan bajo, mientras que en promedio en el Rango III se encuentra un 37% de los años con $P_N < 0,5 \cdot \bar{P}_N$. En resumen, el Cuadro 5 reafirma numéricamente que, mientras que en el Rango II no se encuentran valores de P_N bajos, éstos son muy frecuentes en los otros rangos. Estas y otras

diferencias mencionadas aquí, de ser sometidas a análisis de varianza (tomando, por ejemplo, estaciones como bloques y rangos como tratamientos), serían sin duda estadísticamente significativas; sin embargo, es de temer que dicho análisis no sea aceptable desde un punto de vista formal.

En el Cuadro 6 se observa una evaluación probabilística de los valores de P_N encontrados

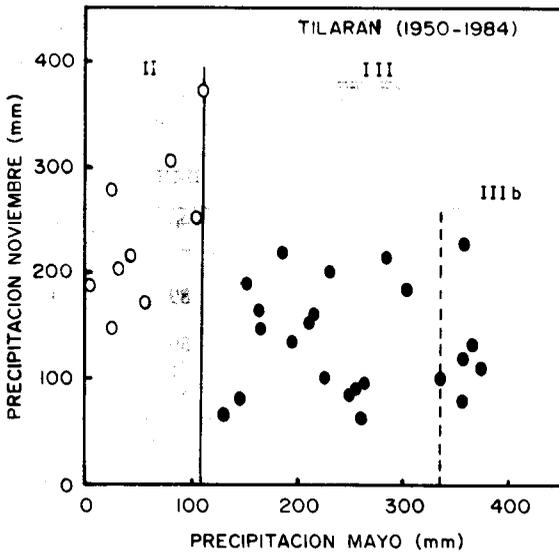


Fig. 6. Relación entre la precipitación de mayo y la de noviembre para Tilarán, según el método de Rangos.

en los diferentes rangos. Los valores mostrados en este cuadro son llamados Precipitación Esperable, y representan la mínima precipitación que se puede esperar en cada rango en el 80% de los años. Es decir, cuatro de cada cinco años P_N ha sido —y presumiblemente será— igual o superior al valor mostrado. En este análisis la diferencia entre el Rango II y los otros rangos es acentuada, y en términos generales, se esperarán entre 55 y 75 mm más de precipitación en noviembre para un año clasificado según P_I en el Rango II, que para uno que clasifique en alguno de los otros rangos.

DISCUSION

Con base en los resultados presentados, en la Figura 7 se muestra una representación generalizada de la relación entre P_I y P_N , que se aplica, en diversos grados, a las seis estaciones estudiadas, así como a la de Cañas (Radulovich, 1986; Radulovich y Carmona, 1987). Es importante resaltar que esta generalización persigue fines agrícolas, que incluyen la disminución de riesgos. Esto conlleva obviar la ocurrencia de algunos años con alta P_N en los Rangos I y III, en vista de que la mayoría de éstos presentan bajos valores de P_N .

En términos generales, y considerando que la relación entre P_I y P_N se mantiene para una estación dada, una vez que se han determinado los límites de los rangos, y el año en curso se ha ca-

racterizado de acuerdo a la P_I , puede esperarse que los valores de P_N del Rango I serán bajos, los del Rango II de medianos a altos, y los del Rango III de bajos a muy bajos, en particular aquellos del Rango IIIb (Figura 7).

Una consideración de importancia general es que en el Rango II no se presentan valores bajos de P_N (Cuadro 5) lo cual, sumado a los altos valores de Precipitación Esperable (Cuadro 6), permiten confiar que, en un año clasificado dentro del Rango II, un cultivo tardío contará con relativamente abundante agua durante noviembre. Por el contrario, la alta frecuencia de valores bajos de P_N y los bajos valores de Precipitación Esperable (Cuadros 5 y 6), indican que un cultivo tardío probablemente sufrirá de déficit hídrico temprano en años correspondientes a los Rangos I, III, y sobre todo, IIIb.

La diferencia esperable en P_N entre años del Rango II y los otros rangos, como se muestra en el Cuadro 6, va de 55 a 75 mm, lo cual representa, en términos amplios, suficiente agua para mantener el crecimiento de un cultivo por 15-30 días, dependiendo de la zona y el cultivo. Esto significa una diferencia sustancial, que podría permitir holgura en la planificación de una segunda siembra de secano en estas zonas durante los años del Rango II, o indicar la necesidad de estrategias preventivas en años de los otros rangos. Sin embargo, el análisis real de la diferencia requiere de mayor detalle, lo cual fue realizado con el modelo AQUA (Radulovich, 1987) como días con déficit, y reveló que la diferencia entre valores mensuales de P_N es sostenida cuando los patrones de lluvia durante noviembre son considerados a través de un balance hídrico diario (Radulovich, 1986; Radulovich y Carmona, 1987). Otro aspecto importante es la consideración de la precipitación durante los veranillos, tema que no es abordado en el presente trabajo.

En particular, la relación entre P_I y P_N es más débil en la estación Cartago (Figura 2), que presenta abundantes lluvias aún en diciembre. Las estaciones del Pacífico Seco, sin embargo, se apegan fielmente a la relación, y es sorprendente observar la ocurrencia de valores sumamente bajos de P_N para los años correspondientes al Rango IIIb (Figuras 3 a 5). Un método predictivo de los rangos esperables en lluvias de fin de año como este es, en todo caso, de mayor importancia en el Pacífico Seco, y en estaciones de la Región Central (como Alajuela), que presentan mayor aridez.

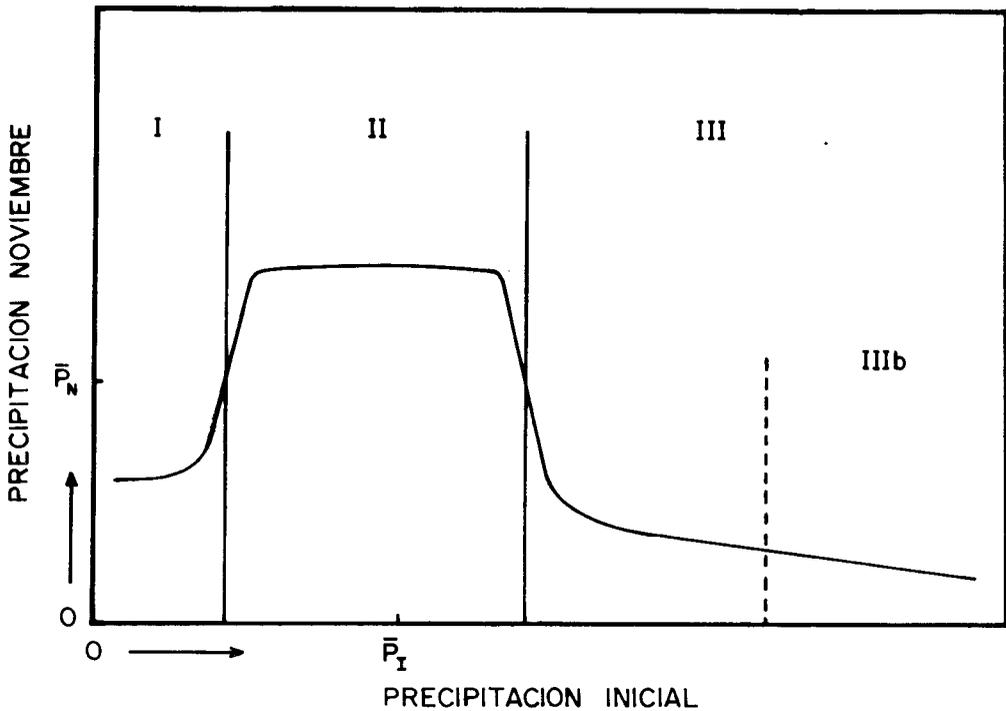


Fig. 7. Relación generalizada entre Precipitación Inicial (P_I) y la Precipitación de Noviembre (P_N), según el método de Rangos para todas las estaciones consultadas.

Como se mencionó anteriormente, es posible que considerando en detalle los patrones de entrada y salida de las lluvias de cada año, en vez de los valores mensuales, este método predictivo podría refinarse y mejorarse. Asimismo, el hecho que para Barranca fuese de mayor provecho utilizar la precipitación de abril + mayo en vez de la de mayo como P_I , indica que cada estación debe ser evaluada en forma particular. La aplicación y mejoramiento del método, podría además significar una herramienta en el desarrollo de la capacidad predictiva de otros eventos pluviales, por ejemplo los "veranillos" y, tal vez más importante, en el estudio y entendimiento de patrones de precipitación a nivel de macroescala, lo que conllevaría a un entendimiento sólido de los diversos aspectos pluviales.

Sin embargo, tal como ha sido expuesto, el método presenta aplicabilidad directa a la agricultura. El poder predictivo del método fue probado exitosamente en 1986 con los datos existentes, el cual clasificó como perteneciente al Rango III en Alajuela y Cañas y IIIb en Liberia y Santa Cruz, estaciones que presentaron bajos valores de P_N , 76,2; 32,9; 14,2 y 6,2 mm, respectivamente.

Por otra parte, es posible ampliar la aplicación de este método predictivo a usos diferentes que la agricultura de secano. Por ejemplo, la estación Tilarán (Fig. 6) podría considerarse representativa de lo esperable en la represa del Arenal; saber desde junio si es altamente probable que las lluvias de noviembre serán bajas o altas, podría representar una excelente herramienta de planificación, tanto para la producción de energía hidroeléctrica como para el riego en el distrito beneficiado por estas aguas. Es posible imaginar también otros usos en el campo de la promoción turística para el método.

Para finalizar, es necesario resaltar que esta relación entre P_I y P_N es *vox populi* entre agricultores y, tal vez siguiendo objetivos y metodologías como las de Antúnez de Mayolo (1982) y Jackson (1982), sería posible rescatar algo de ese conocimiento popular, producto de la experiencia y de la meticulosa observación de los fenómenos naturales.

RESUMEN

Se encontró una relación inversa entre los valores mensuales de precipitación del inicio de la

estación lluviosa y los valores del final de las lluvias del mismo año, para seis estaciones meteorológicas del Pacífico Seco de Costa Rica. Valores iniciales de precipitación (correspondientes al mes de mayo, o de abril + mayo en un caso) son llamados Precipitación Inicial (P_I), mientras que aquellos de fin de estación lluviosa corresponden a la Precipitación en Noviembre (P_N).

En términos amplios, si en mayo llueve muy poco o mucho, la precipitación de noviembre es por lo general baja, mientras que si la precipitación de mayo es intermedia, la de noviembre no es baja. De acuerdo a la cantidad de precipitación, los valores de P_I son divididos en tres rangos. Exceptuando los valores más bajos de P_I (Rango I), los valores bajos y medios de P_I (Rango II) se relacionaron con valores de P_N significativamente mayores que aquellos asociados con P_I alta (Rango III). Un cuarto rango, correspondiente a los valores más altos de P_I (Rango IIIb), está relacionado con un aún mayor porcentaje de bajos valores de P_N , que además son usualmente los más bajos. En años con valores de P_I dentro del Rango II no se encontraron valores bajos de P_N , lo que representa una gran ventaja en el uso del método, mientras que un pequeño porcentaje de valores altos de P_N recurrieron en los Rangos I y III, lo cual no afecta negativamente la efectividad del método.

Desde una perspectiva agrícola, la relación entre P_I y P_N fue generalizada, y es presentada como la base de una metodología para la predicción de cantidades de lluvia esperables al fin de la estación de lluvias. De acuerdo a P_I , un año es clasificado en uno de los rangos, cuyos límites dependen de la estación meteorológica en cuestión. Según el rango, las prácticas culturales de fin de año pueden ser planificadas, de acuerdo a si se espera poca o

abundante lluvia en noviembre. El método fue probado exitosamente en 1986, un año que clasificó en el Rango III de acuerdo a la precipitación de mayo, y presentó valores bajos de precipitación en noviembre. Otras aplicaciones del método son presentadas.

LITERATURA CITADA

- ANTUNEZ DE MAYOLO, S. 1982. La predicción del clima en el Perú pre-colombino. *Interciencia* 6:206-209.
- BURROWS, W. C.; HAHN, L.; JENSEN, R. E.; LOOMIS, R. S.; OSCHWALD, W. 1976. Crop and livestock management. *In* Climate and Food. Washington D. C. Nat. Res. Council Rep., National Academy of Sciences, p. 79-105.
- JACKSON, I. J. 1982. Traditional forecasting of tropical rainy seasons. *Agric. Meteorol.* 31: 33-45.
- LOOMIS, R. S. 1983. Crop manipulations for efficient use of water: An overview. *In* Limitations to efficient water use in crop production. Ed. by H.M. Taylor; W. R. Jordan and T. R. Sinclair. Wisconsin, A.S.A. p. 345-374.
- RADULOVICH, R. 1986. AQUA, an integrated water model for tropical cropping: mechanics, validation, and applications to Costa Rica, Final Report. Washington D. C., McNamara Fellowships Program, Economic Development Institute, The World Bank. 114 p.
- RADULOVICH, R. 1987. AQUA, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. I. Basic assumptions and yield. *Agric. For. Meteorol.* 39. (en prensa).
- RADULOVICH, R.; CARMONA, G. 1987. AQUA, A model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. II. Applications to rainfed crop management in Costa Rica. *Agric. For. Meteorol.* (sometido a publicación).