

VARIACIONES DE LAS CONDICIONES AGROCLIMATICAS MENSUALES EN LOS VALLES DE COCHABAMBA

Gregorio MADEL (1)
Nicolas GERMAIN (2)
Fernando RODRIGUEZ (3)

INTRODUCCION

Las condiciones agroclimáticas de un lugar determinan el desarrollo y crecimiento de la vegetación natural y de los cultivos, circunscriben el conjunto posible de artificialización del medio ambiente cultivado o no, modulan el éxito de tal o tal técnica. Así el agrónomo precisa caracterizar las condiciones agroclimáticas de un lugar dado, sea las condiciones radiativas, térmicas, pluviométricas y evapotranspirativas.

Pero, en un mismo lugar, estas condiciones presentan variaciones entre campañas agrícolas. Entonces el agrónomo no puede satisfacerse del conocimiento promedio de las condiciones agroclimáticas, tiene que caracterizar estas variables con rangos de variación y leyes de distribución. Tiene que relativizar los resultados de una campaña agrícola, relacionándolos con las condiciones agrometeorológicas de esta campaña, en función de las ocurrencias climáticas de tal campaña.

También, entre dos lugares, durante una misma campaña agrícola, existen similitudes y diferencias. No es factible disponer, al lado de todos los campos, de una estación agrometeorológica. Entonces se necesita evaluar, a partir de una red de observaciones, el rango de variaciones geográficas de las características agroclimáticas de una región, relacionar éstas características entre ellas.

El presente estudio tiene como objetivo proporcionar los principales rasgos agroclimáticos mensuales del Valle de Cochabamba, bosquejar los de los Valles Bajo y Alto. Más deta-

lles se contemplan en el trabajo de Madel (1994).

MATERIALES Y METODOS

Estación de referencia

Por el largo de la serie de datos agroclimáticos, y por la calidad de estos mismos datos, se considera la estación climatológica "Aasana" del aeropuerto de Cochabamba como la referencia. La serie pluviométrica es de 50 años, con casi ningún dato faltante.

Estaciones acompañantes

Por su proximidad al aeropuerto, por su papel pedagógico y por su nuevo equipo de mediciones agroclimáticas, se considera la estación "La Tamborada" de la Facultad de Agronomía de Cochabamba.

"La Violeta" y "Pairumani" completan el conjunto de las estaciones del Valle Intermedio contempladas en el presente estudio. Dos estaciones, "Arani" y "San Benito", ilustran el caso del Valle Alto, y "Capinota" el caso del Valle Bajo.

Estas estaciones acompañantes tienen por lo menos una serie pluviométrica de 15 años, datos referentes a las temperaturas diarias mínima y máxima, a la humedad relativa, y a veces a la velocidad del viento y a la evaporación de un tanque.

Análisis pluviométrico

Para comprobar un eventual efecto de cambio climático en la pluviosidad, se compara las últimas 25 campañas agrícolas (de julio 1968 a junio 1993) con las 25 anteriores, en el caso "Aasana".

Las distribuciones de los datos pluviométricos mensuales, por su carácter disimétrico,

(1) Egresado Facultad de Ciencias Agrícolas UMSS Cochabamba.

(2) Agrónomo de ORSTOM, investigador.

(3) Docente Facultad de Ciencias Agrícolas UMSS Cochabamba, Responsable del SENAMHI Cochabamba.

no concordan con la normal. Se escoge adecuadamente a una distribución gamma incompleta, con un parámetro de tamaño y uno de dispersión. A partir de estas distribuciones calibradas, se calcula las pluviométricas mensuales con probabilidades de 0.2, 0.5 y 0.8, sean las cantidades que se superan respectivamente 1 año sobre 5, 1 año sobre 2, 4 años sobre 5.

Se considera como día lluvioso un día donde la precipitación medida es superior o igual a 1 mm. La probabilidad de un día lluvioso es el número de días lluviosos del mes dividido por el número de días del mes. La persistencia se define como la probabilidad de observar un día lluvioso, sabiendo que el día anterior fue lluvioso. El total mensual es el producto del número de días lluviosos del mes por la cantidad promedio de lluvia por día lluvioso.

Caracterización de las temperaturas mensuales

La temperatura máxima mensual es el promedio de las temperaturas máximas diarias del mes considerado. Igualmente, la temperatura mínima es el promedio de las temperaturas mínimas diarias. Los rangos de variación están determinados por los máximos y los mínimos observados en los 5 últimos años.

Insolación y radiación global

Estas dos variables n y R_g están relacionadas, al nivel mensual, por la fórmula de Ångström:

$$R_g/R_a = a + b * n/N$$

donde

R_a , radiación recibida encima de la atmósfera, y N , duración teórica del día, son funciones de la latitud del lugar y de la fecha considerada; a y b son coeficientes estimados, en el caso de Cochabamba $a = 0.28$ y $b = 0.42$ (Frère et al., 1975).

Disponiendo de mediciones diarias concordantes de radiación global en La Violeta y en La Tamborada durante los dos últimos años (Madel, 1994), se recalcula estos coeficientes a y b .

La fracción de insolación n/N promedio y su rango de variación están calculados a partir de 5 años de observación en Aasana. Se extrapola, por la fórmula de Ångström recalibrada, el promedio y el rango de variaciones de la radiación global.

Velocidad del viento, humedad relativa

Estas variables contribuyen a la evapotranspiración convectiva. Los promedios mensuales y los respectivos rangos de variación de estas dos variables están calculados a partir de 5 años de observación en Aasana. Se considera únicamente los datos del año 1993 por las estaciones acompañantes. En caso de sesgo aparente entre la referencia y un acompañante, se toma en cuenta más años de observación del acompañante.

Evapotranspiración climática

La evapotranspiración climática está calculada por la fórmula de Penman Monteith (FAO, 1993), introduciendo los promedios mensuales y los valores extremos de fracción de insolación, de temperatura, de humedad relativa y de velocidad del viento para determinar los promedios mensuales respectivos y sus rangos de variación. Los valores calculados de 3 años están comparados a los datos de evaporación del tanque.

RESULTADOS Y DISCUSION

¿Cambio pluviométrico?

Las diferencias pluviométricas anuales y mensuales entre las 25 últimas campañas agrícolas y las 25 anteriores, en el caso de la estación Aasana, no están significativas al nivel de 5%. Así, los promedios de los totales anuales respectivos son de 459 y 481 mm, con desviaciones estándar de 105 y 84, lo que lleva a un t de Student de probabilidad 0.42 con la prueba bilateral.

Variaciones interanuales de pluviometría

A partir de los 50 años de registro, se ha calculado las distribuciones gamma de las precipitaciones mensuales. La figura 1 muestra las esperanzas pluviométricas de octubre a abril.

Variaciones geográficas de pluviometría

El cuadro 1 presenta las características pluviométricas mensuales de las 7 estaciones tomadas en cuenta en el presente estudio. Se puede definir una época lluviosa, de noviembre a marzo, donde la probabilidad de observar un día lluvioso es generalmente superior a 20%.

Se nota que La Tamborada está muy similar a Aasana. La Violeta y Capinota reciben más precipitaciones, por la cantidad de lluvia en un día lluvioso y no por el número de días lluviosos. Es muy probable que Pairumani, por su ubicación, presente el mismo caso. Arani y San Benito reciben menos precipitaciones, por el número inferior de días lluviosos.

Estabilidad interanual de las variaciones geográficas

Los totales pluviométricos anuales, semestrales, trimestrales y mensuales de las 7 estaciones, durante los 15 años de registro, presentan correlaciones lineales significativas entre ellos, para cada escala temporal considerada.

La figura 2 ilustra estas relaciones para el mes de Enero. Estas correlaciones están más sueltas cuando se considera por década, y más aún para la época no lluviosa.

Temperaturas

Las figuras 3 y 4 enseñan las variaciones de las temperaturas mensuales máxima y mínima.

El rango de variación interanual de las temperaturas máximas es de 4°C, el de las mínimas de 2°C.

Las máximas presentan pocas fluctuaciones, sin embargo se observa dos picos, en Abril y en Noviembre. Las mínimas presentan un solo mínimo en Junio Julio.

La temperatura media depende más de la fluctuación de la temperatura mínima que de la máxima.

Capinota presenta la mayor amplitud térmica, sea la diferencia entre la máxima y la mínima. Datos de humedad relativa del aire faltan para averiguar el papel de esta variable.

San Benito parece más frío al nivel del máximo, y más aún cuando se considera el mínimo.

Insolación y radiación global

La insolación mensual (figura 5) presenta un máximo en Mayo con más de 8 horas, con un rango de variación de 1.5. En Enero la insolación disminuye a 6 horas, con un rango de va-

riación de 3.5. La insolación no está ligada a la duración del día, su rango de variación aumenta en la época lluviosa. Pairumani parece recibir menos insolación, especialmente de Abril a Junio.

La relación entre fracción de insolación y radiación global de Marzo 1992 a Abril 1994, sugiere una recalibración de la fórmula de Ångström con los parámetros 0.35 y 0.40 (figura 6).

Esta fórmula recalibrada, aplicada a los valores máximo y mínimo de insolación, proporciona el rango de variación de la radiación global (figura 7).

Velocidad del viento, humedad relativa

La velocidad del viento (figura 8) presenta una fluctuación anual con un punto alto en Octubre Noviembre, y un punto bajo en Junio. El rango de variación parece amplio: el mínimo es casi la mitad del máximo. Durante un mismo año, parece que existe una relación entre las velocidades de meses sucesivos: así, si se observa un mes con poco viento, la probabilidad de observar el mismo el mes siguiente será alta. San Benito parece más ventoso.

La humedad relativa del aire (figura 9) decrece al final de la época lluviosa hasta un mínimo en Octubre, y crece de nuevo con la llegada de la época lluviosa. El rango de variación interanual sigue aproximadamente constante durante todo el año sea de 20%.

Evapotranspiración climática

La evapotranspiración climática (figura 10) tiene un comportamiento similar a la radiación global, con un mínimo en Junio y un máximo en Noviembre. Su rango de variación es más amplio durante la época lluviosa. Las variaciones interanuales de evaporación del tanque tienen estrechas relaciones con los valores, calculados a partir de las características mensuales observadas, de evapotranspiración climática (figura 11).

CONCLUSIONES

Las condiciones radiativas, térmicas, pluviométricas y evapotranspirativas en los valles de Cochabamba presentan una cierta coheren-

cia en sus variaciones estacionales, geográficas e interanuales al nivel mensual. Estudios complementarios, con series más largos, tomando en cuenta otras estaciones, son necesarios para confirmar la descripción propuesta.

En estudios donde la alimentación hídrica de los cultivos puede ser limitante, el establecimiento del balance hídrico tendría que tomar en cuenta no solamente la distribución de la pluviometría, pero también las variaciones de la demanda climática. Así mismo la escala mensual tendría que afinarse a un nivel decadal.

BIBLIOGRAFIA

- FAO (Food and Agriculture Organisation).** 1993. *Cropwat. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego.* FAO, Roma, 134p.
- FRERE M., REA J. y RIJKS J.Q.** 1975. *Estudio agroclimatológico de la zona andina.* FAO, Roma, 391p.
- MADDEL G.** 1994. *Estudio agroclimatológico de los valles de Cochabamba.* Tesis Ing. Agr. FCAPFV-UMSS. Cochabamba, Bolivia, a publicar.

Cuadro 1: Características pluviométricas mensuales de 7 estaciones (15 años de observación)

Mes		Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Estaciones	Características												
Aasana	total mensual (mm)	2	4	8	21	37	91	123	70	75	23	3	3
	prob. día lluv.	0.01	0.03	0.08	0.12	0.20	0.37	0.43	0.36	0.31	0.09	0.03	0.03
	persistencia	0.17	0.25	0.27	0.21	0.37	0.5	0.54	0.42	0.47	0.29	0.08	0.42
	lluvia/día (mm)	5.3	3.4	3.2	5.6	6.2	7.9	9.1	7.0	8.0	8.6	3.8	4.3
La Tamborada	total mensual (mm)	2	3	8	20	44	88	133	75	93	27	2	3
	prob. día lluv.	0.01	0.03	0.06	0.10	0.20	0.36	0.46	0.36	0.32	0.10	0.01	0.01
	lluvia/día (mm)	5.1	3.5	4.4	6.5	7.2	7.9	9.4	7.4	9.5	8.6	5.9	6.9
La Violeta	total mensual (mm)	2	5	10	32	52	101	155	79	88	26	11	5
	prob. día lluv.	0.01	0.04	0.08	0.12	0.23	0.38	0.51	0.41	0.36	0.13	0.04	0.03
	lluvia/día (mm)	5.0	4.4	4.1	8.2	7.6	8.6	9.9	7.0	7.8	6.9	9.4	6.0
Pairumani	total mensual (mm)	3	6	10	29	72	131	185	101	116	35	3	3
Capinota	total mensual (mm)	2	9	16	34	75	122	152	95	91	27	5	3
	prob. día lluv.	0.02	0.06	0.10	0.16	0.23	0.37	0.43	0.33	0.32	0.13	0.02	0.02
	lluvia/día (mm)	3.6	4.3	5.6	7.0	11.0	10.8	11.3	10.2	9.1	7.0	7.0	4.9
Arani	total mensual (mm)	3	4	10	14	42	61	90	51	58	20	3	3
	prob. día lluv.	0.02	0.03	0.06	0.09	0.20	0.24	0.39	0.30	0.24	0.10	0.03	0.02
	lluvia/día (mm)	5.6	5.1	6.0	4.8	6.8	8.1	7.4	6.0	7.8	7.1	4.3	5.2
S. Benito	total mensual (mm)	4	3	10	22	38	72	85	63	48	25	3	2
	prob. día lluv.	0.03	0.02	0.06	0.13	0.18	0.29	0.35	0.32	0.22	0.13	0.02	0.01
	lluvia/día (mm)	4.5	4.5	5.3	5.5	7.0	8.1	8.0	7.2	6.9	6.4	4.2	8.0

Figura 1:

Esperanzas de pluviometría mensual (de octubre a abril) en Aasana, con probabilidades de 0.2, 0.5 y 0.8

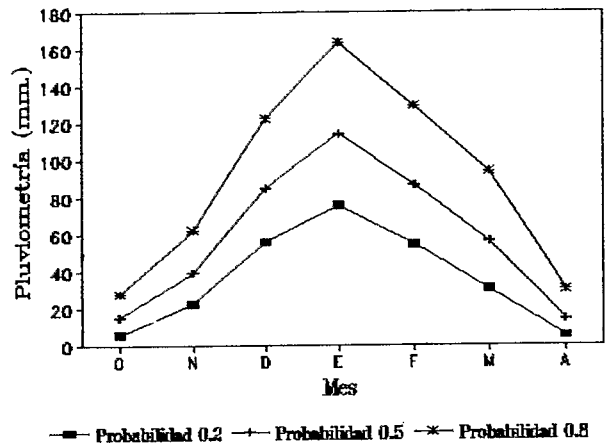


Figura 2:

Relaciones entre el total pluviométrico del mes de enero (mm) en Aasana y los de 3 estaciones acompañantes (15 años de observación)

$$r(\text{Aas, SB}) = 0.67$$

$$r(\text{Aas, LV}) = 0.75$$

$$r(\text{Aas, Cap}) = 0.55$$

Valores críticos de r (13 gdl)

$$r_{0.95} = 0.51$$

$$r_{0.99} = 0.64$$

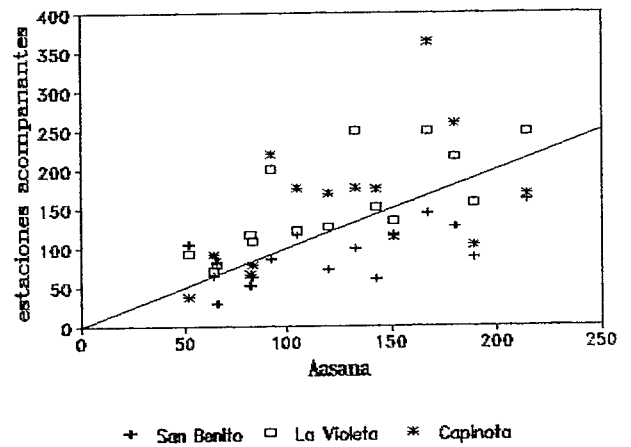


Figura 3:

Rango de variación de la temperatura máxima mensual en Aasana (5 años) y valores del año 1993 de 3 estaciones acompañantes

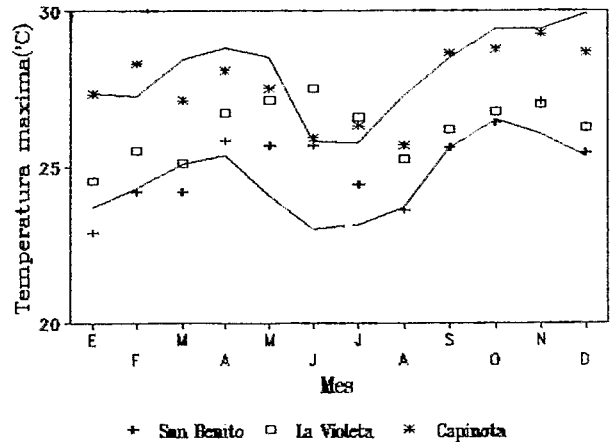


Figura 4:

Rango de variación de la temperatura mínima mensual en Aasana (5 años) y valores del año 1993 de 3 estaciones acompañantes

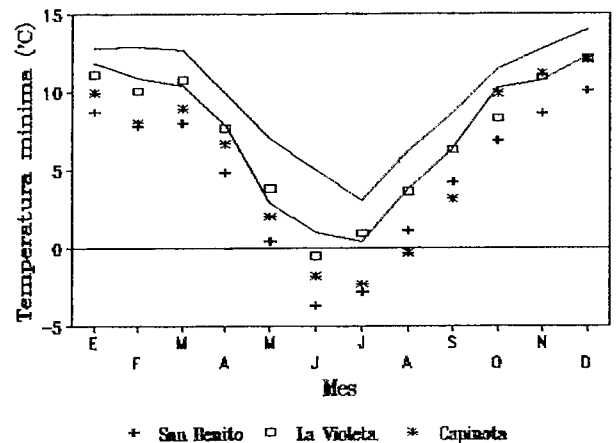


Figura 5:

Rango de variación de la insolación en Aasana (5 años) y valores del año 1993 de 3 estaciones acompañantes

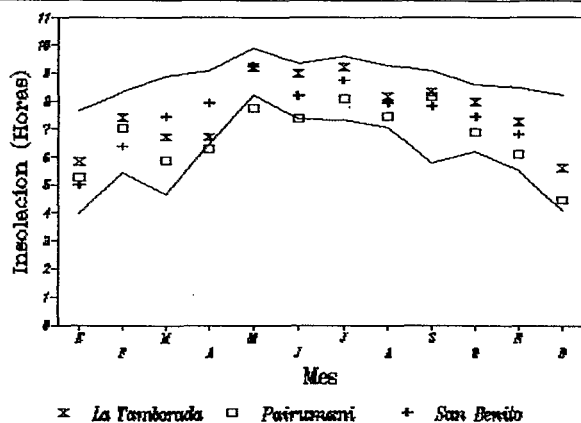


Figura 6:

Regresión lineal de Rg/Ra en función de la fracción de insolación n/N

$$R_g/R_a = 0.35 + 0.40 \cdot n/N$$

$$r^2 = 0.85$$

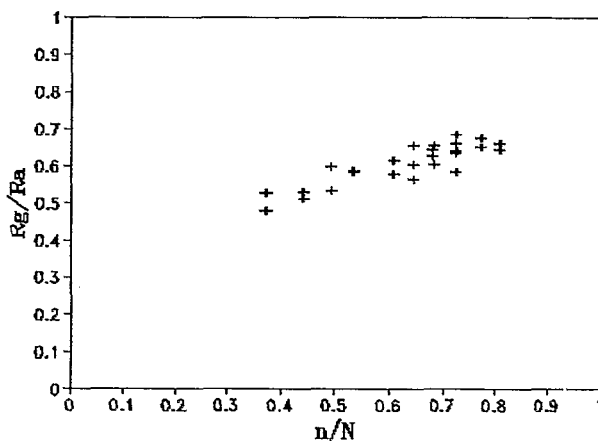


Figura 7:

Rango de variación de la radiación global calculada en Aasana (5 años)

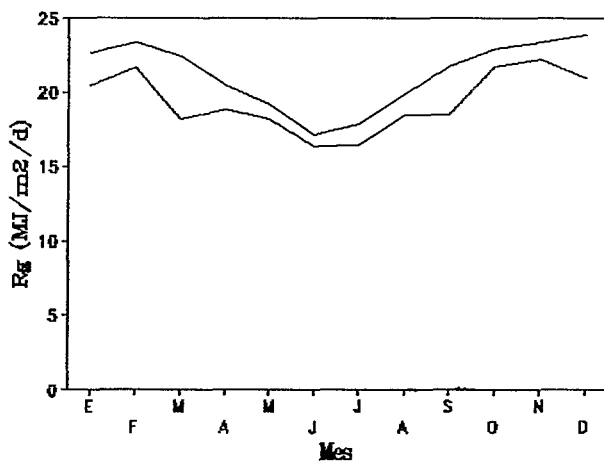


Figura 8:

Rango de variación de la velocidad promedio mensual del viento en Aasana (5 años) y valores mensuales promedio del año 1993 en San Benito

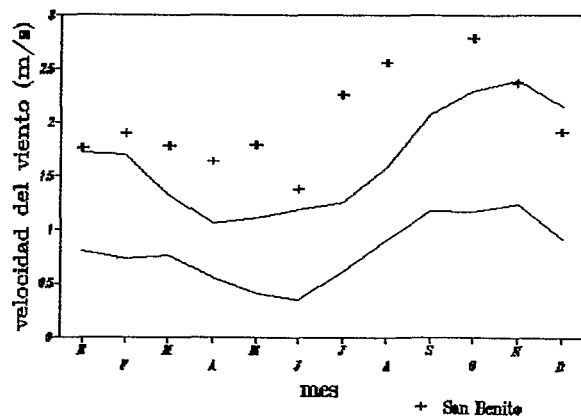


Figura 9:

Rango de variación de la humedad relativa del aire en Aasana (5 años) y promedios mensuales en 1993 de 3 estaciones acompañantes

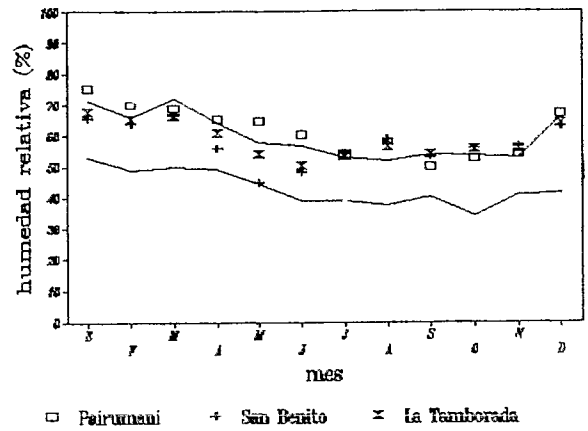


Figura 10:

Rango de variación de la evapotranspiración climática en Aasana

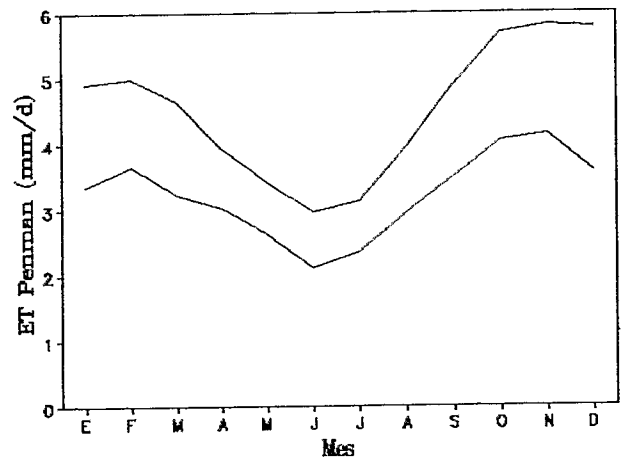
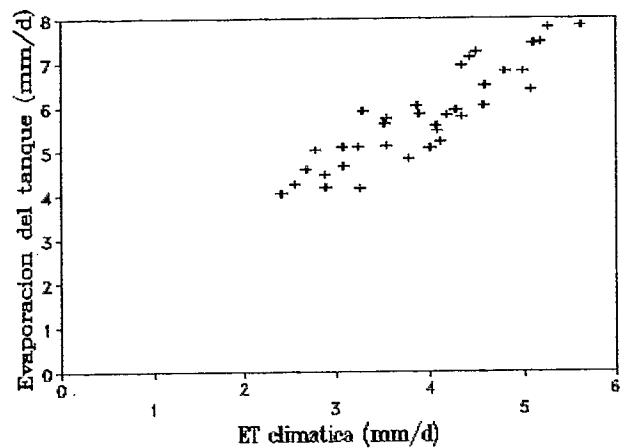


Figura 11:

Relación entre la evapotranspiración climática mensual y la evaporación del tanque en Aasana (3 años)

$$r = 0.9$$



REVISTA DE AGRICULTURA

ORSTOM

Convenio Sistemas de
Cultivo en la región de Cochabamba



B 41822 - 41828 ex1



Facultad de Ciencias Agrícolas
Pecuarias, Forestales y Veterinarias
"Martín Cárdenas"
Cochabamba - Bolivia

