

Influencia de Algunos Factores Climáticos y Nutricionales sobre el Rendimiento del Mango (*Mangifera indica* L.)

Effect of Climate and Nutrition on Mango (*Mangifera indica* L.) Yield in Venezuela

E. Sergent¹
E. Casanova¹
F. Leal¹

Resumen

Se estudiaron los efectos sobre el rendimiento en mango 'Haden' de la temperatura, precipitación y viento; así como los niveles de algunos nutrimentos en el suelo y las hojas. Los análisis se efectuaron utilizando el método estadístico de componentes principales, determinándose que moderadas velocidades de viento en diciembre y febrero, interactuando con las bajas temperaturas de diciembre y febrero (así como las bajas precipitaciones de octubre, noviembre y enero) tienden a incrementar los rendimientos. Los niveles de Nitrógeno: 1,47% y Potasio: 0,86% en plena floración se corresponden con los máximos rendimientos.

Palabras claves: *Mangifera indica*, clima, nutrición.

Abstract

Wind speed, temperature and rainfall (climatic factors) as well as nutrient concentrations in soil and leaves (nutritional factors) effect on 'Haden' mango yield were studied using the statistical analysis of principal components. The results showed that mild wind velocity in december and february interacting with the low temperatures of december and february tended to increase yields. The levels of Nitrogen: 1,47% and Potassium: 0,86% at flowering were the best.

Key Words: *Mangifera indica*, climate, nutrition.

Recibido el: 10-09-92. Aceptado el 02-05-92

1. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. El Limón. Estado Aragua.

Introducción

La obtención de buenos rendimientos es consecuencia además del material genético y manejo de la plantación, de factores climáticos que influyen sobre los diferentes estados de desarrollo de la planta y el fruto; es por ello que en algunas situaciones, una inadecuada zonificación hace que una explotación se mantenga con bajos niveles de producción y calidad.

En cultivos perennes y especialmente en el mango las condiciones de radiación, precipitación y temperatura tienen primordial influencia sobre la floración y calidad de los frutos; es por ello que se deben complementar la evaluación de variables controladas con los efectos de las variables climatológicas, Chacín (1). En tal sentido se efectuó en el presente trabajo un análisis multivariado de las variables climáticas que Leopold y Kriedemann (4) señalan en forma general como responsables de la fisiología de la producción (temperatura, precipitación) esto con el objeto de identificar las variables no controladas que más influyen sobre el rendimiento, dados los bajos coeficientes de determinación que generalmente se obtienen en experimentos de fertilización en frutales.

Materiales y Métodos

Se utilizó el método de componentes principales para estudiar la influencia sobre el rendimiento en mango 'Haden' de todas y cada una de las siguientes variables interactuando entre sí:

Temperatura: Se tomaron los promedios mensuales desde octubre hasta enero por considerarse estos meses los más influyentes, desde el punto de vista térmico, sobre la floración y por ende sobre la producción.

La floración ocurrida en febrero en regiones tropicales está influida por las bajas temperaturas y sequía ambiental de los meses que la precedieron, Núñez y Caldeira (5).

Precipitación: Por las mismas razones de la variable anterior, se consideraron los totales mensuales en los mismos meses.

Velocidad del viento: Por su efecto sobre las flores ya formadas y por su influencia sobre la temperatura se consideraron las velocidades máximas mensuales a 1,80 m sobre el suelo en diciembre, enero y febrero.

Las mencionadas variables climáticas se estudiaron haciendo uso del Servicio de Climatología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la U.C.V., en la Estación Experimental de Samán Mocho, la cual se encuentra muy cercana a la granja bajo ensayo con semejantes condiciones geográficas de relieve, altitud y latitud e influida por las mismas isoyetas e isoterma, teniendo ambas localidades el tipo de vegetación descrito por Ewel y Madriz (3) como Bosque Seco Pre-Montano.

Niveles foliares, en época de floración, de NPK: Se realizaron siguiendo la metodología descrita por Chadha *et al* (2), los cuales consistieron en tomar muestras (8 hojas/planta) de la parte media de la copa de los árboles en los puntos cardinales tomando brotes normales con similar edad fisiológica que no estuvieran ni en crecimiento ni en floración. Luego se lavaron con solución jabonosa y agua desmineralizada, secándose en estufa (65 °C) durante 72 horas. Finalmente se molieron y analizaron según Método de Carolina del Norte: Kjeldalh (Nitrógeno), Colorimetría (Fósforo), Fotometría de llamas (Potasio).

Número y peso de frutos: Constituyen las variables dependientes, considerando los datos de 4 ciclos de producción (1982-83; 1983-84; 1984-85; 1985-86), en plantas del cultivar Haden (sobre patrón 'Hilacha') cuya edad inicial fue de 6 años, y la densidad de plantación de 80 plantas por hectárea.

La influencia sobre el rendimiento de los factores mencionados se estudió por medio del análisis multivariado, utilizando el método de componentes principales, Pla (6) y el programa BMDP-4R, University of California (9).

A la variable dependiente o número de frutos se le transformó con la raíz cuadrada a fin de normalizar su distribución.

El presente experimento se realizó en zona adyacente al Lago de Valencia donde los suelos presentaron una estructura blocosa sub-angular y textura arcillosa; no presentan problemas de orden químico en los primeros 100 centímetros de profundidad, en el sentido de contener bajos niveles de sales, un pH ligeramente ácido (6,5) y moderada disponibilidad de nutrimentos, Sargent *et al* (8). Estos suelos pertenecen a la familia *Fluventic ustropets*, francosa fina, mixta.

Las temperaturas y precipitaciones promedios anuales, fueron de 24,3 °C y 1.053 m.m/año respectivamente y la altitud de 430 m.s.n.m.

Las variables de rendimiento y niveles foliares fueron medidas en una muestra de 42 plantas en unidades experimentales con 2 árboles y bloques al azar con tres repeticiones, aplicándose fertilizante según el diseño San Cristóbal de 7 tratamientos no ortogonalizado, Rojas (7). (Anexo 1).

Resultados y discusión

Los coeficientes de variación que se obtuvieron en el Cuadro 1 indican que las variables consideradas influyen de una forma heterogénea sobre los rendimientos por lo que es necesario determinar el aporte de cada una de éstas, en cada componente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores propios y proporción de la variación explicada (Cálculos a partir de la Matriz de Correlación).

Componentes*	Valor Propio	Proporción de la Varianza Total Explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
1	9,16	48,24	48,24
2	3,34	17,58	65,83
3	1,76	9,30	75,13
4	1,48	7,81	82,94
5	1,16	6,10	89,04
6	0,96	5,08	94,12
7	0,68	3,60	97,72
8	0,28	1,45	99,17
9	0,08	0,44	99,61
10	0,05	0,28	99,89

* Las variables más influyentes en cada componente se identifican más adelante, según la proporción observada en Cuadro 2.

Cuadro 2. Proporción de la varianza original explicada por cada componente principal (Cálculos a partir de la Matriz de Correlación).

Variable	Componentes						
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º
Año	0,713	0,116	0,161	0,002	0,001	0,002	0,001
NIT	0,000	0,001	0,002	0,078	0,279	0,619	0,003
POT	0,001	0,002	0,003	0,129	0,419	0,241	0,202
T Oct.	0,002	0,520	0,466	0,002	0,001	0,000	0,000
T Nov.	0,500	0,446	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000
T Dic.	0,845	0,042	0,100	0,007	0,000	0,000	0,002
T Ene.	0,810	0,122	0,001	0,009	0,000	0,009	0,016
P Oct.	0,692	0,188	0,110	0,001	0,001	0,003	0,001
P Nov.	0,557	0,281	0,145	0,000	0,001	0,005	0,003
P Dic.	0,358	0,503	0,072	0,009	0,004	0,013	0,022
P Ene.	0,735	0,179	0,079	0,002	0,001	0,001	0,002
V Dic.	0,942	0,045	0,004	0,004	0,000	0,000	0,003
V Ene.	0,811	0,053	0,095	0,008	0,003	0,008	0,015
V Feb.	0,880	0,000	0,092	0,006	0,002	0,005	0,010
NFF	0,170	0,332	0,237	0,025	0,001	0,028	0,029
PFF	0,399	0,405	0,115	0,023	0,000	0,001	0,001
KFF	0,006	0,015	0,015	0,080	0,408	0,018	0,288
NF	0,376	0,024	0,002	0,500	0,026	0,005	0,033
PF	0,228	0,066	0,011	0,596	0,014	0,002	0,049

NFF= niveles foliares de nitrógeno en época de floración (feb.)

PFF= niveles foliares de fósforo en época de floración (feb.)

KFF= niveles foliares de potasio en época de floración (feb.)

Debido a la diferencia de unidades utilizadas en la medición de observaciones, lo cual puede conllevar a interpretaciones erróneas. Se procedió al análisis estandarizando los datos originales, a fin de concluir de acuerdo al análisis más preciso y correcto.

Aplicación del Método de Componentes Principales a través de la matriz de correlación (estandarizada)

Aún cuando no es estadísticamente significativo, se detectó una correlación negativa entre las temperaturas medias de noviembre, diciembre y enero con los rendimientos; igualmente se corrobora lo observado en la matriz de covarianza cuando las precipitaciones se incrementan en los meses estudiados los rendimientos tienden a disminuir. Esto concuerda con los estudios realizados sobre la floración en México, por Núñez y Caldeira (5), señalando que cuando ésta ocurre en diciembre, enero y febrero ha sido estimulada por las bajas temperaturas y humedad ambiental (o sequía) ocurridas en los meses antes mencionados.

Se observó un considerable grado de correlación positiva entre las temperaturas de diciembre y enero con el fósforo foliar en época de floración, ocurrida en febrero (0,82 y 0,79, respectivamente). Igualmente, se observa una tendencia, menos acentuada, con respecto al nitrógeno en relación a la temperatura de enero, lo que podría relacionarse con un incremento moderado de la actividad metabólica tendente a suministrar los productos o compuestos requeridos en la incipiente floración.

Con respecto a las precipitaciones en relación a los niveles foliares se observa un incremento del fósforo (febrero) cuando aumenta la precipitación en diciembre ($r= 0,75$), ya que éstas parecen incorporar el nutrimento a la solución del suelo para facilitar su absorción por la planta, lo que se refleja en sus niveles foliares para el mes de febrero. También se observa cierto grado de correlación entre el nitrógeno foliar (febrero) y la precipitación en diciembre ($r= 0,71$) lo que podría obedecer, además de lo explicado para el fósforo, a la adición o incorporación del nitrógeno atmosférico aportado por las lluvias.

Los incrementos del fósforo foliar podrían ser una consecuencia de los incrementos en la respiración, la cual provee la energía necesitada a partir de compuestos fosforados tales como ADP, ATP, los que a su vez son sintetizados con la ayuda de enzimas fosfatadas tales como la ATP-asa.

En la matriz de correlación, se detectó una alta correlación positiva entre el número de frutos y el peso total de éstos ($r= 0,9$).

En el Cuadro 1, se observa que los 3 primeros componentes reúnen el 75,13% de la variabilidad total, tendiendo a estabilizarse esta variabilidad a partir del señalado componente.

Dentro del primer componente, el cual es el más explicativo de la varianza total, las variables interactuante que mayor influencia tienen sobre el rendimiento son: las temperaturas de diciembre y enero, así como los vientos de diciembre y febrero (Cuadro 2).

De acuerdo a la fisiología del cultivo, lo reflejado por el análisis con datos estandarizados es lógico, ya que ha sido reportado por Núñez y Caldeira (5) que la inducción floral y por ende los rendimientos están influidos fundamentalmente por las bajas temperaturas y sequía de los meses de noviembre, diciembre y enero. Respecto a la velocidad del viento en diciembre y febrero, se puede considerar que coadyuvan el efecto de las bajas temperaturas, ya que la producción aumenta con el incremento de las velocidades del viento (dentro del rango normal medido) la cual podría provocar mayor transpiración, lo que a su vez pudiera disminuir la temperatura de la planta, ayudando a la inducción floral.

El segundo componente, que explica el 17,59% de la varianza total, señala como más importante la temperatura de octubre y noviembre, la precipitación de diciembre (a medida que aumenta decrece el rendimiento) y en menor grado los niveles foliares de nitrógeno y potasio en época de floración (Cuadro 2).

El tercer componente, que explica el 9,30% de la varianza total, señala como variables más importantes la temperatura de octubre y los niveles foliares de nitrógeno en época de floración (Cuadro 2).

Del análisis de los componentes principales obtenidos con datos estandarizados, se concluye que las variables que más influyen sobre el rendimiento del mango, combinadas linealmente con las restantes, son en orden decreciente:

- 1) Velocidad del viento en diciembre
- 2) Velocidad del viento en febrero
- 3) Temperatura de diciembre
- 4) Temperatura en enero
- 5) Precipitación de octubre
- 6) Precipitación de noviembre
- 7) Temperatura de noviembre
- 8) Niveles foliares de fósforo en época de floración
- 9) Niveles foliares de nitrógeno en época de floración

El aporte del resto de las variables en los 3 primeros componentes seleccionados es muy bajo.

A pesar de enumerarse las variables por orden de importancia, se observa un primer bloque de variables con una influencia muy pareja sobre el rendimiento (4 primeras variables); luego se encuentra un segundo bloque de variables (5-9) con influencia también muy similar (Cuadro 2).

En las condiciones del ensayo realizado, se considera muy satisfactorio trabajar con valores que expliquen el 75% de la varianza total (resumida en los 3 primeros componentes) ya que éstos nos permiten inferir con bastante aproximación que el comportamiento productivo de la planta, está influido por la interacción de las variables antes señaladas.

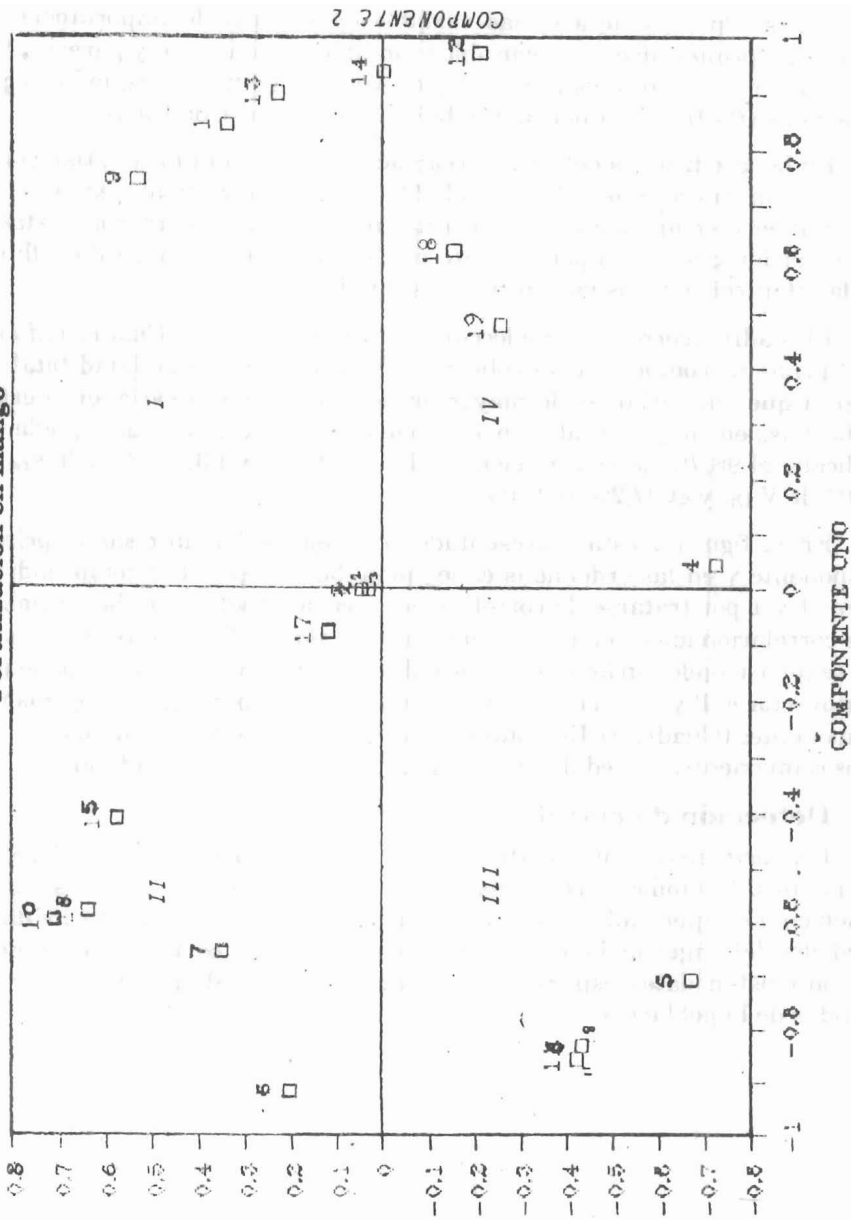
El cuadro 2 corrobora la selección realizada a partir del Cuadro 1, donde los 3 primeros componentes explican el 75,13% de la variabilidad total; se observa que las variables de mayor influencia sobre el rendimiento están explicadas, en mayor grado, en los componentes seleccionados quedando explicada el 98,7% de la variación total de la T_{Dic} , el 93,3% de la T_{Ene} , el 99,1% de V_{Dic} y el 97,2% de V_{Feb} .

En la figura 1 está representado en el eje de las abscisas el primer componente y en las ordenadas el segundo, las cuales están comprendidos entre -1 y 1 por tratarse de correlaciones; acá se observa que las variables más correlacionadas con ambos componentes son: la T_{Dic} , V_{Dic} y V_{Feb} , lo que se corresponde con los altos valores de estas variables en los componentes o autovectores 1º y 2º, y a la gran variación explicada por éstas en los mismos componentes (Cuadro 3). El resto de las variables se correlacionan menos con estos componentes a medida que se agrupan en el centro de la figura.

Detección de marginales:

Los primeros componentes tienen menor capacidad para detectar marginales, basándose las pruebas en los últimos componentes los cuales tienen menor capacidad explicatoria de la varianza total. Al ubicarse los datos alrededor del origen de la intersección de estos últimos componentes indican que no existen datos espúreos o marginales que puedan distorsionar las medidas de la población.

Figura 1. Relación de variables y componentes.
Fertilización en mango



Cuadro 3. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes.

Variable	Componentes		Variación Total Explicada de Componentes 1 y 2 (%)
	1º	2º	
1 AÑO	0,844	0,341	83
2 NIT.	0,000	0,032	0
3 POT.	-0,003	0,045	0
4 T Oct.	0,045	-0,721	52
5 T Nov.	-0,707	-0,668	95
6 T Dic.	-0,919	0,205	89
7 T Ene.	-0,656	0,349	93
8 P Oct.	-0,832	-0,434	88
9 P Nov.	0,746	0,530	84
10 P Dic.	-0,598	0,709	86
11 P Ene.	-0,857	-0,423	91
12 V Dic.	0,971	0,212	99
13 V Ene.	0,901	0,230	86
14 V Feb.	0,938	0,000	88
15 NFF	-0,412	0,576	50
16 PFF	-0,582	0,636	74
17 KFF	-0,077	0,122	2
18 NF	0,613	-0,155	40
19 PF	0,477	-0,257	29

NIT = Nitrógeno

POT = Potasio

T = Temperatura

P = Precipitación

V = Velocidad del viento

NEF = Nitrógeno foliar en época de floración

PFF = Fósforo foliar en época de floración

KFF = Potasio foliar en época de floración

NF = Número de frutos

PF = Peso de frutos.

Conclusiones

El 75% de la variación total en la producción es debido a los efectos combinados de temperatura, precipitación y velocidad del viento.

Los mejores rendimientos se obtienen con velocidades de viento de 0,43 km/h en diciembre y 0,98 km/h en febrero inter-actuando con las bajas temperaturas de diciembre y enero (23,1 °C; 22,7 °C) y las bajas precipitaciones de octubre, noviembre y enero (40.10 mm; 15,5 mm; 3,25 mm).

Los niveles foliares de nitrógeno: 1,15%; fósforo: 0,24% y potasio: 0,78% durante la floración (febrero), se corresponden con los máximos rendimientos.

Las condiciones de clima señaladas en la segunda conclusión podrían ser útil en la escogencia de áreas para nuevas plantaciones.

Literatura

- 1 Chacín F. 1988. Una contribución para el análisis estadístico de cultivos perennes y semi-perennes. Tesis Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Fac. de Agronomía. Comisión de Estudios para Graduados. Maracay. 390 p.
- 2 Chadha, K.L.; J. Samra and R.S. Thakur. 1980. Standardization of leaf-sampling technique for mineral composition of leave of mango cultivar chausa. *Scientia Horticultural* 13(4):323-329.
- 3 Ewel, L. y A. Madriz. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cría. Editorial Sucre. 265 p.
- 4 Leopoldo, A.C. and P. Kriedemann. 1975. *Plant Growth and Development*. Mc. Graw-Hill Book Company. 545 p.
- 5 Núñez, R. y María Caldeira. 1987. Adelanto de la floración y cosecha en mango 'Haden' con aspersiones de nitrato de amonio. EN: IX Congreso Brasileiro de Fruticultura. Anais, Campinas. 1983. II: 561-566.
- 6 Pla, L. 1986. Análisis multivariado: Método de Componentes Principales. Organización de los Estados Americanos (O.E.A.) Washington. 95 p. (Monografía).
- 7 Rojas, B. 1961. El Diseño San Cristóbal en Investigaciones sobre Fertilizantes. Instituto Tecnológico Azucarero. México. 10 p. (Mecanografiado).
- 8 Sergent, E.; E. Casanova y F. Leal. 1992. Dosis de Aplicación de Nitrógeno y Potasio en Mango (*Mangifera indica* L.) (en prensa).
- 9 University of California Press. 1979. Biomedical Berter Programs: P-series. W.J. Dixon, M.A. Brown. Berkeley. Los Angeles -London. 880 p.

Anexo 1

Rendimientos (Kg/ha) por tratamiento para cada año

Tratamiento	N	K ₂ O	1983	1984	1985	1986
	(g/árb.)					
T ₁	0	0	5.503,3	7.798,1	8.171,5	6.144,0
T ₂	0	1200	2.076,3	2.750,0	4.652,6	4.988,0
T ₃	1200	0	5.558,7	4.704,7	11.926,3	9.288,6
T ₄	1200	1200	4.066,3	3.303,2	6.016,9	4.860,0
T ₅	600	1800	7.805,1	8.432,0	10.391,2	5.233,3
T ₆	1800	600	4.357,3	4.692,0	10.413,1	7.097,0
T ₇	600	600	4.407,0	9.144,0	11.489,9	7.223,3

Densidad: 80 árboles/ha.
 Fuentes de Fertilizantes: Urea (46% N)
 Cloruro de Potasio (60% K₂O)