

C E I B A

A SCIENTIFIC JOURNAL ISSUED BY THE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Editor: HERNAN ISAIAS GALO

Algunos Aspectos de Interés en el Cultivo del Chile Dulce (**Capsicum annum L.**) en la Escuela Agrícola Panamericana

Por: LUIS G. HURTADO

I. INTRODUCCION

La necesidad de la diversificación agrícola en Latinoamérica es imperante. Las ideas tradicionales del cultivo maíz-frijol deben ser erradicadas y dar paso a una agricultura más tecnificada en la cual además de una adecuada utilización de los recursos (tierra, mano de obra y capital) se restablezca el equilibrio entre el hombre y el medio, evitando así la agricultura nómada.

Ante esta problemática surgen los cultivos hortícolas como una posible solución; estos cultivos se caracterizan por brindar un mayor ingreso por há que los granos básicos, pero requieren más mano de obra y cuidados. En la mayoría de los países latinoamericanos el costo y la disponibilidad de mano de obra aún no es un problema; en cuanto a cuidados, este escollo se puede salvar con la utilización de especies adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas del trópico.

Existe gran variedad de plantas tropicales de posible valor económico que aún no han sido explotadas, y otras muchas que llevadas a otras latitudes han sido adaptadas y mejoradas, obteniéndose magníficos resultados.

Entre las hortalizas de mayor valor económico se destaca el chile dulce (**Capsicum annum** L.), por presentar gran adaptación a las condiciones de los trópicos, sobre todo, en las regiones de precipitación estacional. Esta hortaliza, de muy buena aceptación en el mercado, es moderadamente resistente a la sequía y a las altas temperaturas, se adapta bien a los suelos tropicales y tiene además grandes posibilidades de industrialización.

Existen dos aspectos fundamentales en el cultivo del chile que nos interesan: a) Aspecto económico; b) Aspecto técnico.

Bajo el aspecto económico queremos encontrar cual es el punto óptimo de producción en relación a la aplicación de fertilizantes. En el aspecto técnico estudiaremos principalmente la fertilización, por ser una de las labores de mayor influencia en el rendimiento de la planta. Todo el estudio se llevará a cabo bajo condiciones de campo, pues el objetivo básico está orientado hacia la utilización práctica de los resultados obtenidos.

II. REVISION DE LITERATURA

Aunque las necesidades de cada planta se dan para cada elemento, en la práctica resulta más difícil conseguir los fertilizantes simples que las fórmulas completas, siendo además más sencillas la utilización de éstos, es por eso que las fórmulas completas toman más auge.

En nuestro medio, es común la utilización de fórmulas completas; se utilizó una fórmula con NPK en lugar de fertilizantes simples. En este ensayo se probaron varios niveles de una fórmula completa.

En estudios realizados en Florida (1) se encontró que las mejores cosechas, en cantidad y calidad, se obtienen cuando la proporción entre el N y el K se mantiene igual a 6:5. En experimentos realizados por Petkov (1972) se encontró que con una proporción entre N. y P. de 1:2 se obtenía hasta un 41% más en relación a otras proporciones, sin embargo se ha visto que las necesidades de P en la planta son relativamente pequeñas, la absorción de nutrimentos bajo condiciones de invernadero fueron:

$N = 51.2 \text{ Kg/há}$, $K = 84.3 \text{ Kg/há}$, $P = 4.8 \text{ Kg/há}$, (6). De estos datos se desprende que la necesidad de K para este cultivo es alta. También podemos observar que aunque la necesidad real de P es pequeña, hay que hacer aplicaciones altas de fertilizantes fosforados debido a problemas de fijación por el suelo, en parte debida al PH un tanto ácido que tenemos (5.8). Por otra parte la absorción de nutrimentos en el campo varía un poco. En Brasil (7) se encontró que la absorción de N fué de 40.9 Kg/há , la de K fué de 68.6 Kg/há y de P fué de 3.8 Kg/há . Sin embargo, la cantidad de K extraída del suelo sigue siendo la más alta. El fósforo en condiciones de campo parece ser que es requerido en pequeñas cantidades. Estos mismos autores (6-7) encontraron además, que la cantidad requerida de calcio es relativamente elevada (51.8 Kg/há) siendo ésta incluso mayor que la de Nitrógeno.

III. MATERIALES Y METODOS

La fórmula completa que más se adapta a nuestros requerimientos desde el punto de vista de la planta y desde el punto de vista de los agricultores, es la fórmula 14-24-12 (NPK).

En el ensayo se utilizó semilla de la variedad California Wonder, la que fue sembrada en semilleros previamente tratados con bromuro de metilo; las plántulas se transplantaron a los 30 días, es decir cuando tenían un promedio de 10-12 cm. a una terraza del Departamento de Horticultura. Se dispuso de riego por gravedad cuando se necesitó (ver datos edáficos y ecológicos en apéndice 1.4). El diseño experimental que se utilizó fué un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con 4 tratamientos y un testigo, cada uno con tres réplicas; los tratamientos fueron: 300, 600, 900, 1200 Kg./há de la fórmula 14-24-12, en la que se mantuvieron las proporciones recomendadas. Las plantas se sembraron a una distancia de 0.5 m entre sí y 0.80 m entre surcos. La aplicación de fertilizante se hizo a los 10 días del transplante, en bandas laterales. El cultivo tuvo las labores culturales usuales tales como: limpieza de malezas, aporcado, control de plagas y enfermedades. A los 105 días se presentó un severo ataque de **Erwinia carotovora** pero esta fue controlada con Agrimicin.

Las muestras para los análisis foliares fueron colectadas en

tres oportunidades (60, 75, 125 días). Se colectaron dos hojas por planta siempre de la misma edad y ubicación. Estas hojas fueron llevadas al laboratorio donde se lavaron con jabón biodegradable para eliminar la suciedad, y luego fueron puestas en el horno para eliminar parte del agua y para bajar la humedad (45 C° durante 48 horas); luego las muestras fueron molidas en un micro-molino Willey.

Los análisis de nitrógeno fueron realizados por el método de Kjeldahl. El fósforo fue analizado por Bray, según recomendaciones de FERNANDEZ (1966).

El K, Ca y Mg fueron analizados por el espectrofotómetro de absorción atómica (Jarrel -ash).

Para el cálculo del área foliar se utilizó un factor, el cual se encontró al promediar el peso de un centímetro cuadrado de tejido foliar (Apéndice 1.0).

Los análisis estadísticos se hicieron con la ayuda de la minicomputadora del Departamento de Economía de la Escuela Agrícola Panamericana.

Se estudió la influencia del tratamiento en:

- 1) Rendimiento en fruto (Óptimo técnico)
- 2) Precocidad
- 3) Características nutricionales
- 4) Características de capacidad fotosintética.
- 5) Análisis económico

Se vieron además, las correlaciones entre las variables estudiadas.

Para el cálculo del rendimiento en fruto se hicieron tres cosechas, a los 110, 116 y 123 días; con estos datos se pudo calcular también la precocidad (Ver apéndice).

Para calcular el óptimo económico se obtuvieron los precios del fertilizante y del chile dulce en Tegucigalpa (estos precios son el promedio de varios mercados). Las funciones de respuestas se calcularon usando regresión lineal en algunos casos y polinomial en otros (hasta de cuarto grado).

El índice de área foliar (IAF) se calculó dividiendo el área de la hoja (dm^2) entre el área del suelo (dm^2). (Apéndice 3.2). El área foliar se calculó multiplicando el peso por el factor de conversión (Apéndice 1.0). La precocidad se calculó sacando la

proporción del fruto que se había recogido, tomando como el 100% la producción a los 120 días (apéndice 3.3).

Los óptimos técnicos y económicos se consiguieron derivando las funciones de respuesta (Apéndice 3.4) y la de costo total. (Apéndice 5)

Para los cálculos estadísticos con porcentajes se utilizaron transformaciones angulares.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Las observaciones primarias se adjuntan en el apéndice 1, los resultados de las mismas fueron analizados como se indica a continuación:

IV-1 ANALISIS DE VARIANZA (Apéndice 2).

La variación debida al tratamiento es mayor que la debida al error ($s = 0.005$). Del cuadro de detección de tendencias podemos observar que la componente cuadrática resultó no significativa, la tendencia usada predominantemente fue la cuártica. Las tendencias lineal y cúbica son significativas.

IV-2 FUNCIONES DE RESPUESTA.

IV-2.0 CARACTERISTICAS NUTRICIONALES.

IV-2.01 —Contenido de nutrimentos según el tiempo. Apéndice 3.1.0).

Todas las funciones de respuesta tienen un ajuste ampliamente significativo a excepción de Mg para dosis de .9 (errores experimentales posiblemente).

El N, Mg, y Ca tienen una marcada tendencia lineal, el N, en sentido decreciente. El P y K tienen tendencia levemente cuadrática con sentido creciente y decreciente respectivamente. Las tasas de cambio más alta (.1 a .5) corresponden al K.

En otros casos N, P, Mg y Ca, las tasas de cambio son mínimas variando entre .003 y .06 La absorción de K y Ca aumentan en mayor proporción que los otros nutrimentos; estos datos concuerdan con resultados obtenidos en Brasil (6, 7).

IV-2.0.2—Contenido de nutrimentos según las dosis de fertilizantes. (Apéndice 3.1.1.).

Todas las funciones ajustadas tienen una amplia represen-

tatividad muy próxima al 100%. En todos los casos se ajustó una función cuártica que en general tiene una tasa de cambio creciente con ritmo decreciente. Salvo raras excepciones, todos los coeficientes de regresión tienen valores numéricos considerablemente altos y similares dentro de cada nutrimento.

IV-2.0.3 PORCENTAJE DE CENIZAS (Apéndice 3.1.2).

Con una alta representatividad de la función, el contenido de cenizas tiene tendencia decreciente (lineal y cúbica) con ritmo creciente (cuadrático y cuártico), esto se puede deber quizás a un aumento de materia seca debido a la fertilización haciendo de esta manera que aunque la cantidad real suba, la proporción de cenizas, baje en la planta.

IV-2.1 CARACTERISTICAS DE CAPACIDAD FOTOSINTETICA (Apéndice 3.2).

Tanto la función del índice de área foliar como la razón foliar económica, a los 60 y a los 125 días, presentan las siguientes características: tasa de cambio lineal y cúbica creciente, ritmo decreciente (cuadrático y cuártico).

IV-2.2 PRECOCIDAD (Apéndice 3.3)

Se evaluó en dos formas:

- a) Para cada dosis de fertilizante en función del tiempo.

El rendimiento tiene tendencia creciente con ritmo decreciente. La tasa de precocidad más alta la tienen las dosis más altas, pero también tienen el mayor ritmo de decrecimiento. En todos los casos la función ajustada tuvo una representatividad prácticamente del 100%.

- b) Proporción del rendimiento en función de la dosis.

Tanto las funciones lineales como cuadráticas tuvieron muy poco ajuste (Ver apéndice).

IV-2.3 RENDIMIENTO (Apéndice 3.4).

El rendimiento máximo (óptimo técnico), se obtuvo con una dosis (1.3 Tm/Há) ligeramente superior al nivel más alto utilizado. Dicho rendimiento sería de 15.4 Tm de fruto por hectárea. La función ajustada, ampliamente representativa tiene tendencia creciente con ritmo decreciente. La función encontrada no difiere mucho de la función de Mitscherlich que también tiene tendencia creciente y ritmo decreciente; debemos recordar además, que esta ley de Mitscherlich se cumple exactamente cuando solamente existe un nutrimento limitante.

IV-3 MATRIZ DE CORRELACION (Apéndice 4).

El análisis de correlación de todas las características involucradas en las funciones de respuestas destacó un 50% de coeficientes significativos.

Entre ellos sobresalen como correlaciones directas y altas las de N con cenizas y precocidad. La de F con dosis de fertilizante, la de K con Ca. y las de Mg con área foliar y precocidad. Entre las inversas y altas están P con Mg y las de % de cenizas con rendimiento y precocidad. Aunque el N a los 125 días no estaba correlacionado con la fertilización, el contenido de N en la hoja a los 60 días sí estaba correlacionado con la fertilización.

IV-4 ANALISIS ECONOMICO (Apéndice 5).

Por derivación de la función de costo total se obtuvo la función de costo marginal. Igualando esta función con el precio de mercado (US\$ 385.00/Im.) se obtuvo el máximo beneficio (óptimo económico). A los precios vigentes de fertilizantes y de chile dulce; este punto se obtendría con una dosis (1.19 Tm/há) ligeramente inferior al óptimo técnico (IV-2.3) y coincidente casi con el nivel de fertilización más alto utilizado; la producción correspondiente al óptimo económico sería de 15.2 Tm/há.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

a) Características nutricionales.

En este experimento se pudo observar que en las condiciones de la E.A.P. el K tiene una tendencia a aumentar su concentración en la hoja, al igual que el Mg y el Ca. Estos elementos, sobre todo Ca y K parecen tener marcada influencia en el desarrollo de la planta, que al parecer los requiere en mayor proporción.

La concentración de P en la hoja es muy baja y con tendencia a decrecer, es posible que los requerimientos reales de P por el chile dulce sean muy pequeños, por lo cual sería recomendable hacer ensayos de fertilización tanto en el campo como en el invernadero para encontrar la absorción real de este nutrimento. El N presenta una marcada tendencia decreciente y el contenido de este nutrimento en la hoja a los 125 días no está correlacionado con la fertilización; esto nos hace pensar que debido a las características propias del nitrógeno, éste haya desaparecido del suelo; esta hipótesis se confirma cuando vemos la correlación entre la fertilización y el contenido de N en la hoja. *

* A los 60 días.

Otra posibilidad podría ser que se hubiese translocado a tejidos más jóvenes. Sin embargo, es menester realizar investigaciones sobre el mejor período de aplicación de N, que según nuestro experimento se debe hacer: una al momento de la siembra y la otra cerca de los setenta días (floración). Sobre los macro nutrientes P y K, habría que estudiar las posibilidades de la no-aplicación, en condiciones de la Escuela Agrícola Panamericana. Se hace necesario realizar nuevos estudios para la determinación de los puntos críticos nutricionales.

b) Características de capacidad fotosintética.

Es muy posible que el índice de área foliar se pueda elevar aún más, para lo cual se recomiendan estudios sobre densidades de siembra.

c) Características económicas.

Con la realización de dos cosechas, se puede conseguir hasta un 90% de la cosecha total (tres ocasiones), habría que estudiar el aspecto económico de esta afirmación.

Con la realización de varios ensayos en el transcurso del año se pueden evitar efectos estacionales y la función de respuesta será más representativa, obteniéndose así mejores datos para el análisis marginal.

VI RESUMEN

En este estudio realizado en la Escuela Agrícola Panamericana, se investigó cual es la dosis más adecuada para el cultivo del chile dulce (**Capsicum annuum** L.) Se utilizaron cuatro niveles de fertilización (.3, .6, .9, 1.2 Tm/há) y un testigo (sin aplicación). Se estudiaron variables de tipo fisiológico como cantidad de nutrimentos en la planta, según la fertilización y el tiempo. Se analizaron los índices de capacidad fotosintética, rendimiento y precocidad. También se estudiaron variables económicas, mediante análisis marginales de la función de producción.

El óptimo técnico encontrado fue de 1.287 Tm/há de fertilizante (14-24-12-) y el óptimo económico fue de 1.19 Tm/há de fertilizante (14-24-12). El rendimiento máximo obtenido fue 15.25 Tm/há de fruto.

Apéndice 1.1

CONTENIDO DE NUTRIMENTOS (75 DIAS)

6

Tgn/há	% N		% P		% K		% Ca		% Mg	
	Replicas.		A	B	A	B	A	B	A	B
0	6.56	6.56	.298	.296	6.45	6.74	1.30	1.08	4.42	2.48
.3	6.50	6.50	.299	.292	6.57	6.48	3.63	1.38	7.81	4.52
.6	6.80	6.79	.307	.304	6.70	8.26	1.35	1.12	5.08	6.02
.9	6.60	6.58	.295	.290	7.04	8.82	1.97	1.55	6.40	9.56
1.2	6.67	6.67	.297	.293	6.43	6.55	1.40	1.18	4.64	4.84

Apéndice 1.2

DATOS DE RENDIMIENTO

	110 DIAS Lbs. por parcela	116 DIAS Lbs. / parcela	125 DIAS Lbs. / parcela	TOTAL en Kg/há
1a	3.62	5.50	.875	14311
1ezq	2.8	5.25	1.125	13129
1e	2.45	6.80	.75	14318
2b	2.25	5.50	1.437	13144
2c	2.15	6.20	1.25	13745
2d	2.20	4.25	2.815	13259
3a	1.00	8.00	.938	14218
3c	1.5	6.40	2.062	14261
3d	1.32	5.80	2.065	13144
4a	2.00	7.90	1.06	15693
4b	2.50	5.2	2.59	14877
4d	3.30	6.85	.5	15249
5b	1.75	5.15	1.625	12199
5c	3.20	4.10	1.238	12213
5e	2.15	4.30	2.125	12271

Apéndice 1.0

PORCENTAJE DEL CONTENIDO DE NUTRIMENTOS A LOS 60 DIAS

Tratamiento Tm/há	% N	% P	% K	% Mg	% Ca	% S	Ceniza %	(GR) Peso planta húmeda	Area Foliar (cm ²)
0	6.75	.39	6.04	.37	1.18	.308	22.41	59.69	759.83
.3	7.03	.43	6.27	.41	1.3	.25	18.37	94.91	1241.00
.6	7.08	.50	6.14	.40	1.15	20.45	20.45	92.08	1152.30
.9	7.10	.32	6.05	.36	1.05	16.59	16.59	84.88	1100.00
1.2	7.04	.34	6.04	.34	.68	18.08	18.08	64.91	881.90

PESO DE LA PLANTA SEGUN EL TRATAMIENTO A LOS 60 DIAS

Tratamiento Tm/há	Peso planta (g)		Peso planta sin raíz (g)		Peso hojas (g)		Peso fruto (g)	
	A	B	A	B	A	B	A	B
0	87.5	102.33	79.46	21.50	55.92	17.32	5.65	3.07
.3	83.21	98.99	82.23	94.47	57.64	61.00	6.61	5.30
.6	102.06	67.70	77.93	92.56	52.31	57.86	—	—
.9	77.48	52.34	92.16	68.34	62.76	42.48	6.24	5.32
1.2	86.16	56.73	71.50	48.42	48.97	36.34	5.42	2.70

PESO DE 1 CM² DE HOJA (g)

O B S E R V A C I O N E S

1	.0470	12	.0278
2	.0437	13	.0364
3	.0768	14	.0421
4	.0602	15	.0286
5	.0474	16	.0344
6	.0493		
7	.0438		
8	.0499		
9	.0649		
10	.0531		
11	.0214		

Peso de 1 cm² de hoja
 $\bar{x} = .0478 \text{ g/cm}^2$

Apéndice 1.3

CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN LA PLANTA A LOS 125 DIAS (POR REPLICA) SEGUN TRATAMIENTO

Ton/há dosis fertilizante	Nombre de tratamien- to	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
	11a	5.17	.1556	5.79	1.09	.72
	11b	5.18	.2373	5.19	3.35	.61
0.3	1ya	5.27	.0379	6.01	4.55	.85
	1yb	5.27	.0719	5.84	3.14	.67
	1ca	4.64	.1268	5.80	3.88	.78
	1en	4.65	.2077	6.43	4.29	.82
	2ba	4.55	.1404	5.60	4.51	.79
	2bb	4.55	.3197	5.31	4.36	.74
0.6	2ca	4.83	.3018	5.54	2.80	.67
	2cb	4.81	.2991	5.68	3.27	.74
	2da	5.14	.3170	5.43	1.42	.76
	2db	5.13	.2998	4.85	1.98	.59
	3aa	4.58	.4058	6.31	2.94	.61
	3ab	4.59	.2170	6.51	2.96	.59
0.9	3ca	4.87	.2135	6.60	3.59	.59
	3co	4.86	.1831	6.51	3.93	.61
	3da	4.69	.2978	6.05	4.49	.87
	3do	4.70	.2484	5.76	2.23	.95
	4aa	5.02	.4063	6.51	3.29	.64
	4ab	5.03	.3352	6.27	3.48	.71
1.2	4ba	5.02	.4804	6.02	3.57	.71
	4bb	5.03	.2316	6.27	3.26	.78
	4db	5.52	.3505	6.35	3.14	.67
	4da	5.51	.3512	6.44	3.49	.72
	5ba	4.83	.2329	6.22	3.44	.71
	5bb	4.83	.1400	5.97	3.48	.67
0	5ca	4.18	.3342	6.44	3.38	.78
	5eb	4.78	.3002	5.60	2.83	.63
	5ea	5.07	.1399	6.07	4.18	.72
	5db	5.06	.2331	5.44	2.99	.59

Apéndice 1.4

DATOS EDAFICOS Y ECOLOGICOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DEL CULTIVO

Altura sobre el nivel del mar: 800 m.

El cultivo se realizó entre el 29 de Mayo y el 22 de Agosto de 1977.

	\bar{X} Temperatura mínima °C	\bar{X} Temperatura máxima °C
Mayo	19.31	30.75
Junio	19.77	27.91
Julio	19.14	28.93
Agosto	19.29	29.85

	Evaporación media día/mm	Precipitación mm.
Mayo	74.40	251.5
Junio	76.24	248.82
Julio	71.94	52.3
Agosto	66.76	70.6

Temperatura promedio = 24.38 °C.
Evaporación promedio = 72.34 mm/día
Precipitación total = 623.22 mm.
Temperatura mínima = 15.3 °C.
Temperatura máxima = 39.6 °C.

Ph = 5.8

Materia orgánica = 3.92%
Nitratos en suelo = 0.

Apéndice 2.

ANALISIS DE VARIANZA (DIA).

Fuente de Variación	S C	G L	M C	F. OBS.	OBS.
Tratamiento	14.46	4	3.61	15.97	S (.005)
Componente lineal	10.97	1	10.97	48.54	S (.005)
Desviación C. líneal	3.49	3	1.16	5.13	S (.0232)
Componente cuadrática	.05	1	.05	.22	NS
Desviación C. cuadrática	3.44	2	1.72	7.61	S (.0142)
Componente cúbica	2.95	1	2.95	13.05	S (.005)
Desviación C. cúbica	.49	1	.49	2.17	S (.193)
Componente cuártica	.49	1	.49	2.17	S (.193)
Error	2.26	10	.226		

C.V. = .035

Apéndice 3.10

CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN FUNCION DEL TIEMPO

Nutriente	Fertilizante Tm/há	B ₀	B ₁	B ₂	R ²
N	0	8.651	— .0298		.984
	.3	8.757	— .0294		.998
	.6	9.330	— .0356		.988
	.9	9.338	— .0370		.999
	1.2	8.869	— .0294		.999
P	0	2.07	— .04	.0002	.99
	.3	1.94	— .036	.00017	.99
	.6	2.62	— .053	.00027	.99
	.9	2.87	— .057	.00028	.99
	1.2	1.575	— .031	.00017	.99
K	0	.31	.14	— .00077	.99
	.3	3.07	.082	.00048	.99
	.6	— 8.28	.36	.0020	.99
	.9	— 12.5	.46	.0024	.99
	1.2	1.7215	.10	.0005	.99
Mg	0	.0057	.0053		.912
	.3	.1974	.0046		.821
	.6	.2039	.0040		.875
	.9	.3134	.0035		.274
	1.2	.0438	.0053		.98
Ca	0	— 1.2370	.0364		.955
	.3	— .0580	.0283		.851
	.6	— .8720	.0309		.968
	.9	— .9461	.0346		.993
	1.2	— 1.7800	.0412		.999

$Y = B_0 + B_1 x + B_2 x^2$

Y = Contenido de nutrimentos (%)

X = Tiempo (días) 60 X 125 DIAS. La Siembra.

**CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN LA PLANTA EN
FUNCION LA CANTIDAD DE FERTILIZANTE
SEGUN EDAD DE LA PLANTA**

Nutriemento	Días	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	R ²
N	60	6.75	1.75	- 3.66	3.55	- 1.29	99
	75	6.56	-3.16	15.34	-20.83	8.59	99
	125	4.89	2.125	6.125	4.35	- .463	99
P	60	.39	.147	1.097	2.44	- 1.39	99
	75	.2	.219	- 1.29	2.05	- 9.36	89
	125	.23	-1.66	6.80	- 8.51	- 3.39	99
K	60	6.04	2.13	- 6.16	5.99	- 1.95	99
	75	6.6	-3.69	14.51	-10.15	.46	99
	125	5.95	5.42	31.45	46.98	-20.27	99
Mg	60	0.37	.214	- .236	- .154	.154	99
	75	.34	3.47	-13.13	17.93	- 7.77	99
	125	.68	.949	- 3.51	4.26	- 1.65	99
Ca	60	1.18	1.74	- 6.54	7.90	- 3.29	99
	75	1.20	19.45	-74.82	92.81	-36.57	98
	125	3.39	3.15	-16.79	23.51	- 9.77	99

$$Y = + B_0 - B_1 X + B_2 X^2 + B_3 X^3 + B_4 X^4 +$$

Y = Contenido de nutriemento (%)

X = Cantidad Fertilizante (14-24-12) en Tm

$$0 \leq X \leq 1.2 \text{ Tm.}$$

Apéndice 3.12

CURVA DE PORCENTAJE DE CENIZA EN FUNCION DEL FERTILIZANTE

$$Y = 22.41 - 56.525 x + 219.91 x^2 - 290.65 x^3 + 120.11x^4$$

$$R^2_{.99} \quad 0 \text{ Tm/há} \leq x \leq 1.2 \text{ Tm/há} \quad x = \text{Fertilizante (14-24-12)}$$

Apéndice 3.2 (Indices de capacidad fotosintética)

3.2.0 Índice Area Foliar (dm² hoja/dm² suelo)

$$Y_{(60 \text{ DIAS})} = .19 + .93 x - 2.42 x^2 + 2.44 x^3 - .875 x^4 \quad R^2_{.99}$$

$$Y_{(125 \text{ DIAS})} = .675 + 4.63 x - 17.18 x^2 + 22.01 x^3 - 8.98 x^4 \quad R^2_{.99}$$

$$0 \text{ Tm/há} \leq x \leq 1.2 \text{ Tm/há}$$

$$X = \text{Fertilizante (14 - 24 - 12)}$$

3.2.1 Razón Foliar Económica (Tm rendimiento/dm² hoja)

$$Y = .294 + 1.48 x - 5.37 x^2 + 6.23 x^3 - 2.19 x^4 \quad R^2_{.99}$$

$$X = \text{rendimiento en fruto } 12.228 \text{ Tm/fruto} \leq x \leq 15.250 \text{ Tm fruto}$$

Tratamiento	Razón foliar (Tm/dm ²)
0	.294
.3	.405
.6	.310
.9	.380
1.2	.560

Apéndice 3.2.2 Ecuación Area foliar (cm²) de hoja

$$Y = 2700.09 + 18563.1 x - 108833.9 x^2 + 88169.9 x^3 - 35984.7 x^4$$

$$R^2_{.99}$$

$$0 \text{ Tm/há} \leq X \leq 1.2 \text{ Tm/há}$$

Fertilizante

Precocidad

ECUACION DE RENDIMIENTO EN FUNCION DEL TIEMPO

Apéndice 3.3

(Tm/há) Tratamiento	B ₀	B ₁	B ₂	R ²
0	— 1129.65	19.58	— .084	99
.3	— 1590.13	27.58	— .119	99
.6	— 1508.06	26.06	— .112	99
.9	— 2433.31	41.89	— .178	99
1.2	— 2101.94	36.38	— .156	99

$$Y = B_0 + B_1 x + B_2 x^2 \quad Y = \text{Rendimiento en Tm.}$$

x = Tiempo (días)

110 x 123

PORCENTAJE DE RENDIMIENTO A LOS 120 DIAS

Tratamiento	%
0	91.68
.3	95.96
.6	91.61
.9	92.55
1.2	94.36

ECUACION DEL % RENDIMIENTO EN FUNCION DEL TIEMPO

$$Y = B_0 + B_1 x + B_2 x^2 \quad R^2 = \underline{0.17}$$

$$B_0 = 74.697$$

$$B_1 = 69.57$$

$$B_2 = - .016$$

$$73.17 \leq x \leq 78.44$$

Se utilizaron transformaciones angulares para los %

Porcentaje del rendimiento de tres cosechas.

Apéndice 3.4

3.4.1 CURVA DE RENDIMIENTO (Tm/há frutos)

$$Y = 12.228 + 15.8194 X - 47.85 X^2 + 51.636 X^3 - 17.5 X^4$$

$$R^2 = .99 \quad \text{OTm/há} \quad X \quad \text{1.2 Tm/há}$$

$$X = (\text{Fertilizante 14-24-12})$$

3.4.2 OPTIMO TECNICO

Rendimiento máximo en frutos

15.3929 Tm/há de fruto.

Cantidad de fertilizante óptima

1.287 Tm/há de fertilizante (14-24-12)

**MATRIZ DE CORRELACION ENTRE DIFERENTES VARIABLES FISIOLÓGICAS Y DE RENDIMIENTO
CALCULADOS PARA CHILE VR. CALIFORNIA WANDER**

23

	N	P	K	Mg	Ca	Rendimiento	Preco- cidad	Ferti- lización	Ceniza
Area Foliar	-0.0962	-.2112	.2903	.7688 ^{.069}	.0186	.5759 ^{.10}	.5540 ^{.17}	.4813 ^{.204}	.1341
Ceniza	.7269 ^{.086}	.0082	.2611	-.288	-.067	.892 ^{.048}	-.6023 ^{.15}	-.029	1.00
Ferti- lizante	.1646	.743 ^{.08}	.496 ^{.198}	0	-.151	.87 ^{0.55}	.1177 ^{.1}	1.00	
Preco- cidad	.7289 ^{.05}	-.4146 ^{.25}	.2380	.8861 ^{.05}	.5049	.5750	1.00		
Rendi- miento	.5654 ^{.17}	.4555 ^{.22}	.4732 ^{.21}	.3776	.0976	1.00			
Ca	.4281 ^{.24}	-.2754 ^{.125}	.7124 ^{6.91}	.315	1.00				
Mg	.3432	-.647	.087	1.00					
K	.1588	.2993	1.00						
P	.0559	1.00							
N	1.00								

N x Fert. = .73 5(.09)
60 días.

Apéndice 5

Análisis económico

5.1 Función de Costo Total (Lempiras)

$$Y = 264529.67 - 97656.87x + 12900.92x^2 - 733.12x^3 + 15.26x^4$$

$R^2 = .99$

x = Producción en Tm. de fruto 12.228 Tm x / 15.25 Tm.

5.2 Función Costo Marginal.

$$Y' = 97656.87 + 25800.84x - 2199.36x^2 + 61.04x^3 \quad R^2 = .99$$

Se obtuvo Y' por derivación, la igualamos al precio de mercado vigente (L. 770/Tm) y encontramos que el máximo es conseguido con una producción de 15.226 Tm de fruto/há

5.3 Función de Beneficio

$$Y = 264529.67 + 98426.87x - 12900.42x^2 + 773.12x^3 - 15.26x^4$$

Plx máximo = P(15.226)

Esta producción se consigue con

1.194 Tm fertilizante (14-24-12)

Apéndice 6

TABLA GENERAL DE RESULTADOS

Trata- miento Tm/ha	Rendi- miento Tm/ha	Preco- cidad % 120 días	N %	P %	K %	Mg %	Ca %	Ceniza % (60 días)	Razón foliar económica Tm/dm ²	IAF * dm ² hoja/ dm ² suelo
0	12.228	91.68	4.89	.23	5.95	.68	3.39	22.41	.294	.675
.3	13.92	95.96	5.09	.14	5.85	.75	3.38	18.37	.405	1.04
.6	13.38	91.61	4.84	.28	5.40	.69	3.05	20.45	.310	.8597
.9	13.87	92.55	4.71	.26	6.30	.71	3.36	16.59	.380	1.08
1.2	15.25	94.36	5.18	.35	6.30	.70	3.37	18.08	.560	.90

* Indice Area Foliar (IAF)

CONTENIDO DE NUTRIMENTO EN LA HOJA

Tratamiento Tm/há	% N			% P			% K			% Mg			% Ca		
	60	75	125	60	75	125	60	75	125	60	75	125	60	75	125
0	6.75	6.56	4.89	.39	.20	.134	6.04	6.50	5.95	.37	.34	.68	1.18	1.20	3.39
.3	7.03	6.49	5.09	.43	.17	.28	6.26	6.53	5.85	.41	.62	.75	1.3	2.51	3.38
.6	7.08	6.80	4.84	.50	.19	.26	6.14	7.48	5.40	.40	.56	.69	1.15	1.24	3.04
.9	7.10	6.59	4.70	.32	.22	.36	6.05	7.94	6.29	.36	.80	.71	1.05	1.76	3.30
1.2	7.04	6.67	5.10	.34	.20	.23	6.02	6.49	6.31	.34	.47	.70	.68	1.34	3.36

VII BIBLIOGRAFIA

- 1). ALBREGTS, E. Effect of nitrogen and potassium on Bell Peppers grown under paper mulch. Soil and Grops Science Society of Florida Proceeding. 1971: 116-118.
- 2). ARZE, J. Condiciones de radiación solar y otros factores micro-climáticos dentro de un cultivo de maíz (**Zea mays**), a diferentes densidades y orientaciones de surco. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, 1975. III p.
- 3) ASCENCIO, J. Y FARGAS, J. Análisis del crecimiento del frijol cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23 (4): 420-428. 1973.
- 4). BLAK R.J. LUCAS, R.E. Y VITOSH, M.L. Effect of nitrogen fertilizer on corn yield. Michigan State University. Cooperative Extensión Service. Extension Bulltein E802 No. 12 1974. 5 p.
- 5). FERNANDEZ, F. Manual de laboratorio; análisis de suelos, plantas y alimentos 2 ed. El Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, 1966. 5 p.
- 6). FERNANDEZ, P. HAAG, H. Di Diferencias Nutricionais entro as variedades de pimentao. Anais de Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz" 29:237-253. 1972.
- 7). ———, ———Y OLIVEIRA, G. Estudos da nitricao mineral de duas variedades de pimentao cultivado em condicoes de campo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 28:145-153. 1971.
- 8). FORSYTHE, W.M. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA, s. f. 10 p.
- 9). LITTLE T, H. Métodos estadísticos para investigación en la agricultura. México, D. F., Trillas, 1976. 232 p.
- 10). LIZARAZO, B. Y TINNERMEIER, R. Normas para el uso óptimo de los fertilizantes en algunos valles de la costa s. m. t. Boletín No. 3 1969.

- 11). MARTINEZ, R. Métodos estadísticos en relación con el uso económico de los fertilizantes. Chapingo, México. Centro de estadística y cálculo de Colegio de Postgraduados. 35 p.
- 12). MILLER, C. H. Some effects of different levels of five nutrient elements on bell peppers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci 77:440-448. 1961.
- 13). RYAN, J. PERRIN, R. The estimation and use of generalized response function for potatoes in the Sierra of Perú. North Carolina Agricultural Experiment Station. Tech. Bul No. 214. 1973. 40 p.
- 14). SANABRIA, E. Producción de biomasa, nutrición mineral y absorción de agua en la asociación frijol-maíz cultivada en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 63 p.

VIII APENDICES

1. OBSERVACIONES PRIMARIAS
 - 1.1 Datos de campo
 - 1.2 Datos de laboratorio
2. ANALISIS DE VARIANZA
3. FUNCIONES DE RESPUESTA
 - 3.1 Características nutricionales de las plantas
 - 3.2 Características de capacidad fotosintéticas
 - 3.3 Precocidad
 - 3.4 Rendimiento: Optimo Técnico
4. MATRIZ DE CORRELACION
5. ANALISIS ECONOMICO
6. TABLA GENERAL DE RESULTADOS.