

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Julio E. Hasing

Zamorano-Honduras
Abril, 1998

DEDICATORIA

Al verdadero ideal zamorano.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional y ejemplo de esfuerzo y voluntad.

A Giovana, por su paciencia y cariño.

Al Dr. Alfredo Montes, por enseñarme a valorar el trabajo y la experiencia.

Al Profesor Miguel Avedillo, por su ejemplo de meticulosidad y criticismo científico.

A la Dra. Ana Margoth de Andrews, por sus consejos y gran ayuda.

A Representaciones Alvarenga (REALVA), por los insumos donados para la realización de esta investigación.

Al Dr. Francisco Gómez, por su apoyo "tras las cámaras" en el análisis estadístico.

Al personal del Departamento de Horticultura, por las facilidades ofrecidas durante el trabajo de campo y la recolección de la información.

Al personal del "macromódulo de pepinicultura" por su colaboración en el trabajo de campo y la recolección de los datos: M. Haro, F. Santos, O. García, J. Camino, E. Jerez, J. Andrade, C. Alfaro y E. Duarte. Gracias colegas.

A la Escuela Agrícola Panamericana, por un nuevo horizonte.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

A la Familia García-Miranda, por su contribución financiera para la realización de mis estudios en el Programa de Agrónomo. A la Fundación Privada Wilson Popenoe por canalizar dicho apoyo.

RESUMEN

Hasing, Julio. 1998. Evaluación agroeconómica de programas de aplicación de ácidos húmicos en pepino. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras. 76 p.

El objetivo principal del experimento fue determinar la respuesta agroeconómica del pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Slice Nice) a tres programas de aplicación de ácidos húmicos, como investigación exploratoria. Los programas incluyeron los siguientes productos: Suelosol (ácidos húmicos de leonardita), Brazotex 70+ (Suelosol + fertilizante foliar enraizador) y Brazotex 60+ (Suelosol + fertilizante foliar). Para buscar posibles óptimos, los productos se aplicaron a tres dosis: la recomendada para el cultivo de tomate, una 50% menor, y otra 50% mayor. Así, los tratamientos conformaron un arreglo factorial aumentado de dos factores a tres niveles más un testigo absoluto (con la tecnología convencional). Las respuestas agronómicas evaluadas fueron: rendimiento comerciable, no comerciable y total (en términos de número y peso de frutos), peso promedio de fruto (por categoría de rendimiento), y proporción comerciable de número y peso de frutos cosechados; y las respuestas económicas: ingreso bruto, costo de producción, ingreso neto y rentabilidad de costos. Los efectos de los tratamientos fueron evaluados mediante análisis comparativo (ANDEVA, ANCOVA, y comparación múltiple de medias). Se relacionaron las respuestas agronómicas y económicas con la dosis de aplicación, y se hallaron puntos críticos en las funciones ajustadas. La adopción de tratamientos dominantes se evaluó económicamente mediante análisis marginal comparativo en tres escenarios de rendimiento y precio de venta (optimista, esperado y pesimista). Aún en las condiciones más favorables de rendimiento y precio, los programas producen resultados agronómicos y económicos inaceptables en términos de retorno de la inversión adicional.

Palabras clave: escenarios probabilísticos, función beneficio/costo, Stamina, Suelosol.

¿ES CONVENIENTE UTILIZAR ACIDOS HUMICOS EN PEPINO?

La utilización de humus (residuos descompuestos de plantas o animales) como abono para mejorar la productividad y calidad de las hortalizas es una práctica que ha demostrado ser efectiva pero costosa: las cantidades que deben aplicarse para lograr mejoras apreciables hacen que el costo de su empleo sea prohibitivo. Pero en la actualidad existe una alternativa de costo inferior: los ácidos húmicos.

Los ácidos húmicos disponibles en el comercio son sustancias extraídas de la leonardita (un tipo especial de humus) que tienen algunas de las propiedades del humus común. Por ser un extracto, se recomienda su aplicación en cantidades relativamente pequeñas, por lo que el costo de su empleo es inferior al del humus común.

Para averiguar si es conveniente la utilización de ácidos húmicos en explotaciones comerciales de pepino se llevó a cabo un experimento en Zamorano (Honduras) para evaluar los efectos de estas sustancias en el rendimiento y la calidad de la cosecha. También se realizó un estudio económico con el fin de averiguar si el costo de aplicar ácidos húmicos se traduce en un beneficio monetario.

El experimento consistió en comparar entre sí algunos de los programas de aplicación de ácidos húmicos ofrecidos en el comercio local. Adicionalmente, estos programas se compararon con la práctica tradicional empleada en Zamorano (que no incluye ácidos húmicos). Los productos utilizados se aplicaron a varias dosis, con el fin de encontrar la cantidad apropiada para el cultivo de pepino.

Los resultados de la investigación, mostraron que el empleo de ácidos húmicos redujo el rendimiento del pepino en 9 toneladas métricas, y el ingreso neto en US\$845 por hectárea de cultivo. El aumentar la dosis de aplicación no mejoró el rendimiento, pero sí incrementó los costos y por lo tanto redujo la rentabilidad.

Como estos resultados iniciales no pueden tomarse como definitivamente concluyentes, debido a que la mayor rentabilidad se obtuvo con la práctica tradicional de Zamorano se recomienda seguir evaluando para otros sistemas de producción los efectos de estas sustancias antes de utilizarlas a escala comercial. A pesar de los resultados de la investigación el uso de ácidos húmicos no queda descartado, ya que es posible encontrar respuestas favorables en suelos de menor fertilidad.

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Autoría	ii
	Página de firmas	iii
	Dedicatoria	iv
	Agradecimientos	v
	Agradecimientos a patrocinadores	vi
	Resumen	vii
	Nota de prensa	viii
	Contenido	ix
	Indice de cuadros	xi
	Indice de figuras	xiv
	Indice de anexos	xv
1.	INTRODUCCION	1
2.	REVISION DE LITERATURA	2
2.1	Acidos húmicos	2
2.1.1	Efectos en las plantas	4
2.1.2	Utilización en la agricultura	6
2.2	Evaluación de la aplicación de tecnologías en sistemas de producción comercial	8
2.2.1	Análisis estadístico	9
2.2.2	Análisis económico	10
3.	MATERIALES Y METODOS	12
3.1	Experimento	12
3.1.1	Establecimiento de la parcela experimental	12
3.1.2	Tratamientos	12
3.1.3	Manejo agronómico	15
3.2	Recolección de los datos	16
3.3	Análisis estadístico	17
3.3.1	Análisis de variables agronómicas	17
3.3.2	Análisis de variables económicas	20
3.4	Análisis económico	23
3.4.1	Optimización de dosis mediante enfoque de funciones de respuesta .	23
3.4.2	Análisis marginal comparativo	23

4.	RESULTADOS Y DISCUSION	25
4.1	Análisis estadístico	25
4.1.1	Efectos en las variables agronómicas	25
4.1.1.1	Comparaciones de programas y tratamientos	27
4.1.1.2	Efecto de la dosis	29
4.1.2	Efectos en las variables económicas	38
4.1.2.1	Comparaciones de programas y tratamientos	39
4.2	Análisis económico	41
4.2.1	Funciones de respuesta económica: bondad de ajuste, forma y puntos críticos	41
4.2.2	Análisis marginal comparativo	44
4.2.2.1	Dominancia	45
4.2.2.2	Evaluación	45
4.3	Alcance y limitaciones del estudio	50
5.	CONCLUSIONES	51
6.	RECOMENDACIONES	53
7.	BIBLIOGRAFIA	54
8.	ANEXOS	57

INDICE DE CUADROS

1.	Propiedades fisico-químicas de las sustancias húmicas	3
2.	Composición de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+ (en porcentaje)	7
3.	Distribución factorial de tratamientos	14
4.	Cantidad de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+ empleada por programa, dosis y época, para aplicaciones efectuadas en el cultivo	15
5.	Nomenclatura de las variables agronómicas y procedencia de sus valores	17
6.	Nomenclatura de las variables económicas y procedencia de sus valores	21
7.	Resultados del análisis de covarianza de variables agronómicas: niveles de significación y coeficientes de determinación	26
8.	Comparación de grupos de programas para variables agronómicas: diferencias de medias y niveles de significación	27
9.	Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable número de frutos (NUTO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en unidades por hectárea	28
10.	Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable número de frutos comerciables (NUCO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en unidades por hectárea	28
11.	Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable peso total de frutos (PETO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en kilogramos por hectárea	28

12.	Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable peso de frutos comerciables (PECO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en kilogramos por hectárea	29
13.	Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable proporción de número de frutos comerciables (PNCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ)	30
14.	Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable proporción de peso de frutos comerciables (PPCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ)	31
15.	Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable peso promedio del fruto comerciable (PFCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ). Valores en kg	32
16.	Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 1 (P1): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación	33
17.	Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 2 (P2): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación	34
18.	Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 3 (P3): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación	35
19.	Resultados del análisis de varianza de variables económicas: niveles de significación y coeficientes de determinación	39
20.	Comparación de grupos de programas para variables económicas: diferencias de medias y niveles de significación	40
21.	Análisis de separación de medias de programas para la variable rentabilidad de costo de producción (RECO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer)	40
22.	Análisis de separación de medias de tratamientos para la variable costo de producción (COPR). Grupos homogéneos a $P \leq 0.25$ y $P \leq 0.1$ (método REGWF). Valores en US\$/ha	41

23.	Modelos de regresión de variables económicas para dosis: coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación	42
24.	Escenarios en el análisis económico: promedios de rendimiento y precio, ingreso bruto esperado y probabilidad máxima (teorema de Tchebysheff) de ocurrencia de valores iguales o extremos (mayores para el escenario I y menores para el escenario III)	44
25.	Resultados económicos en el escenario I (optimista): promedios de tratamientos para INBR, COPR, INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción	46
26.	Resultados económicos en el escenario II (esperado): promedios de tratamientos para INBR, COPR, INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción	47
27.	Resultados económicos en el escenario III (pesimista): promedios de tratamientos para INBR, COPR, INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción	48
28.	Resultados del análisis marginal de tratamientos dominantes en el escenario I (optimista): tasa de retorno marginal, y cambios porcentuales en INBR, INNE y COPR, y absolutos en RECO	49

INDICE DE FIGURAS

1.	Fraccionamiento de los componentes orgánicos del suelo	2
2.	Procedimiento general de la investigación	13
3.	Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrático) de PPCO en función de dosis para el programa 1 (P1)	36
4.	Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrático y lineal) de PFTO en función de dosis para el programa 2 (P2)	36
5.	Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrático) de PFCO en función de dosis para el programa 1 (P1)	36
6.	Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrático y lineal) de PFCO en función de dosis para el programa 2 (P2)	37
7.	Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrático y lineal) de PFCO en función de dosis para el programa 3 (P3)	37
8.	Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrático) de PFNO en función de dosis para el programa 1 (P1)	37
9.	Ajuste de funciones de respuesta: COPR, INNE y RECO en función de dosis para los programas 1, 2 y 3 (P1, P2 y P3)	43
10.	Ajuste de funciones de respuesta: INNE y RECO en función de dosis para el programa 3 (P3)	44
11.	Análisis de dominancia del escenario I (optimista): función de beneficio/costo	46
12.	Análisis de dominancia del escenario II (esperado): función de beneficio/costo	47
13.	Análisis de dominancia del escenario III (pesimista): función de beneficio/costo	48

INDICE DE ANEXOS

1.	Resultados del análisis de suelo por bloque (antes del ensayo)	57
2.	Presupuesto de costos comunes de producción	58
3.	Presupuestos de costos diferenciales de producción (por escenario)	59
4.	Programa SAS	62
5.	Gráficas de dispersión de residuales	66

1. INTRODUCCION

La optimización progresiva de las tecnologías de manejo agronómico de cultivos hortícolas que se ha dado a lo largo de la historia, ha introducido la necesidad de encontrar nuevos paquetes tecnológicos que permitan incrementar el rendimiento agronómico y económico de estos cultivos. Los efectos que los ácidos húmicos tienen sobre las plantas los convierten en insumos con el potencial de lograr dichos incrementos, por lo que en la actualidad éstas sustancias están disponibles en el mercado de insumos agrícolas como promotores del crecimiento y desarrollo de las plantas y sus órganos (en especial raíces, flores y frutos).

A pesar de los esfuerzos realizados a través de la historia por comprender la naturaleza de las sustancias húmicas y sus efectos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, hasta el momento sólo se han obtenido resultados parciales. Este desconocimiento, aunado a la variabilidad encontrada en la respuesta de diferentes cultivos (y de un mismo cultivo bajo diferentes condiciones ambientales), dificulta el elaborar una recomendación adecuada sobre la utilización de los ácidos húmicos como un insumo para los diversos sistemas de producción agrícola.

El objetivo principal de la presente investigación es el de determinar la respuesta agronómica y económica del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L. cv. Slice Nice) en Zamorano (Honduras) a la implementación de tres programas de aplicación de productos a base de ácidos húmicos disponibles en el comercio local (Suelosol, Brazotex 60+ y Brazotex 70+), con el fin de formular una recomendación sobre su utilización que sirva como una orientación inicial para eventuales investigaciones en otros sistemas de producción.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 ACIDOS HUMICOS

Debido a la naturaleza de las sustancias húmicas, no es conveniente definir las bajo un enfoque puramente químico; su composición no es homogénea ni constante, por lo que en la investigación efectuada sobre ácidos húmicos se han preferido definiciones de tipo operacional (Tate III, 1987), basadas en el fraccionamiento de los componentes orgánicos del suelo (Figura 1).

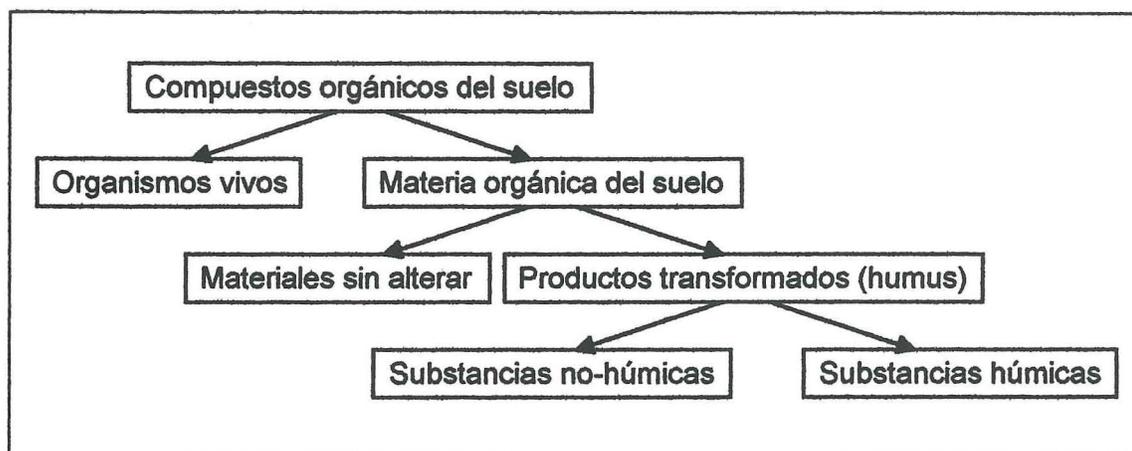


Figura 1. Fraccionamiento de los componentes orgánicos del suelo (Weber², 1997).

Los componentes orgánicos del suelo comprenden organismos vivos y sus residuos inalterados, parcialmente descompuestos o totalmente transformados. Los productos transformados, colectivamente conocidos como humus, carecen de similitudes morfológicas con las estructuras de las que fueron derivados, y son considerados como los productos del proceso de humificación (Weber², 1997).

Las sustancias no-húmicas, son compuestos extremadamente diversos pertenecientes a categorías bioquímicas conocidas (Weber², 1997), tales como: carbohidratos, lípidos, aminoácidos, ligninas, taninos, resinas, terpenos, auxinas, ácidos orgánicos, materiales aromáticos, hidrocarburos, alcoholes y aldehídos. Estas sustancias incluyen constituyentes de la materia orgánica en descomposición y productos de la actividad microbiana en el suelo (Kononova, 1961), y son por lo general sustancias de bajo peso

molecular que pueden ser utilizadas como sustrato por microorganismos de suelo (Vaughan y Ord, 1985).

Weber² (1997) define las sustancias húmicas como un grupo de compuestos de alto peso molecular, de color amarillo a negro, formados a partir de reacciones secundarias de síntesis. Vaughan y Ord (1985) añaden que son compuestos polifenólicos sintetizados en el suelo, que pueden poseer gran estabilidad y persistir en el suelo por más de mil años.

Aunque es probable que sufran alteraciones durante su extracción química (Vaughan y Ord, 1985), las sustancias húmicas han sido categorizadas básicamente por el método de extracción empleado para aislarlas. Actualmente se distinguen tres grupos principales de sustancias húmicas:

- Los ácidos húmicos, que conforman la fracción de sustancias húmicas soluble en agua a un pH superior a 2.
- Los ácidos fúlvicos (ácidos crénicos y apocrénicos), que conforman la fracción de sustancias húmicas solubles en agua a cualquier pH.
- Las huminas (o ulminas), conforman la fracción de sustancias húmicas insolubles en agua a cualquier pH.

Según Weber⁴ (1997), varios investigadores elucubran que todas las sustancias húmicas de color oscuro son básicamente polímeros de alto peso molecular, diferenciados por variaciones en número de grupos funcionales, peso molecular y grado de polimerización. La relación entre estos factores se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas de las sustancias húmicas.

Sustancias Húmicas				
Acidos fúlvicos		Acidos húmicos		Huminas
Amarillo claro	Amarillo - Café	Café oscuro	Gris - Negro	Negro
— Incremento en intensidad de color —>				
— Incremento en grado de polimerización —>				
2 400	— Incremento en peso molecular —>			300 000
45%	— Incremento en contenido de carbono —>			62%
48%	— Reducción en contenido de oxígeno —>			30%
1 400	— Reducción en acidez intercambiable —>			500
— Reducción en grado de solubilidad —>				

Fuente: Weber⁴ (1982)

Según Weber⁴ (1997), los ácidos húmicos aparentemente son macromoléculas aromáticas complejas con aminoácidos, aminoazúcares, péptidos y compuestos alifáticos involucrados en enlaces entre los grupos fenólicos. Análisis elementales revelan que los ácidos húmicos se componen principalmente de 52-62% carbono, 30-33% oxígeno, 3-5.5% hidrógeno y 3.5-5% nitrógeno (Kononova, 1961); adicionalmente contienen fósforo y azufre (Vaughan y Ord, 1985).

La macromolécula hipotética del ácido húmico contiene hidroxilos fenólicos libres y enlazados, quinonas, puentes de nitrógeno y oxígeno, y grupos carboxilo variadamente emplazados en los anillos aromáticos de su estructura (Weber⁴, 1997). La presencia de radicales libres en los ácidos húmicos, hace posible su participación en mecanismos de transferencia de electrones (Vaughan y Ord, 1985).

Observaciones de ácidos húmicos de diferentes tipos de suelo realizadas al microscopio electrónico, han revelado que éstos presentan estructuras poliméricas de diversas formas (anillos, cadenas y conglomerados), y tamaños que oscilan entre los 60 y 500 Å. Estudios similares citados por Kononova (1961) sugieren que los ácidos húmicos están conformados por pequeñas partículas esféricas capaces de unirse formando cadenas o agregados racimosos. Dichas partículas no poseen una estructura compacta gracias a un gran número de espacios internos, que son importantes para algunos procesos del suelo y determinan la capacidad de retención de agua de los ácidos húmicos. La estructura espacial y el tamaño de las macromoléculas de ácido húmico están determinados por el proceso de humificación (Weber^{4,5}, 1997).

2.1.1 Efectos en las plantas

La respuesta de las plantas a la aplicación de ácidos húmicos depende de la forma de aplicación, la especie tratada, su edad y estado nutricional, y el ambiente en que se desarrolla. Bajo ciertas condiciones y dependiendo del parámetro evaluado, es posible evidenciar un estímulo en el crecimiento de ciertas especies.

Estudios realizados con marcadores radioactivos (¹⁴C), sugieren que los ácidos húmicos son absorbidos por la superficie de la raíz o se acumulan pasivamente en los espacios libres del sistema radicular, aunque algunas de sus fracciones de bajo peso molecular pueden ser tomadas activamente por la planta y traslocadas al tallo en bajas proporciones (inferiores al 5%). Cabe resaltar que los componentes de bajo peso molecular son por lo general los de origen más reciente, por lo que se ha teorizado la existencia de una relación entre la edad del ácido húmico y la magnitud de sus efectos directos sobre el metabolismo de las plantas (Vaughan y Malcolm 1985).

Se ha evidenciado que los ácidos húmicos pueden incrementar la tasa respiratoria, facilitar la absorción de nutrimentos y aumentar el crecimiento (tanto en materia fresca como en materia seca) cuando son aplicados a las hojas de algunas especies de plantas (Scott, 1985; Vaughan y Malcolm, 1985; Vaughan, Malcolm y Ord, 1985).

La respuesta de las plantas a la aplicación de ácidos húmicos está influenciada por su condición nutricional. Ensayos realizados a nivel de laboratorio muestran que los ácidos húmicos pueden constituir una fuente de nutrimentos aprovechables por las plantas, pero sus efectos en el crecimiento no superan a los de soluciones nutritivas comunes (Vaughan y Malcolm, 1985).

Vaughan y Malcolm (1985), mencionan varias referencias que muestran el efecto benéfico de ácidos húmicos aplicados al suelo y a las hojas en especies como chile dulce, frijol, maíz, mostaza, soya, tabaco, tomate, trigo y otros.

Aunque varios investigadores han observado efectos directos (positivos y negativos) de los ácidos húmicos en el crecimiento y/o desarrollo de las plantas (Kononova, 1961), los mecanismos que gobiernan estos fenómenos no han sido esclarecidos. A continuación se listan algunas de las teorías planteadas sobre el modo de acción y el efecto de los ácidos húmicos en las plantas:

- Aceleración de los procesos germinativos en semillas, debido a un incremento en las velocidades de hidratación y activación enzimática.
- Acumulación de azúcares solubles (por alteración del metabolismo de carbohidratos) y reducción de la presión osmótica en el plasma celular, incrementando la resistencia al estrés hídrico.
- Alteración en la capacidad de asimilación de nitrógeno y permeabilización de la membrana y/o citoplasma celular, incrementando la absorción, traslocación y el contenido de nutrimentos como: fósforo, potasio, azufre, hierro, calcio, magnesio, sodio y cobre.
- Aporte de nutrimentos.
- Aumento del contenido de clorofila, caroteno y xantofila en las hojas, posiblemente por un incremento en la absorción de magnesio y/o hierro.
- Estimulación de los procesos respiratorios debida a su contenido de quinonas y polifenoles (que pueden funcionar como aceptores de hidrógeno y catalizadores respiratorios), lo que resulta en la intensificación de los sistemas enzimáticos, la aceleración de la síntesis de proteínas y la división celular, el incremento en la acumulación de materia seca y la resistencia a condiciones de aireación pobre.
- Incremento en la tasa de síntesis y el contenido de ácidos nucleicos (ADN y rARN) y proteínas, atribuible a la estimulación de mecanismos respiratorios y reacciones enzimáticas.
- Interferencia en reacciones enzimáticas: inhibición competitiva (fitasa y peroxidasa), inhibición no competitiva (fosfatasa, invertasa, peroxidasa y aminopeptidasa), y

estimulación (papaína, ficina). Los mecanismos de inhibición incluyen la formación de complejos húmicos con el sustrato, la reducción de afinidad entre el sustrato y la enzima (debido cambios conformacionales en su estructura), y la competencia por enzimas entre moléculas donantes de hidrógeno (NADH), sustratos, cofactores, y ácidos húmicos.

- Mediación en reacciones de óxido reducción no respiratorias, como la desaminación de aminoácidos.
- Mejoramiento de la capacidad de intercambio catiónico del sistema radicular, y de la traslocación pasiva de nutrimentos en la planta.
- Mimetismo como auxina, e inhibición de la enzima ácido indolacético oxidasa.

(Kononova 1961; Vaughan y Malcolm 1985; Vaughan, Malcolm y Ord 1985).

Los ácidos húmicos pueden influir de varias maneras en la fertilidad del suelo, afectando indirectamente a las plantas que se desarrollan en él: promueven la descomposición de varios minerales, contribuyen a formación de agregados de suelo, incrementan la disponibilidad de P_2O_5 y hierro para las plantas, actúan como un reservorio/fuente de nutrimentos, poseen la capacidad de quelatar microelementos, estimulan el crecimiento de ciertos microorganismos (Kononova, 1961, y Weber^{1,3}, 1997), estabilizan el pH del suelo, interaccionan con plaguicidas, y pueden contrarrestar los efectos fitotóxicos de cantidades excesivas de algunos metales como calcio, cadmio, zinc, cobre y hierro (Vaughan y Malcolm, 1985).

El efecto de los ácidos húmicos en la fertilidad del suelo depende de la naturaleza, composición y reacción del medio, y de la fuente y dosis de ácido húmico. Según Vaughan y Malcolm (1985), en suelos con reacción ácida (generalmente con un pH inferior a 4.0) los ácidos húmicos y sus complejos metálicos son precipitados en forma de humatos (sales de ácido húmico), lo que reduce la concentración efectiva de nutrimentos en el suelo. Por otro lado, Lee y Bartlett (1976) sugieren que las sustancias húmicas exógenas tienen un efecto substancial en el desarrollo de las plantas sólo cuando son añadidas a suelos con bajo contenido de materia orgánica.

2.1.2 Utilización en la agricultura

Estudios realizados en 1960 sobre la composición química de la Leonardita (substancia asociada al carbón lignito) revelaron que está compuesta principalmente de humatos. Este descubrimiento hizo posible la extracción de ácidos húmicos en cantidades comerciales, a los que actualmente se les atribuyen efectos benéficos en el desarrollo de varias especies de plantas, así como en el rendimiento y calidad de sus productos y/o derivados (Brazos International Inc, 1996).

Bryan (1976) menciona los efectos benéficos de los ácidos húmicos en el contenido de proteína de algunos pastos, la acumulación de nitrógeno y alcaloides en hojas de tabaco, el estoloneo, rendimiento y calidad en camote, y los rendimientos de papa, soya y tomate. Por otro lado, Brazos International (1995^{1,2} y 1996), reporta mejoras en la calidad e incrementos los rendimientos de arroz (32%), papa (14%), piña (80%), tomate (50%), caña de azúcar (21%) y chile picante (60%) tratados con ácidos húmicos.

El programa Stamina, es un paquete tecnológico de aplicación de ácidos húmicos y fertilizantes foliares ofrecido por Brazos International Inc. para mejorar los rendimientos de los cultivos y las características de los suelos agrícolas. El programa comprende la aplicación de tres productos: Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+.

Suelosol (conocido como Stamina en algunos países), es una solución/suspensión coloidal de ácidos húmicos de Leonardita. Brazotex 70+ y Brazotex 60+ son fertilizantes foliares (de fórmula NPK 12-48-10 y 20-20-20 respectivamente) con nutrientes secundarios, micronutrientes y Suelosol. La composición de los productos se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+ (en porcentaje p/p)

Componente	Suelosol	Brazotex 70+	Brazotex 60+
Ácidos húmicos de Leonardita	3	N/D	N/D
Nitrógeno nítrico	0	0.69	6.07
Nitrógeno amoniacal	0	11.31	8.03
Nitrógeno orgánico soluble	0	0.00	5.90
Ácido fosfórico (P ₂ O ₅)	0	48.00	20.00
Potasa soluble (K ₂ O)	0	10.00	20.00
Cloro (Cl)	0	< 1.00	< 1.00
Manganeso (Mn) soluble en agua	0	0.05	0.05
Manganeso (Mn) total	0	0.05	0.05
Hierro (Fe)	0	0.10	0.10
Zinc (Zn)	0	0.05	0.05
Cobre (Cu)	0	0.05	0.05
Boro (B)	0	0.02	0.02
Molibdeno (Mo)	0	0.00	0.00
Magnesio (Mg) soluble en agua	0	0.50	0.10
Magnesio (Mg) total	0	0.50	0.10

N/D: Información no disponible

Fuente: Brazos International Inc., s.f. (Etiquetas de los productos)

Brazos International (s.f.^{1,2,3}) recomienda la aplicación de estos productos en cuatro etapas de cultivo:

- 1) Suelosol: a la siembra y/o transplante, con el fin de acelerar la germinación y mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo.
- 2) Brazotex 70+: a la primera aplicación de fertilizante foliar, para promover el crecimiento radicular del cultivo (actuando como un fertilizante enraizador).
- 3) Brazotex 60+: durante el crecimiento vegetativo como un fertilizante foliar de uso general.
- 4) Brazotex 70+: antes de la floración para estimular la diferenciación de yemas.

2.2 EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMERCIAL

El enfoque con que se evalúan los efectos de la implementación de una tecnología en un sistema de producción comercial generalmente está determinado por los recursos limitantes en dicho sistema. La evaluación en base al retorno económico consiste en contrastar los beneficios obtenidos con la aplicación de la tecnología contra los costos de implementación (CIMMYT, 1988), en los cuales se refleja la utilización de los recursos limitantes del sistema en unidades homogéneas.

El empleo del enfoque económico no implica el descarte de una evaluación de los resultados agronómicos obtenidos con la aplicación de una tecnología; en algunos casos estos resultados pueden ayudar a explicar -al menos parcialmente- los resultados del análisis económico¹. De la misma manera, el hecho de no encontrar diferencias significativas en los parámetros agronómicos entre las alternativas tecnológicas de un sistema, no implica el descarte del análisis económico, que puede revelar diferencias en costos de producción (CIMMYT, 1988).

La aplicabilidad de las conclusiones extraídas de la evaluación de una tecnología depende principalmente de la representatividad y precisión de los datos analizados. En el caso de no disponer de información técnica satisfactoria para estas características, conviene plantear un experimento controlado cuyas condiciones se asemejen al máximo a las del sistema de producción.

Los experimentos factoriales son utilizados cuando se desea estudiar simultáneamente el efecto de dos o más factores en los parámetros bajo análisis. El diseño de este tipo de experimentos, consiste en la selección de un número fijo de "niveles" o "modalidades" para cada uno de un conjunto de factores; generalmente todas las combinaciones posibles de niveles (celdas) son sometidas a experimentación (Box, Hunter y Hunter, 1993).

¹ Montes, A. 1997. Comunicación personal.

Los ensayos de entrada factorial aumentada, son aquellos que comprenden tratamientos adicionales que quedan por fuera de los niveles originalmente planteados (y por tanto comprenden más celdas que tratamientos). Este tipo de ensayos se emplea con frecuencia durante la etapa de validación de tecnologías, en la que los tratamientos se comparan con la tecnología tradicional (CIAT, 1981). Experimentos que tienen un diferente número de unidades experimentales por celda (como los factoriales aumentados) son considerados como no balanceados; estos experimentos requieren técnicas complejas de análisis estadístico, basadas en el ajuste de modelos lineales (SAS Institute¹, 1989).

2.2.1 Análisis estadístico

Una de las mayores dificultades a enfrentar en investigación es el error experimental. Este está constituido por la variación producida por factores conocidos y desconocidos, no considerados o inmanejables, y puede ocultar efectos importantes o "mostrar" efectos inexistentes. Mediante la evaluación estadística se obtienen medidas de la precisión de la cantidades estimadas en un estudio, cuyo uso reduce la probabilidad de llegar a conclusiones erróneas (Box, Hunter y Hunter, 1993).

Los métodos de análisis estadístico pueden agruparse en dos clases principales: análisis comparativo, y análisis de relación (Avedillo, s.f.).

El **análisis comparativo**, permite comparar entre sí varios factores desde el punto de vista de sus resultados con la finalidad de distinguir si los efectos observados en una muestra son reales o aparentes (Avedillo, s.f.). Por lo general, el primer paso del análisis comparativo es el análisis de varianza.

El análisis de varianza (ANDEVA), es una técnica empleada para probar la hipótesis de que los valores de una variable continua (variable dependiente) medidos bajo varias condiciones experimentales identificadas por variables de clasificación (variables independientes o factores) no son afectados por dichas condiciones (SAS Institute¹, 1989). El análisis de covarianza (ANCOVA), es una modificación del análisis de varianza que considera variables continuas no controlables pero sí cuantificables (variables concomitantes o covariables), como variables independientes. Por medio del análisis de covarianza, se mejora el control sobre el error (aumentando la precisión del análisis) y se pueden ajustar las medias de tratamientos de la variable dependiente a un nivel común (promedio) de la variable concomitante (Steel y Torrie, 1988).

Las pruebas de comparación múltiple de medias, se emplean para discriminar individualmente tratamientos (o modalidades de un factor) por su efecto en una variable de respuesta cuantitativa, cuando se ha rechazado la hipótesis planteada en el análisis de (co)varianza. Los procedimientos de pruebas simultáneas (SAS Institute¹, 1989), son pruebas de comparación múltiple de medias que permiten controlar la tasa de error tipo I a nivel de experimento (probabilidad de rechazar erróneamente la hipótesis nula para una diferencia en el experimento). Algunos de estos procedimientos han sido diseñados para

controlar la tasa de error cuando la hipótesis nula es completa o parcial (tasa máxima de error tipo I a nivel de experimento) que se describen a continuación:

- Los procedimientos de Ryan, Einot, Gabriel y Welsch de rango múltiple (REGWQ) y F múltiple (REGWF) están considerados entre los métodos de mayor potencia (control sobre la tasa de error tipo I) para diseños balanceados. La prueba REGWF posee la ventaja de ser compatible con la prueba F del análisis de (co)varianza (SAS Institute¹, 1989).
- Para diseños desbalanceados, Hochberg y Tamhane (1987) y SAS Institute¹ (1989) recomiendan la prueba de Tukey-Kramer debido a su carácter conservador. Por otra parte, según Steel y Torrie (1988) la validez del procedimiento en tales situaciones no ha sido verificada.

El **análisis de relación**, se utiliza para investigar la relación que pueda existir entre la variación de dos o más factores que pueden tener algún tipo de correspondencia natural (Avedillo, s.f.). El análisis de regresión, comprende el conjunto de técnicas estadísticas empleadas para formular y evaluar modelos matemáticos que pretenden explicar la relación existente entre variables continuas.

Debido a que la variación conjunta observada entre variables no implica una relación causal (Gómez, s.f.; Avedillo, s.f.) es necesario disponer de un modelo teórico que explique la asociación observada, con el fin de incrementar la validez de un modelo causal sugerido por los datos (Avedillo, s.f.). Cuando no se pueda justificar una relación causal entre las variables relacionadas, el modelo ajustado puede ser útil para hacer pronósticos del valor de una variable conociendo el valor de otra(s) y considerando ciertas restricciones (Draper y Smith, 1981).

2.2.2 Análisis económico

Según Heady y Dillon (1961) la investigación agrícola ha sido típicamente orientada al estudio de fenómenos discretos en los que se estiman puntualmente las repuestas biológicas y/o económicas resultantes de la aplicación de un tratamiento. El descubrimiento de relaciones continuas entre parámetros biológicos, físicos y/o económicos ha permitido implementar en la agricultura el **análisis de funciones de producción**.

El ajuste de una función de producción se realiza por métodos de regresión, tomando en consideración que la forma algebraica de la función debe ser consistente con el fenómeno en estudio. La selección de un tipo específico de función para expresar un fenómeno de producción automáticamente impone ciertas limitaciones o asunciones con respecto a las relaciones involucradas. Cuando se desconoce la forma algebraica de la función se puede hacer una aproximación mediante formas polinómicas de hasta tercer

grado, que usualmente se ajustan adecuadamente a la función de producción en el rango evaluado (Heady y Dillon, 1961; Draper y Smith 1981).

En agricultura, las recomendaciones son formuladas en términos de cantidades de insumos requeridas para maximizar el retorno económico por unidad de área o costo. Cuando existen, estas cantidades pueden estimarse calculando la cantidad/costo de insumo/tecnología para la que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones (Granville, 1987):

$$a) Y = f(X)$$

$$b) Y' = 0$$

$$c) Y'' < 0$$

En las que Y representa el retorno económico, y X la cantidad/costo de insumo/tecnología.

Para evaluar las repuestas económicas puntuales resultantes de la aplicación de un tratamiento, el CIMMYT (1988) propone el **análisis marginal comparativo**. Esta metodología permite discriminar alternativas de implementación de tecnologías por su factibilidad y conveniencia económica, en base a datos agronómicos y estimaciones de precios de costo y venta. El procedimiento consta de 4 etapas:

- Elaboración de presupuestos parciales, en los que se organizan los datos con el fin de obtener los costos y beneficios de cada alternativa (diferenciales).
- Análisis de dominancia, en el cual se eliminan alternativas (dominadas) con beneficios netos iguales o menores a los de otras alternativas con costos diferenciales más bajos (dominantes)
- Análisis marginal, en el cual se evalúan los beneficios y costos marginales entre tratamientos dominantes, como parámetros independientes y conjugados en la tasa de retorno marginal:

$$TRM = \frac{\Delta \text{Beneficios}}{\Delta \text{Costos}}$$

- Análisis de retornos mínimos, en el que se compara el promedio de los beneficios netos más bajos de cada alternativa no dominada, con el fin de evaluar la variabilidad (riesgo) en el retorno económico de éstas.

El análisis de retornos mínimos puede ser complementado mediante el cálculo de la probabilidad máxima de ocurrencia de beneficios netos iguales o inferiores a los considerados (independientemente de su distribución de probabilidad), empleando el teorema de Tchebysheff (Mendenhall, Scheaffer y Wackerly, 1986):

$$P(|Y - \mu| < k\sigma) \geq 1 - \frac{1}{k^2}; E(Y) = \mu \wedge V(Y) = \sigma^2$$

3. MATERIALES Y METODOS

El procedimiento general de la investigación se resume en la figura 2.

3.1 EXPERIMENTO

3.1.1 Establecimiento de la parcela experimental

El experimento se realizó en los terrenos del Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano durante el período comprendido entre octubre y diciembre de 1997. Zamorano se encuentra ubicado en el valle del Río Yeguaré, Honduras, a 14° latitud norte, 87° longitud oeste, y 808 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 24.2 °C, y la precipitación media anual es de 1100 mm. El ecosistema de la región está caracterizado como bosque seco subtropical.

El cultivo fue establecido por medio de trasplante manual cerca del final de la época lluviosa (18 de octubre de 1997), utilizando plántulas de pepino del cultivar "Slice Nice" de 9 días de edad. Las plántulas fueron producidas en bandejas de espuma de poliestireno de 128 celdas de 4 × 4 cm, empleando como medio de crecimiento una mezcla de vermiculita, arena y cáscara quemada de arroz.

Las plántulas fueron transplantadas en hileras dobles (a una distancia de 0.5 m entre plántulas y 0.61 m entre hileras) sobre camas de 1.0 m de ancho y 1.5 m de separación. La densidad de trasplante fue aproximadamente de 26 666 plantas por hectárea.

3.1.2 Tratamientos

Se evaluaron tres productos a base de ácidos húmicos: Suelosol (ácidos húmicos de leonardita), Brazotex 70+ (Suelosol + fertilizante foliar enraizador 12-48-10) y Brazotex 60+ (Suelosol + fertilizante foliar 20-20-20). Las épocas, formas y dosis de aplicación fueron determinadas por tratamiento, tomando como base las recomendaciones establecidas por el formulador para el cultivo de tomate (Brazos International, s.f.¹).

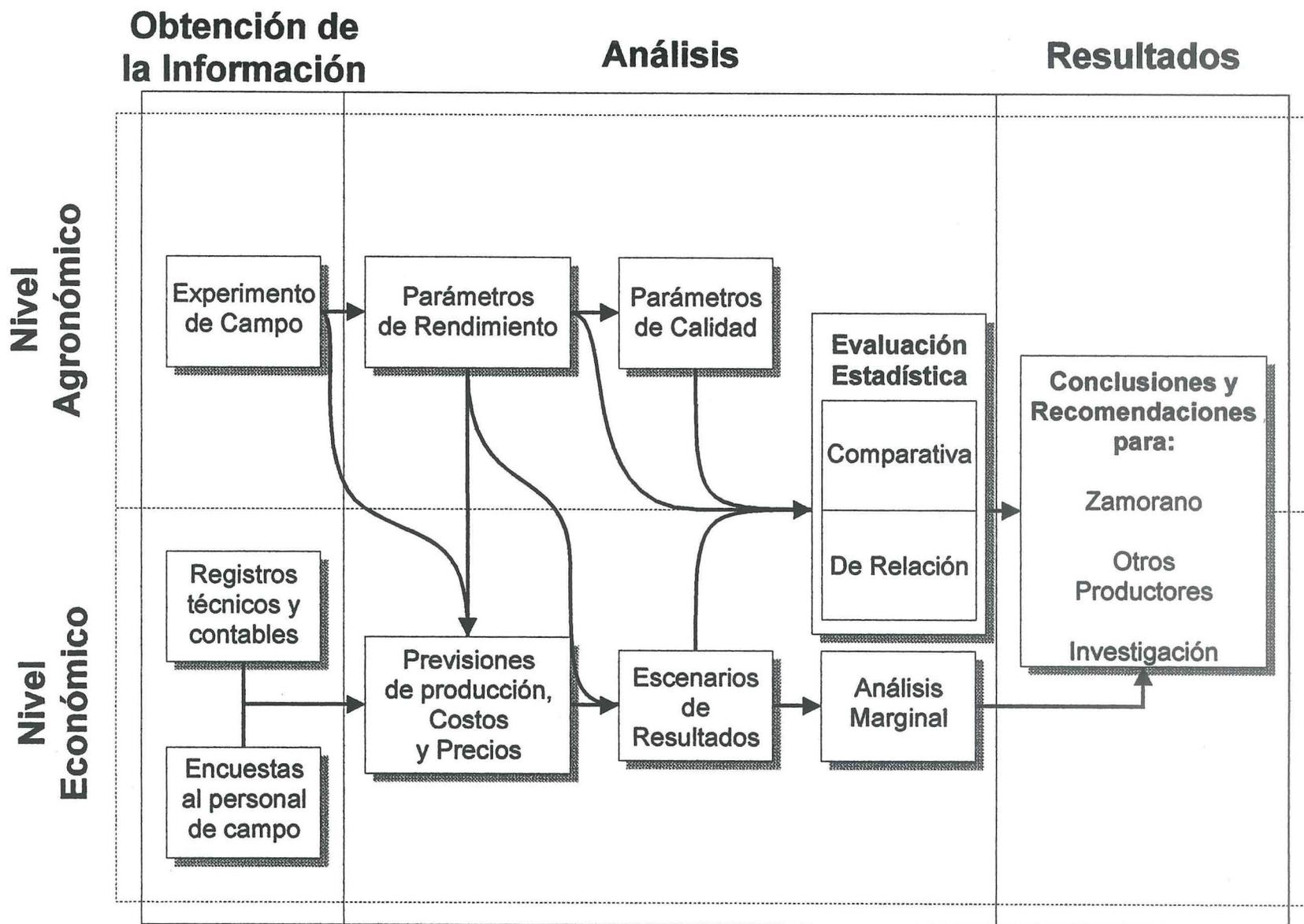


Figura 2. Procedimiento general de la investigación

Para evaluar el efecto de los tres productos se plantearon secuencialmente tres programas de aplicación en los que las formulaciones fueron incluidas dependiendo de la etapa del cultivo en que se recomienda el inicio de su aplicación.

Con el fin de optimizar la dosis conjunta de aplicación de cada programa, los productos se aplicaron a tres dosis: la recomendada para el cultivo de tomate, una 50% menor, y otra 50% mayor.

Los tratamientos fueron determinados de acuerdo a un arreglo factorial aumentado de dos factores a tres niveles + un testigo absoluto, al cual no se le realizó ninguna aplicación de ácidos húmicos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución factorial de tratamientos

FACTOR	Dosis (respecto a recomendación para tomate)				
	NIVEL	0%	50%	100%	150%
Programa de aplicación	Testigo	P0/0			
	Suelosol		P1/0.5	P1/1	P1/1.5
	Suelosol Brazotex 70+		P2/0.5	P2/1	P2/1.5
	Suelosol Brazotex 70+ Brazotex 60+		P3/0.5	P3/1	P3/1.5

Las unidades experimentales consistieron en lotes de dos camas contiguas de 6 m de longitud, a los cuales les fueron asignados los tratamientos de acuerdo a un diseño en bloques completamente aleatorizados. Los lotes se encontraban distribuidos en tres bloques adyacentes, discriminables por la calidad y el tiempo de ejecución de prácticas de control de crecimiento (poda y tutoreo).

La aplicación de ácidos húmicos se realizó tanto al almácigo como al cultivo. Las bandejas de almácigo fueron asperjadas a la siembra con 5.022 cm³/plántula de una solución acuosa de Suelosol a una concentración de 0%, 1%, 2% y 3% v/v según el tratamiento (testigo, y 50%, 100% y 150% de la dosis recomendada para tratar semillas). Las aplicaciones al cultivo se hicieron con la fertilización y mediante aspersiones foliares, empleando una bomba de mochila manual equipada con una boquilla de cono hueco de descarga ajustable. Se utilizaron entre 270 y 405 l/ha de agua por aplicación, según el grado de desarrollo del cultivo. En el cuadro 4 se detallan las dosis y épocas de aplicación de las formulaciones para cada tratamiento.

Cuadro 4. Cantidad de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+ empleada por programa, dosis y época, para aplicaciones efectuadas en el cultivo.

Dosis (para tomate)	Epoca (DDT)	Suelosol (lt/ha)	Brazotex 70+ (kg/ha)	Brazotex 60+ (kg/ha)
50% de la recomendación (0.5)	-3	7.5	0	0
	3	12.5	7	0
	6	6.25	0	2
	19	6.25	0	0
	22	6.25	0	2
	27	0	2	0
	31	6.25	0	0
100% de la recomendación (1)	-3	15	0	0
	3	25	14	0
	6	12.5	0	4
	19	12.5	0	0
	22	12.5	0	4
	27	0	4	0
	31	12.5	0	0
150% de la recomendación (1.5)	-3	22.5	0	0
	3	37.5	21	0
	6	18.75	0	6
	19	18.75	0	0
	22	18.75	0	6
	27	0	6	0
	31	18.75	0	0
		Programa 1 (P1)		
		Programa 2 (P2)		
		Programa 3 (P3)		

3.1.3 Manejo Agronómico

Previo al trasplante, el terreno fue preparado mediante dos pases de azadón mecánico, y surcado a 0.75 m. La fertilización básica del cultivo consistió en la aplicación de una mezcla de fosfato diamónico (300 kg/ha), cloruro de potasio (200 kg/ha) y Suelosol (dosis según tratamiento). La mezcla se aplicó en bandas en el fondo de los surcos, entre camas agrupadas en pares independientes que posteriormente fueron consolidados en camas

anchas. De esta manera se logró una banda de mezcla ubicada al centro de las camas (entre las dos hileras de plantas) a aproximadamente 0.15 m de profundidad.

Las plantas de pepino fueron sometidas a poda de yemas basales a los 17 y 18 días después del trasplante (DDT). Se eliminaron las yemas axilares de los tres primeros nudos, incluyendo el cotiledonar. Durante el período comprendido entre la poda y la floración (17 a 27 DDT), el crecimiento de las plantas fue guiado por medio de una malla de polietileno extendida verticalmente sobre cada hilera de plantas. Una vez iniciada la floración se eliminaron los meristemas apicales para limitar el crecimiento del cultivo.

Se realizaron dos aplicaciones (19 y 31 DDT) de 305 l/ha de una solución acuosa de urea (104 kg/ha) y Suelosol (dosis según tratamiento). Las aplicaciones se realizaron empleando un recipiente con una perforación y fueron dirigidas al centro de la cama, entre las dos hileras de plantas. Adicionalmente, se realizaron aplicaciones foliares de Brazotex 70+ y Brazotex 60+ a dosis y épocas determinadas por tratamiento, independientemente de las aplicaciones foliares fitosanitarias que se realizaron durante el cultivo (15 en total).

Los frutos fueron recolectados durante el período comprendido entre 40 y 58 DDT, a intervalos de 1 a 4 días dependiendo de la disponibilidad de frutos de tamaño comercial (superior a 20 cm de longitud). Frutos no comerciables (con deformaciones, coloraciones atípicas, daño mecánico o pudrición) fueron cosechados sin tomar en cuenta su tamaño.

3.2 RECOLECCION DE LOS DATOS

Las variables relativas al rendimiento de frutos por planta fueron medidas en cada cosecha, a 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 51, 53, 55 y 58 DDT. Estas variables (medidas por unidad de área) fueron número y peso de frutos comerciables y no comerciables. Los datos se recolectaron a partir de las dos hileras centrales de cada parcela (muestra), dejando sin evaluar un metro a cada extremo de las hileras. Los pesos fueron medidos con una precisión de 14 g por muestra.

Adicionalmente se contó el número de plantas que llegaron a floración en cada muestra, y se midió el distanciamiento real entre líneas de siembra. Ambos parámetros se consideraron como variables concomitantes para el análisis de covarianza.

Se estimaron los coeficientes técnicos y los precios que determinan los costos comunes de producción y las variaciones en ingreso bruto, costos de producción, cosecha y almacenamiento entre los tratamientos (precio de transferencia de producto, precio de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+, requerimiento y costo de mano de obra para cosecha por caja de pepino de 18.18 kg, y costo semanal de almacenamiento y refrigeración por libra de producto). Las estimaciones se basaron en datos obtenidos a partir de la revisión de registros técnicos-contables y de ecuestas al personal de campo de la Sección de Hortalizas del Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

3.3 ANALISIS ESTADISTICO

3.3.1 Análisis de variables agronómicas

Los datos relativos al rendimiento de frutos por unidad de área fueron divididos para el número de plantas en cada muestra, siendo así reexpresados en términos de rendimiento por planta. Posteriormente se encontraron los totales para cada unidad experimental, con los que se calcularon los valores de 7 variables adicionales definidas para evaluar indirectamente el efecto de los tratamientos en la calidad del fruto. La covariable plantas por muestra fue reexpresada como distancia promedio entre plantas. Las variables cuyos valores procedían de razones y no estaban ubicados entre 0.3 y 0.7, fueron transformadas antes de ser sometidas al análisis: la transformación empleada fue $\arcsen \sqrt{x}$, y se aplicó a las variables PPCO, PFTO, y PFNO. El cuadro 5 muestra las variables agronómicas analizadas, la procedencia de sus valores y su nomenclatura.

Cuadro 5. Nomenclatura de las variables agronómicas y procedencia de sus valores.

	Código	Variable	Procedencia
Rendimiento	NUCO	Número de frutos comerciables por planta	Muestreo
	PECO	Peso de frutos comerciables por planta	Muestreo
	NUNO	Número de frutos no comerciables por planta	Muestreo
	PENO	Peso de frutos no comerciables por planta	Muestreo
	NMUE	Número de plantas por muestra	Muestreo
	DPLA	Distancia promedio entre plantas (floración)	Muestreo
	DHIL	Distancia promedio entre hileras	8 m÷NMUE
	NUTO	Número total de frutos por planta	NUCO+NUNO
Calidad	PETO	Peso total de frutos por planta	PECO+PENO
	PNCO	Proporción de número de frutos comerciables	NUCO÷(NUCO+NUNO)
	PPCO	Proporción de peso de frutos comerciables*	PECO÷(PECO+PENO)
	PFTO	Peso promedio del fruto (total de frutos)*	PETO÷NUTO
	PFCO	Peso promedio del fruto comerciable	PECO÷NUCO
	PFNO	Peso promedio del fruto no comerciable*	PENO÷NUNO

* Valores transformados ($\arcsen \sqrt{x}$)

Se realizó un análisis univariado de covarianza múltiple (ANCOVA), con tres criterios principales de clasificación (programas, dosis y bloques) y dos variables concomitantes (distancia promedio entre plantas y distancia promedio entre hileras). Para el efecto se

empleó el procedimiento "General Lineal Models" (GLM) del programa "Statistical Analysis System" (SAS/STAT) versión 6.04.

Se empleó el método de los cuadrados mínimos para ajustar el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha(\tau)_{j(i)} + \beta_k + \beta_1(X_{1ijk} - \bar{X}_1) + \beta_2(X_{2ijk} - \bar{X}_2) + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable dependiente (NUTO, NUCO, NUNO, PNCO, PETO, PECO, PENO, PPCO, PFTO, PFCO y PFNO) para el programa i , dosis j , bloque k

μ = Media del experimento

τ_i = Efecto del programa i

$\alpha(\tau)_{j(i)}$ = Efecto de la dosis j del programa i

β_k = Efecto del bloque k

$\beta_1(X_{1ijk} - \bar{X}_1)$ = Efecto de la covariable distancia promedio entre plantas (X_1)

$\beta_2(X_{2ijk} - \bar{X}_2)$ = Efecto de la covariable distancia promedio entre hileras (X_2)

ε_{ijk} = Efecto del error experimental para el programa i , dosis j , bloque k

Posteriormente se eliminó del modelo el término de la covariable distancia promedio entre hileras debido a su pobre nivel de significación para todas las variables del análisis ($P > 0.40$).

La homocedasticidad de la varianza del error se evaluó mediante gráficas de dispersión de los residuales ($Y_{ijk} - \hat{Y}_{ijk}$) en función de las variables independientes del análisis.

Las hipótesis probadas en el análisis de covarianza (En las que CM_{factor} es el cuadrado medio de $factor$, CME es el cuadrado medio del error residual y cte es una constante) fueron:

a) Sobre modelos:

$$H_0 : \sigma_{modelo}^2 = 0 \rightarrow F_0 = \frac{CM_{modelo+CME}}{CME} = 1$$

b) Sobre factores y tratamientos:

$$\text{Bloques: } H_0 : \sigma_{\text{bloques}}^2 = 0 \rightarrow F_0 = \frac{8.827CM_{\text{bloques}} + CME}{CME} = 1$$

$$\text{Tratamientos: } H_0 : \forall_{ij(i)} \tau_i + \alpha(\tau)_{j(i)} = 0$$

$$H_0 : Q_{\text{tratamientos}} = 0 \rightarrow F_0 = \frac{Q_{\text{tratamientos}} + CME}{CME} = 1$$

$$\text{Programas: } H_0 : \forall_i \tau_i = 0$$

$$H_0 : Q_{\text{programas}} = 0 \rightarrow F_0 = \frac{Q_{\text{programas}} + 2.965CM_{\text{dosis(programas)}} + CME}{(1+cte)CM_{\text{dosis(programas)}} - cteCME} = 1$$

$$\text{Dosis: } H_0 : \sigma_{\text{dosis(programas)}}^2 = 0 \rightarrow F_0 = \frac{2.874CM_{\text{dosis(programas)}} + CME}{CME} = 1$$

c) Sobre contrastes ortogonales de grupos de programas:

$$\text{Testigo vs. ácidos húmicos: } H_0 : \tau_1 = \frac{\tau_2 + \tau_3 + \tau_4}{3} = 0$$

$$\text{Ácidos húmicos: sin vs. con enraizador: } H_0 : \tau_2 = \frac{\tau_3 + \tau_4}{2} = 0$$

$$\text{Enraizador: sin vs. con fertilizante foliar: } H_0 : \tau_3 = \tau_4 = 0$$

d) Sobre covariables:

$$H_0 : Q_{\text{distancia entre plantas}} = 0 \rightarrow F_0 = \frac{Q_{\text{distancia entre plantas}} + CME}{CME} = 1$$

Se calcularon las sumas de cuadrados y cuadrados medios de tipo III, recomendadas por SAS Institute¹ (1989) para la construcción de pruebas de hipótesis en diseños no balanceados. Las razones F se calcularon según un modelo mixto de análisis de varianza, en el que los factores bloques y dosis(programa) se consideraron aleatorios. El término de error apropiado para cada prueba F fue determinado por medio del análisis de los componentes de varianza de los efectos en el modelo.

Se estimaron las diferencias entre las medias de los grupos de programas según el esquema planteado en las pruebas de hipótesis sobre contrastes ortogonales.

Para cada nivel de programa y tratamiento se calcularon las diferencias entre las medias ajustadas (predichas por el modelo lineal) de las variables para las que se rechazó la hipótesis nula de programas y tratamientos ($P \leq 0.25$) en el análisis de covarianza. Las significaciones de las diferencias entre las medias de programas fueron evaluadas empleando la prueba de Tukey-Kramer; debido al empleo de grados de libertad no enteros,

se emplearon interpolaciones armónicas para encontrar los valores críticos de q . Para las diferencias entre las medias de tratamientos se empleó la prueba de amplitud múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch.

Los términos de error empleados para las separaciones de medias fueron los sugeridos por el análisis de componentes de varianza para la construcción de las pruebas de hipótesis de programas y tratamientos en el análisis de covarianza.

Para cada programa y variable de respuesta se ajustaron modelos de regresión lineales, cuadráticos y cúbicos en función de la dosis. Los modelos fueron ajustados por el método de los cuadrados mínimos, empleando el procedimiento REG del programa "Statistical Analysis System" (SAS/STAT) versión 6.04.

Para el ajuste de los modelos no se emplearon los valores observados, si no los predichos por el modelo lineal empleado en el análisis de covarianza. El tratamiento testigo (P0/0) fue considerado como un nivel de dosis común para todos los programas.

La selección de modelos que explicaron mejor las relaciones funcionales entre las variables de respuesta y la dosis, se basó en los criterios listados a continuación:

- Gráficas de dispersión/regresión: se escogieron sólo modelos que puedan ser justificados agrónomicamente empleando la teoría de funciones de producción.
- Representatividad del modelo de regresión: se eliminaron modelos con un coeficiente de determinación (R^2) inferior a 0.25.
- Significación del modelo de regresión: se calcularon las razones F y sus respectivas probabilidades de ocurrencia para la hipótesis nula $H_0 : F_0 = 1$. Modelos con una $P(F \geq F_0) \leq 0.25$ fueron considerados como significativos. Las pruebas de hipótesis se construyeron empleando sumas de cuadrados secuenciales (tipo I).
- Significación de los parámetros de regresión: modelos con parámetros cuya $P(t \geq t_0) \leq 0.25; H_0 : t = 0$ fueron reducidos mediante la eliminación de los términos no significativos y los de orden superior.

Para los modelos polinomiales seleccionados se calcularon los valores de la dosis y la función ajustada en los puntos críticos (máximos y/o mínimos) igualando a cero la primera derivada de la función con respecto a la dosis.

3.3.2 Análisis de variables económicas

Las variables definidas para la evaluación económica de los tratamientos, la procedencia de sus valores y su nomenclatura se detallan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Nomenclatura de las variables económicas y procedencia de sus valores.

Código	Variable	Procedencia
INBR	Ingreso bruto (US\$/ha)	PECO×Precio de venta
COPR	Costo de producción (US\$/ha)	Presupuesto de costos
INNE	Ingreso neto (US\$/ha)	INBR-COPR
RECO	Rentabilidad del costo de producción (%)	100×INNE÷COPR
TRM	Tasa de retorno marginal (%)	100×ΔINNE÷ΔCOPR

Los valores de rendimiento comerciable observados en el ensayo (PECO) fueron ajustados al promedio de los rendimientos obtenidos por el Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana durante el período de enero a mayo y diciembre de 1996 (atribuibles a siembras de período seco) empleando la siguiente fórmula:

$$\text{PECO (ajustado)} = \text{PECO} \times \frac{\text{Rendimiento promedio del Departamento de Horticultura (1996)}}{\text{Rendimiento promedio del ensayo}}$$

Las estimaciones de los costos de producción se realizaron en dos etapas:

- Elaboración del presupuesto de costos comunes a todos los tratamientos (anexo 2).
- Elaboración de un presupuesto de costos diferenciales para cada valor de PECO, comprendido por los costos de aplicación de sustancias húmicas, cosecha, y almacenamiento y refrigeración de producto (anexo 3).

Los valores de COPR se calcularon sumando el total del presupuesto de costos diferenciales (para el valor correspondiente de PECO) y el total del presupuesto de costos comunes. Posteriormente, para cada valor de PECO se calcularon los valores de INBR, INNE y RECO empleando el promedio de los precios de transferencia registrados en el Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana durante el período de Enero a Mayo y Diciembre de 1996 (aplicables a siembras de período seco).

Se realizó un análisis de varianza univariado (ANDEVA) con dos criterios principales de clasificación (programas y dosis) empleando el procedimiento "General Linear Models" (GLM) del programa "Statistical Analysis System" (SAS/STAT) versión 6.04.

Se empleó el método de los cuadrados mínimos para ajustar el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha(\tau)_{j(i)} + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Valor de la variable dependiente (INBR, INNE, COPR y RECO) para el programa i y la dosis j

μ = Media del experimento

τ_i = Efecto del programa i

$\alpha(\tau)_{j(i)}$ = Efecto de la dosis j del programa i

ε_{ij} = Efecto del error experimental para el programa i y la dosis j

La homocedasticidad de la varianza del error se evaluó mediante gráficas de dispersión de los residuales ($Y_{ij} - \hat{Y}_{ij}$) en función de las variables independientes del análisis.

Las hipótesis probadas en el análisis de varianza fueron las siguientes:

a) Sobre modelos:

$$H_0 : F_0 = \frac{CM_{\text{modelo}} + CME}{CME} = 1$$

b) Sobre tratamientos y factores:

$$\text{Tratamientos: } H_0 : F_0 = \frac{3Q_{\text{tratamientos}} + CME}{CME} = 1$$

$$\text{Programas: } H_0 : F_0 = \frac{Q_{\text{programas}} + 3CM_{\text{dosis(programas)}} + CME}{CM_{\text{dosis(programas)}} + CME} = 1$$

$$\text{Dosis: } H_0 : F_0 = \frac{3CM_{\text{dosis(programas)}} + CME}{CME} = 1$$

300693

c) Sobre contrastes ortogonales de grupos de programas:

$$\text{Testigo vs. ácidos húmicos: } H_0 : \tau_1 = \frac{\tau_2 + \tau_3 + \tau_4}{3} = 0$$

$$\text{Acidos húmicos: sin vs. con enraizador: } H_0 : \tau_2 = \frac{\tau_3 + \tau_4}{2} = 0$$

$$\text{Enraizador: sin vs. con fertilizante foliar: } H_0 : \tau_3 = \tau_4 = 0$$

(En las que CM_{factor} es el cuadrado medio de *factor*, CME es el cuadrado medio del error residual y cte es una constante).

Para la construcción de pruebas de hipótesis se calcularon las sumas de cuadrados y cuadrados medios de tipo III recomendadas por SAS Institute¹ (1989) para pruebas de hipótesis en diseños no balanceados.

Se calcularon las diferencias entre las medias de los grupos de programas según el esquema planteado en las pruebas de hipótesis sobre contrastes ortogonales, y las diferencias entre las medias de programas y tratamientos de las variables para las que se rechazó la hipótesis nula de programas y tratamientos ($P \leq 0.25$) en el análisis de varianza. Las significaciones de las diferencias entre las medias de programas fueron evaluadas empleando la prueba de Tukey-Kramer. Para las diferencias entre las medias de tratamientos se empleó la prueba de F múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch.

3.4 ANALISIS ECONOMICO

3.4.1 Optimización de dosis mediante enfoque de funciones de respuesta.

Para cada programa y variable económica, se ajustaron modelos de regresión lineales, cuadráticos y cúbicos en función de la dosis. Los modelos fueron ajustados por el método de los cuadrados mínimos, empleando el procedimiento REG del programa "Statistical Analysis System" (SAS/STAT) versión 6.04.

La selección de modelos que explicaron mejor las relaciones funcionales entre las variables de respuesta económica y la dosis, se basó en los mismos criterios empleados en las funciones de regresión de variables agronómicas.

Para los modelos polinomiales seleccionados se calcularon los valores de la dosis y la función ajustada en los puntos críticos (máximos y/o mínimos) igualando a cero la primera derivada de la función con respecto a la dosis.

3.4.2 Análisis marginal comparativo

Se evaluó la conveniencia de la adopción de tratamientos con ingreso neto superior empleando la metodología de análisis marginal comparativo propuesta por el CIMMYT para la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. La evaluación se efectuó en dos etapas:

- Análisis de dominancia de los tratamientos.
- Análisis marginal de los tratamientos dominantes, en el que además de la tasa de retorno marginal se calcularon las variaciones porcentuales en ingreso bruto y neto, y en costo de producción y su rentabilidad.

Con el fin de evaluar el riesgo de adopción de las alternativas, se plantearon tres combinaciones de rendimiento y precio de venta (escenarios) basados en valores promedio de los rendimientos y precios de transferencia registrados en el Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana:

- 1) Escenario I (Optimista): promedio del 25% superior de los valores de rendimiento y precio registrados durante el período de Enero a Mayo y Diciembre de 1996 (atribuibles a siembras de período seco). Se calculó la probabilidad máxima de ocurrencia de valores iguales o mayores de precio, rendimiento e ingreso bruto empleando el teorema de Tchebysheff.
- 2) Escenario II (Esperado): promedio de los valores de rendimiento y precio registrados durante el período de enero a mayo y diciembre de 1996 (atribuibles a siembras de período seco).
- 3) Escenario III (Pesimista): promedio del 25% inferior de los valores de rendimiento y precio registrados durante el período de junio a noviembre de 1996 (atribuibles a siembras de período lluvioso). Se calculó la probabilidad máxima de ocurrencia de valores iguales o menores de precio, rendimiento e ingreso bruto empleando el teorema de Tchebysheff.

Suponiendo la inexistencia de un efecto significativo de la interacción entre los tratamientos y la época de siembra en el rendimiento comerciable, se ajustaron los valores de PECO al rendimiento de cada escenario empleando la siguiente fórmula:

$$\text{PECO (ajustado)} = \text{PECO} \times \frac{\text{Rendimiento del escenario}}{\text{Rendimiento promedio del ensayo}}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANALISIS ESTADISTICO

4.1.1 Efectos en las variables agronómicas

Los resultados del análisis de covarianza de las variables agronómicas se resumen en el cuadro 7.

Los modelos ajustados para las variables de rendimiento fueron representativos ($R^2 \geq 0.5$) y significativos ($P \leq 0.25$). Entre las variables relacionadas con la calidad del fruto, sólo PPCO y PFCO permitieron el ajuste satisfactorio de modelos, aunque el modelo para PNCO presentó una representatividad y nivel de significación muy cercanos a los requeridos por los criterios de aceptación mencionados. No se observó estructura determinada en la dispersión de los residuales de ninguno de los modelos (anexo 5).

Para todas las variables de rendimiento se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) entre los bloques, y no entre tratamientos (efecto combinado de programa y dosis). Para las variables de rendimiento total y comercial se encontraron diferencias significativas entre programas ($P \leq 0.25$), así como entre el testigo y el grupo de tratamientos aplicados con ácidos húmicos ($P \leq 0.25$), y entre el grupo tratado con ácidos húmicos + fertilizante enraizador y el que adicionalmente recibió aplicaciones de fertilizante foliar ($P \leq 0.25$). Se detectó diferencia significativa en PETO entre el grupo de tratamientos aplicado con ácidos húmicos y el que fue adicionalmente tratado con enraizador ($P \leq 0.25$). Se encontró una diferencia de significación similar ($P = 0.26$) para NUTO. En lo que respecta a rendimiento de cosecha no comerciable, se detectó un efecto de dosis en PENO ($P \leq 0.25$) y en NUNO (a un nivel de significación similar: $P = 0.27$).

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.1$) entre bloques para las variables PPCO, PFCO y PFNO. Para las variables PNCO, PPCO y PFCO se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.25$). No se pudieron evidenciar diferencias significativas entre programas ni entre sus agrupaciones en ninguno de los parámetros de calidad evaluados. Exceptuando PFNO, se encontró un efecto significativo de la dosis en todos los parámetros de calidad ($P \leq 0.25$).

Casi todas las variables fueron fuertemente afectadas por las variaciones en la distancia promedio entre plantas ($P \leq 0.1$), a excepción de PNCO, PFTO y PFNO.

Cuadro 7. Resultados del análisis de covarianza de variables agronómicas: niveles de significación y coeficientes de determinación.

FUENTE DE VARIACION	VARIABLE										
	NUTO	NUGO	NUNO	PETO	PECO	PENO	PNCO	PPCO	PFTO	PFCO	PFNG
Modelo	< 0.01**	0.05**	0.01**	0.01**	0.01**	0.02**	0.25	0.08**	0.40	0.06**	0.36
Bloques	0.03**	0.08**	0.06**	0.04**	0.02**	0.04**	0.41	0.02**	0.79	0.04**	0.05**
Tratamientos	0.67	0.65	0.36	0.76	0.58	0.36	0.21*	0.13*	0.30	0.11*	0.70
Programas	0.17*	0.17*	0.74	0.15*	0.21*	0.81	0.99	0.89	0.96	0.88	0.76
Testigo vs. ácidos húmicos	0.13*	0.15*	0.51	0.13*	0.19*	0.67	0.94	0.84	0.78	0.88	0.58
Con ácidos húmicos: sin vs. con enraizador	0.26	0.60	0.46	0.19*	0.38	0.43	0.85	0.78	0.68	0.47	0.60
Con enraizador: sin vs. con foliar	0.15*	0.09**	0.71	0.16*	0.13*	0.85	0.77	0.52	0.95	0.87	0.49
Dosis(programas)	0.82	0.78	0.27	0.86	0.69	0.25*	0.09**	0.06**	0.14*	0.05**	0.54
Covariable: distancia entre plantas	< 0.01**	< 0.01**	< 0.01**	< 0.01**	< 0.01**	0.04**	0.53	0.14*	0.39	0.05**	0.55
Coefficiente de determinación (R ²)	0.72	0.63	0.70	0.70	0.69	0.68	0.50	0.59	0.44	0.61	0.46

* Significativo a P≤0.25

** Significativo a P≤0.1

En general, el tipo de programa afectó el rendimiento comercial, mientras que la dosis de aplicación afectó la calidad de la cosecha. Cabe resaltar que los bloques y la distancia entre plantas tuvieron efectos de mayor importancia que los atribuidos a los tratamientos.

4.1.1.1 Comparaciones de programas y tratamientos. En todas las comparaciones de medias de grupos de programas (Cuadro 8), el sustraendo de la diferencia fue la media del grupo de programas más simples. Para todas las variables de rendimiento, las diferencias de medias de grupos de programas fueron negativas, exceptuando PENO para el contraste entre el grupo que recibió ácidos húmicos + fertilizante enraizador y el que adicionalmente fue tratado con fertilizante foliar. En este mismo contraste para la variable PNCO, y en el contraste para PFCO del tratamiento P1 contra el grupo de tratamientos que adicionalmente recibieron la aplicación de enraizador, se encontraron las únicas diferencias negativas en parámetros de calidad. En contraposición a los reportes encontrados en la literatura referentes a la aplicación de ácidos húmicos en otros cultivos, los resultados obtenidos muestran efectos detrimentales y poco significativos en el rendimiento. Por otro lado, no se evidenciaron mejoras significativas en la calidad que puedan atribuirse al empleo de diferentes programas.

Cuadro 8. Comparación de grupos de programas para variables agronómicas: diferencias de medias y niveles de significación.

Variable	Unidades	Contraste		
		Con Suelosol	Con Brazotex 70+	Con Brazotex 60+
		- Testigo	- Sin Brazotex 70+	- Sin Brazotex 60+
NUCO	u/ha	-54 642*	-25 380	-38 706*
NUCO	u/ha	-29 883*	-6 540	-28 024**
NUNO	u/ha	-24 759	-18 839	-10 682
PETO	kg/ha	-10 973*	-6 215*	-7 690*
PECO	kg/ha	-9 067*	-3 802	-8 334*
PENO	kg/ha	-1 906	-2 413	643
PNCO	%	0.35%	0.63%	-1.13%
PFCO	%	0.01%	0.01%	0.05%
PFTO	kg/u	< 0.001	< 0.001	< 0.001
PFCO	kg/u	0.002	-0.006	0.006
PFNO	kg/u	< 0.001	< 0.001	< 0.001

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Las separaciones de medias de programas para las variables de rendimiento total y comerciable se detallan en los cuadros 9, 10, 11 y 12. A excepción de la variable PETO (para la cual se detectó diferencia significativa entre los programas 1 y 3 a $P \leq 0.25$), para todas las variables de rendimiento total y comercial se encontraron diferencias significativas sólo entre el testigo y el programa 3 ($P \leq 0.25$). En general, programas más complicados (con un mayor número de productos aplicados) tuvieron efectos detrimentales en el rendimiento total y comercial en comparación a programas más simples.

Cuadro 9. Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable número de frutos (NUTO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en unidades por hectárea.

Programa		P0	P1	P2
	Media	549 096	511 374	505 347
P3	466 641	82 455*	44 733	38 706
P2	505 347	43 749	6 027	
P1	511 374	37 722		

Cuadro 10. Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable número de frutos comerciables (NUCO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en unidades por hectárea.

Programa		P0	P1	P2
	Media	299 043	273 521	280 992
P3	252 968	46 075*	20 552	28 024
P2	280 992	18 051	-7 471	
P1	273 521	25 522		

Cuadro 11. Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable peso total de frutos (PETO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en kilogramos por hectárea.

Programa		P0	P1	P2
	Media	119 548	112 718	110 349
P3	102 659	16 890*	10 060*	7 690
P2	110 349	9 199	2 369	
P1	112 718	6 830		

* Significativo a $P \leq 0.25$

Cuadro 12. Análisis de separación de medias ajustadas de programas para la variable peso de frutos comerciables (PECO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer). Valores en kilogramos por hectárea.

Programa		P0	P1	P2
	Media	93 828	87 295	87 660
P3	79 327	14 501*	7 969	8 334
P2	87 660	6 167	-365	
P1	87 295	6 532		

* Significativo a $P \leq 0.25$

Las separaciones de medias de tratamientos para las variables PNCO, PPCO y PFCO se detallan en los cuadros 13, 14 y 15 respectivamente. El valor de PNCO para el tratamiento P3/0.5 fue significativamente mayor a los observadas en los tratamientos P1/1 y P3/1 ($P \leq 0.25$). Para los tratamientos P1/1.5 y P2/0.5 el valor de PPCO fue significativamente superior a las de los tratamientos P1/1 y P3/1 ($P \leq 0.25$ empleando valores transformados). Los valores de PFCO para los tratamientos P2/1.5 y P3/1.5 fueron significativamente superiores al del tratamiento P2/0.5 ($P \leq 0.25$).

4.1.1.2 Efecto de la dosis. En los cuadros 16, 17 y 18 se resumen las principales características de los modelos de regresión ajustados para dosis, de todas las variables agronómicas (valores esperados según el modelo ajustado en el análisis de covarianza) y programas evaluados. Se detectaron relaciones cuadráticas representativas ($R^2 \geq 0.25$) y significativas ($P \leq 0.25$) para las siguientes variables en función de dosis:

- PPCO (valor transformado) para el programa 1 (figura 3). Dosis inferiores y superiores a 0.69 incrementan el valor esperado de la proporción de peso de frutos comerciables.
- PFTO (valor transformado) para el programa 2 (figura 4). Dosis inferiores y superiores a 0.47, incrementan el valor esperado del peso promedio del fruto.
- PFCO para los programas 1,2 y 3 (figuras 5, 6 y 7). Para el programa 1, el valor esperado del peso promedio del fruto comerciable decrece con dosis inferiores y superiores a 0.8, mientras que para los programas 2 y 3 aumenta a dosis diferentes a 0.51.
- PFNO (valor transformado) para el programa 1 (figura 8). Dosis inferiores y superiores a 0.65 reducen el valor esperado del peso del fruto no comerciable.

Cuadro 13. Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable proporción de número de frutos comerciables (PNCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ).

Tratamiento		P3/0.5	P2/0.5	P1/0.5	P1/1.5	P3/1.5	P2/1.5	P0/0	P2/1	P1/1
	Media	0.598	0.585	0.585	0.572	0.563	0.55	0.546	0.537	0.478
P3/1	0.477	0.120*	0.107	0.107	0.095	0.085	0.073	0.069	0.059	0.001
P1/1	0.478	0.119*	0.106	0.106	0.094	0.084	0.072	0.067	0.058	
P2/1	0.537	0.061	0.048	0.048	0.036	0.026	0.014	0.009		
P0/0	0.546	0.052	0.039	0.039	0.026	0.017	0.004			
P2/1.5	0.550	0.047	0.034	0.034	0.022	0.012				
P3/1.5	0.563	0.035	0.022	0.020	0.010					
P1/1.5	0.572	0.025	0.012	0.012						
P1/0.5	0.585	0.013	< 0.001							
P2/0.5	0.585	0.013								

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Cuadro 14. Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable proporción de peso de frutos comerciables (PPCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ).

Tratamiento		P1/1.5	P2/0.5	P3/0.5	P3/1.5	P0/0	P2/1.5	P1/0.5	P2/1	P1/1
	Media	0.822	0.813	0.801	0.797	0.791	0.790	0.781	0.780	0.729
P3/1	0.727	0.095*	0.086*	0.074	0.070	0.063	0.063	0.054	0.053	0.002
P1/1	0.729	0.093*	0.084*	0.072	0.068	0.062	0.061	0.052	0.051	
P2/1	0.780	0.042	0.033	0.021	0.017	0.011	0.010	< 0.001		
P1/0.5	0.781	0.041	0.032	0.021	0.016	0.010	0.009			
P2/1.5	0.790	0.032	0.023	0.011	0.007	< 0.001				
P0/0	0.791	0.031	0.023	0.011	0.007					
P3/1.5	0.797	0.025	0.016	0.004						
P3/0.5	0.801	0.021	0.012							
P2/0.5	0.813	0.009								

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Cuadro 15. Análisis de separación de medias ajustadas de tratamientos para la variable peso promedio del fruto comerciable (PFCO): diferencias y su nivel de significación (método REGWQ). Valores en kg.

Tratamiento		P3/1.5	P2/1.5	P1/0.5	P1/1	P1/1.5	P2/1	P0/0	P3/1	P3/0.5
	Media	0.329	0.324	0.321	0.319	0.316	0.314	0.313	0.306	0.304
P2/0.5	0.298	0.032**	0.026*	0.023	0.021	0.018	0.016	0.015	0.008	0.007
P3/0.5	0.304	0.025	0.019	0.017	0.015	0.011	0.009	0.008	0.002	
P3/1	0.306	0.023	0.018	0.015	0.013	0.010	0.007	0.007		
P0/0	0.313	0.017	0.011	0.008	0.006	0.003	< 0.001			
P2/1	0.314	0.016	0.010	0.008	0.005	0.002				
P1/1.5	0.316	0.014	0.008	0.005	0.003					
P1/1	0.319	0.010	0.005	0.002						
P1/0.5	0.321	0.008	0.003							
P2/1.5	0.324	0.005								

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Cuadro 16. Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 1 (P1): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación.

Variable	Unidades	Modelo Lineal				Modelo Cuadrático				
		b_0	b_1	R^2	$P(F \geq F_0)$	b_0	b_1	b_2	R^2	$P(F \geq F_0)$
NUTO	u/planta	21.07**	-0.74	0.01	0.75	20.10**	5.05	-3.86	0.07	0.73
NUCO	u/planta	11.43**	-0.54	0.04	0.55	11.27**	0.40	-0.63	0.05	0.80
NUNO	u/planta	9.64**	-0.19	< 0.01	0.90	8.84**	4.65	-3.23	0.10	0.62
PETO	kg/planta	4.68**	-0.24	0.03	0.61	4.43**	1.25	-0.99	0.12	0.58
PECO	kg/planta	3.61**	-0.16	0.02	0.63	3.51**	0.46	-0.41	0.06	0.77
PENO	kg/planta	1.07**	-0.09	0.02	0.63	0.93**	0.79*	-0.58*	0.26	0.27
PNCO	proporción	0.55**	< 0.01	< 0.01	0.84	0.56**	-0.08	0.05	0.09	0.65
PPCO	proporción	1.07**	0.01	0.03	0.57	1.10**	-0.15**	0.11**	0.51	0.04**
PFTO	kg/u	0.49**	< 0.01	0.04	0.54	0.49**	0.03	-0.02	0.17	0.44
PFCO	kg/u	0.31**	< 0.01	0.02	0.67	0.31**	0.03**	-0.02**	0.33	0.17*
PFNO	kg/u	0.35**	-0.01	0.09	0.34	0.33**	0.09**	-0.07**	0.51	0.04**

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Cuadro 17. Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 2 (P2): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación.

Variable	Unidades	Modelo Lineal				Modelo Cuadrático				
		b_0	b_1	R^2	$P(F \geq F_0)$	b_0	b_1	b_2	R^2	$P(F \geq F_0)$
NUTO	u/planta	21.58**	-0.97	0.04	0.51	21.17**	1.50	-1.65	0.07	0.72
NUCO	u/planta	12.04**	-0.67	0.07	0.39	11.70**	1.35	-1.35	0.13	0.53
NUNO	u/planta	9.55**	-0.30	0.01	0.71	9.47**	0.15	-0.30	0.02	0.92
PETO	kg/planta	4.63**	-0.10	0.01	0.75	4.61**	0.02	-0.08	0.01	0.95
PECO	kg/planta	3.67**	-0.09	0.01	0.74	3.63**	0.15	-0.16	0.02	0.92
PENO	kg/planta	0.96**	-0.01	< 0.01	0.89	0.98**	-0.13	0.08	0.02	0.93
PNCO	proporción	0.56**	< 0.01	0.02	0.67	0.55**	0.04	-0.03	0.11	0.59
PPCO	proporción	1.10**	< 0.01	0.01	0.74	1.10**	0.03	-0.02	0.04	0.82
PFTO	kg/u	0.48**	< 0.01**	0.41	0.02**	0.48**	-0.01*	0.02**	0.67	< 0.01**
PFCO	kg/u	0.30**	0.01**	0.28	0.08**	0.31**	-0.02*	0.02**	0.53	0.03**
PFNO	kg/u	0.32**	< 0.01	0.06	0.46	0.32**	-0.01	0.01	0.09	0.65

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Cuadro 18. Modelos de regresión de variables agronómicas para dosis del programa 3 (P3): coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación.

Variable	Unidades	Modelo Lineal				Modelo Cuadrático				
		b_0	b_1	R^2	$P(F > F_0)$	b_0	b_1	b_2	R^2	$P(F > F_0)$
NUTO	u/planta	20.05**	-0.31	< 0.01	0.85	20.42**	-2.53	1.48	0.02	0.92
NUCO	u/planta	11.02**	-0.36	0.02	0.63	11.46**	-3.01	1.76	0.14	0.50
NUNO	u/planta	9.02**	0.04	< 0.01	0.97	8.95**	0.47	-0.28	< 0.01	0.99
PETO	kg/planta	4.33**	0.02	< 0.01	0.96	4.51**	-1.02	0.69	0.09	0.66
PECO	kg/planta	3.37**	0.01	< 0.01	0.96	3.57**	-1.19*	0.80*	0.18	0.41
PENO	kg/planta	0.97**	< 0.01	< 0.01	0.96	0.94**	0.17	-0.11	0.02	0.92
PNCO	proporción	0.55**	-0.01	0.02	0.68	0.56**	-0.05	0.03	0.05	0.81
PPCO	proporción	1.09**	< 0.01	< 0.01	0.81	1.10**	-0.09	0.06	0.14	0.51
PFTO	kg/u	0.48**	< 0.01	0.06	0.43	0.49**	-0.03	0.02*	0.22	0.32
PFCO	kg/u	0.30**	0.01**	0.40	0.03**	0.31**	-0.03**	0.03**	0.75	< 0.01**
PFNO	kg/u	0.33**	< 0.01	0.01	0.75	0.33**	0.02	-0.01	0.04	0.82

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

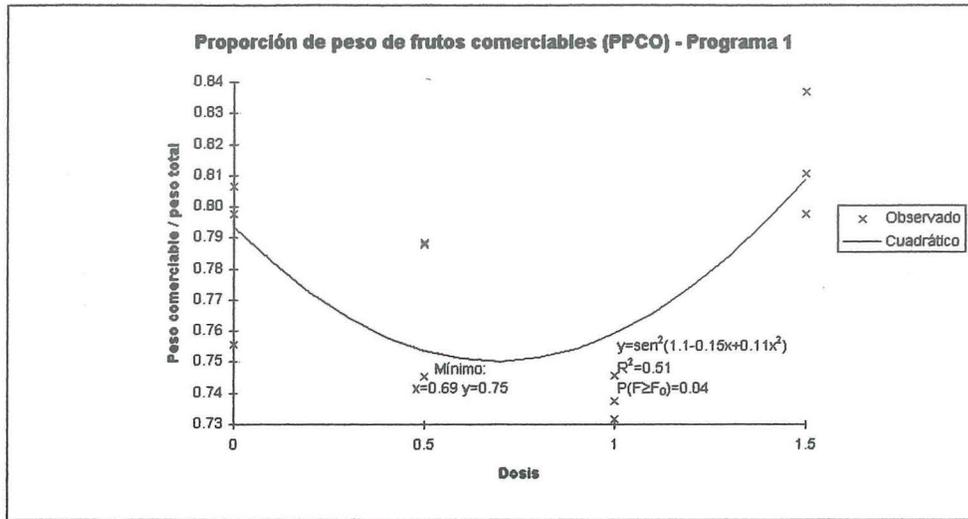


Figura 3. Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrática) de PFCO en función de dosis para el programa 1 (P1).

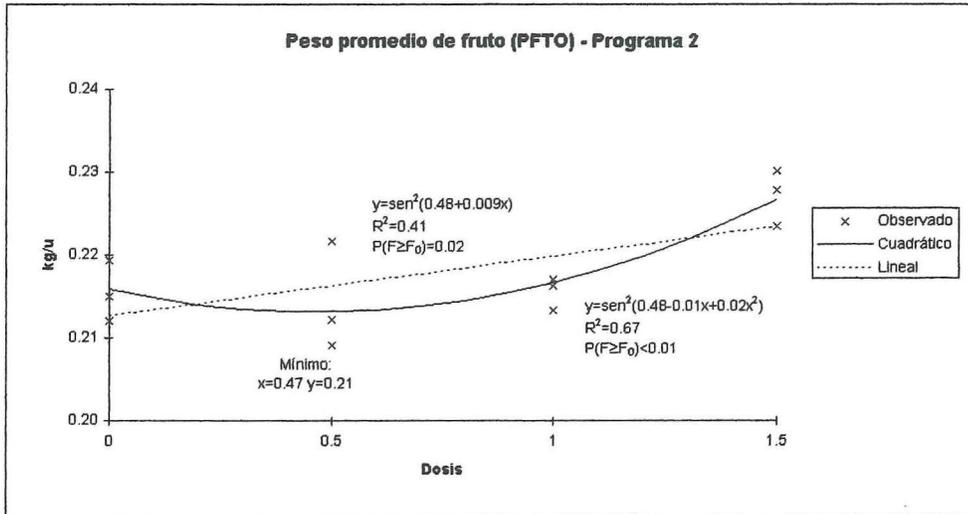


Figura 4. Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrática y lineal) de PFTO en función de dosis para el programa 2 (P2).

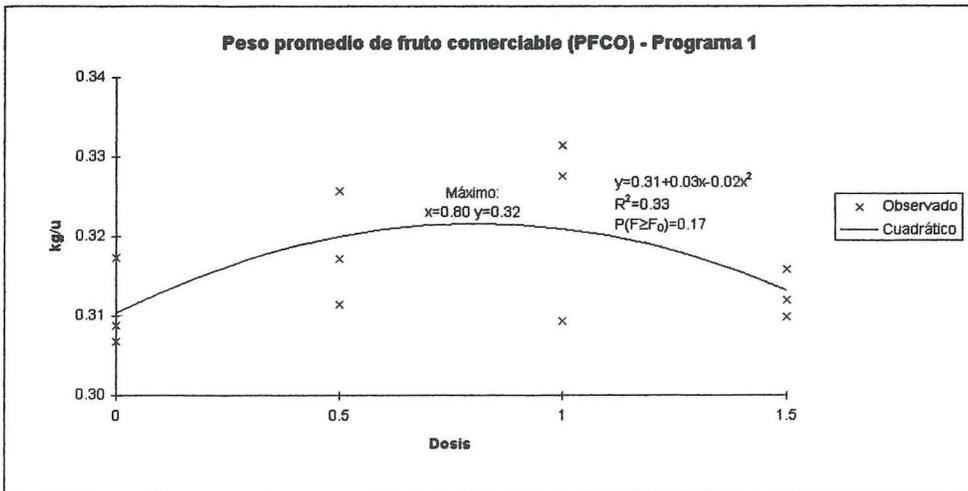


Figura 5. Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrática) de PFCO en función de dosis para el programa 1 (P1).

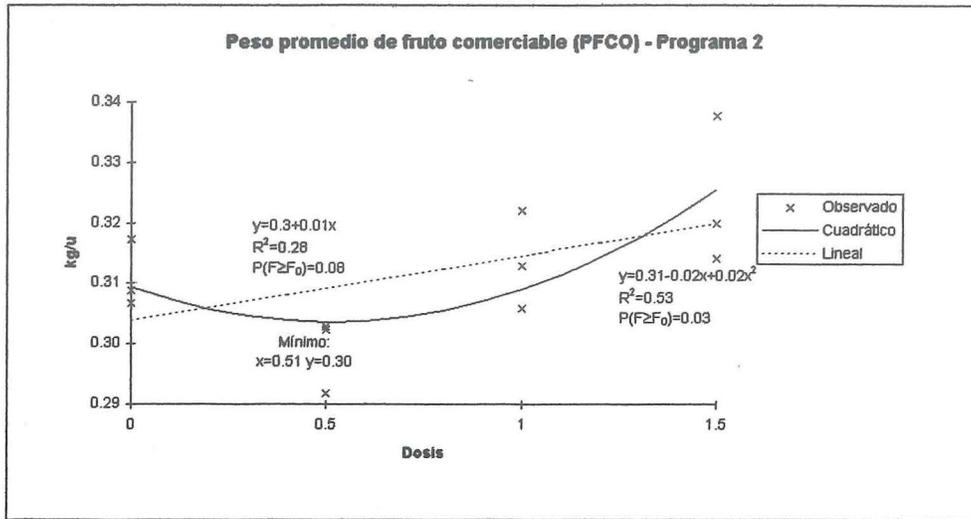


Figura 6. Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrático y lineal) de PFCO en función de dosis para el programa 2 (P2).

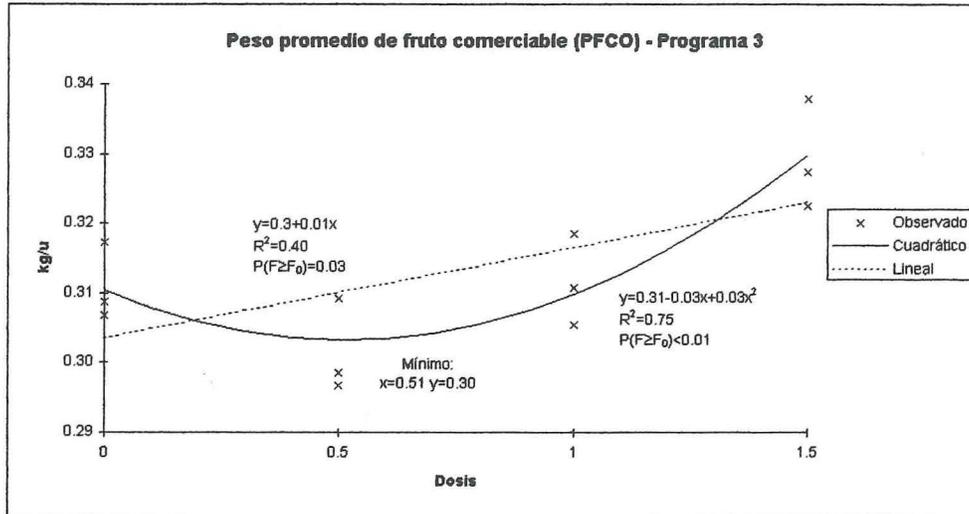


Figura 7. Valores observados y esperados (según modelos de regresión cuadrático y lineal) de PFCO en función de dosis para el programa 3 (P3).

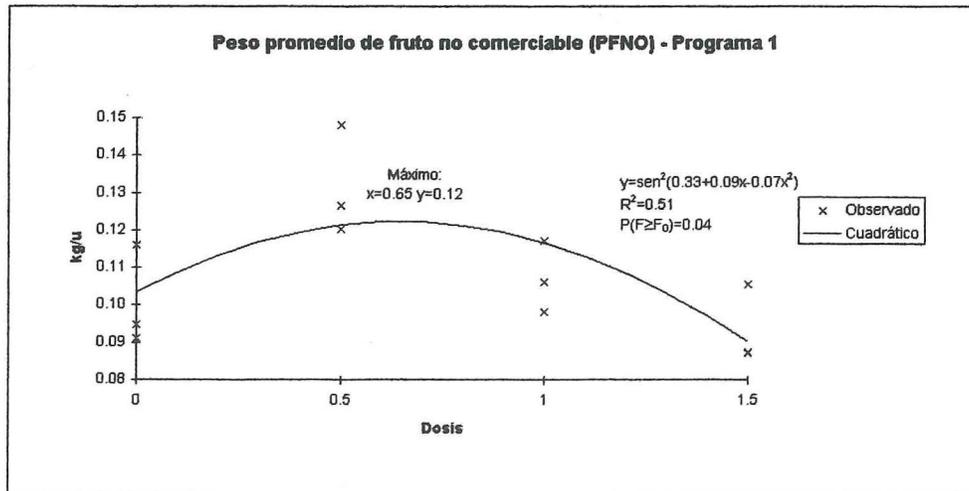


Figura 8. Valores observados y esperados (según modelo de regresión cuadrático) de PFNO en función de dosis para el programa 1 (P1).

Cuadro 19. Resultados del análisis de varianza de variables económicas: niveles de significación y coeficientes de determinación.

FUENTE DE VARIACION	VARIABLE			
	INBR	COPR	INNE	RECO
Modelo	0.817	0.027**	0.545	0.406
Tratamientos	0.817	0.027**	0.545	0.406
Programas	0.579	0.575	0.304	0.228*
Testigo vs. ácidos húmicos	0.577	0.24*	0.149*	0.094**
Con ácidos húmicos: sin vs. con enraizador	0.999	0.638	0.732	0.727
Con enraizador: sin vs. con foliar	0.229*	0.657	0.244*	0.245*
Dosis(programas)	0.717	0.027**	0.605	0.553
Coefficiente de determinación (R ²)	0.200	0.557	0.288	0.331

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

4.1.2.1 Comparaciones de programas y tratamientos. En todas las comparaciones de medias de grupos (cuadro 20), el sustraendo de la diferencia fue la media del grupo de programas más simples. Para todas las variables económicas las diferencias de medias de grupos de programas fueron negativas, a excepción de COPR para los contrastes testigo vs. tratamientos aplicados con ácidos húmicos, y tratamiento aplicado sólo con ácidos húmicos vs. tratamientos que adicionalmente recibieron fertilizante enraizador.

Cuadro 20. Comparación de grupos de programas para variables económicas: diferencias de medias y niveles de significación.

Variable	Unidades	Contraste		
		Con Suelosol	Con Brazotex 70+	Con Brazotex 60+
			- Sin Brazotex 70+	- Sin Brazotex 60+
		- Testigo		
INBR	US\$/ha	-365.35	-0.52	-643.02*
COPR	US\$/ha	479.76**	122.03	-132.83
INNE	US\$/ha	-845.11*	-122.55	-510.19*
RECO	%	-15.1%*	-1.9%	-7.6%*

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

Para la variable RECO se detectó diferencia significativa ($P \leq 0.25$) entre el testigo y el programa 3 (cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de separación de medias de programas para la variable rentabilidad de costo de producción (RECO): diferencias y su nivel de significación (método de Tukey-Kramer).

Programa		P0	P1	P2
	Media	25.5%	11.7%	13.6%
P3	6.0%	19.5%*	5.7%	7.6%
P2	13.6%	12.0%	-1.9%	
P1	11.7%	13.9%		

* Significativo a $P \leq 0.25$

En el cuadro 22 se detallan los resultados del análisis de separación de medias de tratamientos para la variable COPR. En general, los tratamientos discriminados en grupos homogéneos por COPR fueron de dosis similares.

Cuadro 22. Análisis de separación de medias de tratamientos para la variable costo de producción (COPR). Tratamientos con la misma letra no fueron diferentes al nivel de significación indicado (método REGWF). Valores en US\$/ha.

Tratamiento	Media	Agrupación REGWF			
		P≤0.25		P≤0.1	
P3/1.5	7 035	a		a	
P2/1.5	6 964	a	b	a	b
P1/1	6 776	a	b	a	b
P2/1	6 706	a	b	a	b
P1/1.5	6 610	a	b	a	b
P3/1	6 602	a	b	a	b
P2/0.5	6 475	a	b	a	b
P1/0.5	6 194		b	a	b
P0/0	6 128				b
P3/0.5	6 109				c

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.2.1 Funciones de respuesta económica: bondad de ajuste, forma y puntos críticos.

En el cuadro 23 se resumen las principales características de los modelos de regresión para dosis de todas las variables económicas y programas evaluados.

Se detectaron relaciones lineales (tasas promedio de cambio) significativas ($P \leq 0.25$) entre la dosis y las variables COPR, INNE y RECO en todos los programas. Sólo las funciones ajustadas para COPR y RECO en todos los programas, y para INNE en el programa 3, fueron representativas ($R^2 \geq 0.25$). Al incrementar la dosis en cualquiera de los programas, el valor esperado de INBR se mantiene, el de COPR aumenta (en promedio), y por consiguiente los de INNE y RECO disminuyen (figura 9).

Para el programa 3, se detectaron relaciones cuadráticas representativas ($R^2 \geq 0.25$) y significativas ($P \leq 0.25$) entre la dosis y las variables INNE y RECO (figura 10). Las dosis requeridas para minimizar los valores esperados de INNE y RECO, son de 0.995 y 1.019 respectivamente. En general, a medida que la dosis se aproxima al valor recomendado por el formulador para el cultivo de tomate, el retorno económico esperado por unidad de área y costo disminuye.

Cuadro 23. Modelos de regresión de variables económicas para dosis: coeficientes de regresión, representatividad y nivel de significación.

Programa	Variable	Modelo Lineal				Modelo Cuadrático				
		b_0	b_1	R^2	$P(F > F_0)$	b_0	b_1	b_2	R^2	$P(F > F_0)$
P1	INBR	7675.12**	-338.25	0.02	0.63	7456.04**	976.24	-876.33	0.06	0.77
	COPR	6122.73**	405.48**	0.34	0.05**	6064.75**	753.35	-231.91	0.36	0.13*
	INNE	1552.39**	-743.74*	0.18	0.16*	1391.29**	222.89	-644.42	0.21	0.34
	RECO	0.25**	-0.13**	0.26	0.09**	0.23**	-0.02	-0.07	0.28	0.23*
P2	INBR	7805.81**	-191.52	0.01	0.74	7721.87**	312.15	-335.78	0.02	0.92
	COPR	6157.32**	547.82**	0.57	< 0.01**	6135.10**	681.11	-88.86	0.57	0.02**
	INNE	1648.49**	-739.34*	0.24	0.11*	1586.76**	-368.96	-246.92	0.24	0.29
	RECO	0.26**	-0.13**	0.34	0.05**	0.26**	-0.09	-0.03	0.34	0.16*
P3	INBR	7159.28**	27.51	< 0.01	0.96	7586.99**	-2538.75*	1710.84*	0.18	0.41
	COPR	5986.22**	643.11**	0.65	< 0.01**	6099.41**	-36.01	452.75*	0.71	< 0.01**
	INNE	1173.06**	-615.61*	0.18	0.17*	1487.58**	-2502.74*	1258.09*	0.33	0.17*
	RECO	0.19**	-0.11*	0.24	0.11*	0.24**	-0.42**	0.21*	0.40	0.1**

* Significativo a $P \leq 0.25$

** Significativo a $P \leq 0.1$

COPR, INNE y RECO en función de dosis

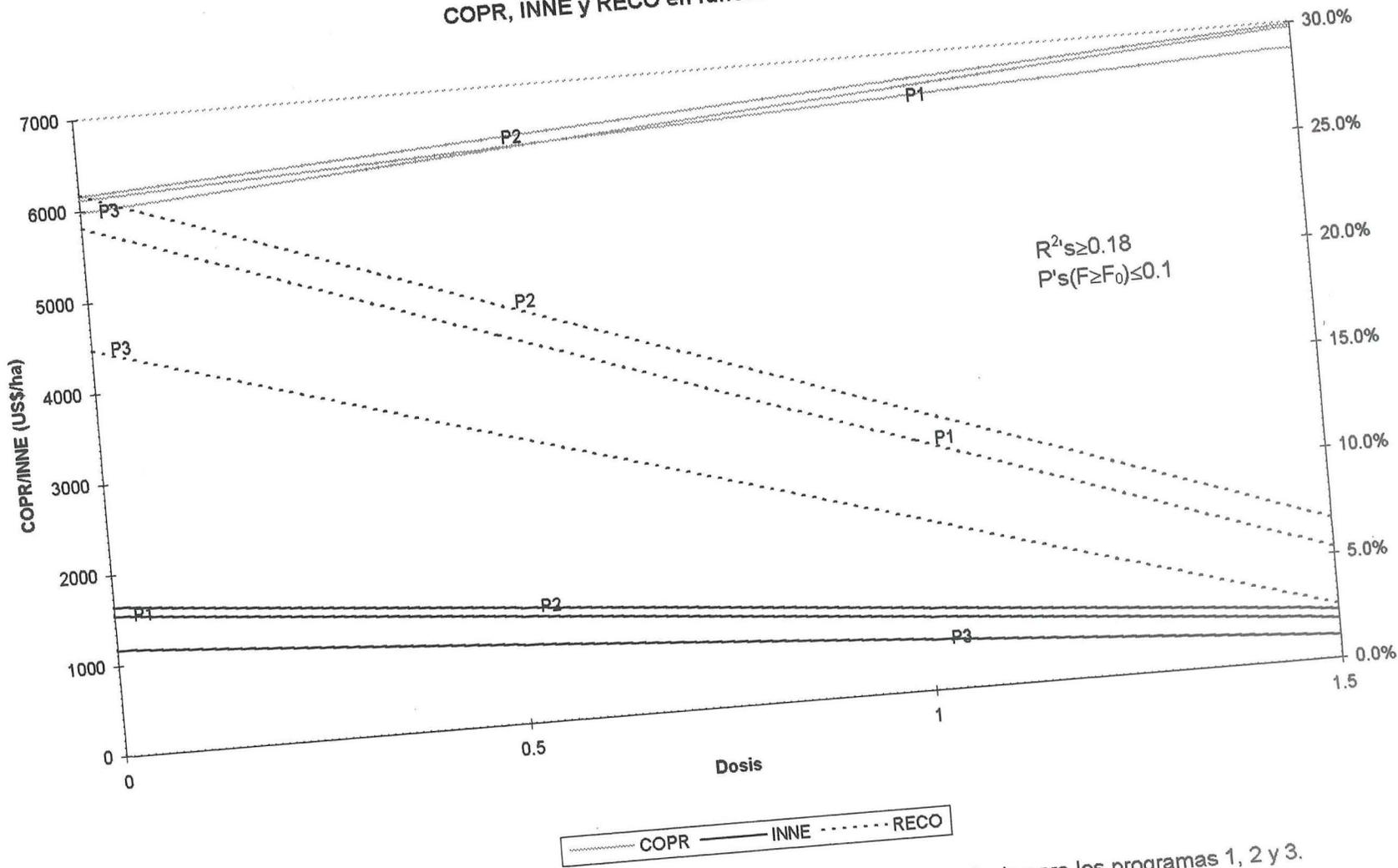


Figura 9. Ajuste de funciones de respuesta: COPR, INNE y RECO en función de dosis para los programas 1, 2 y 3.

INNE y RECO en función de dosis - Programa 3

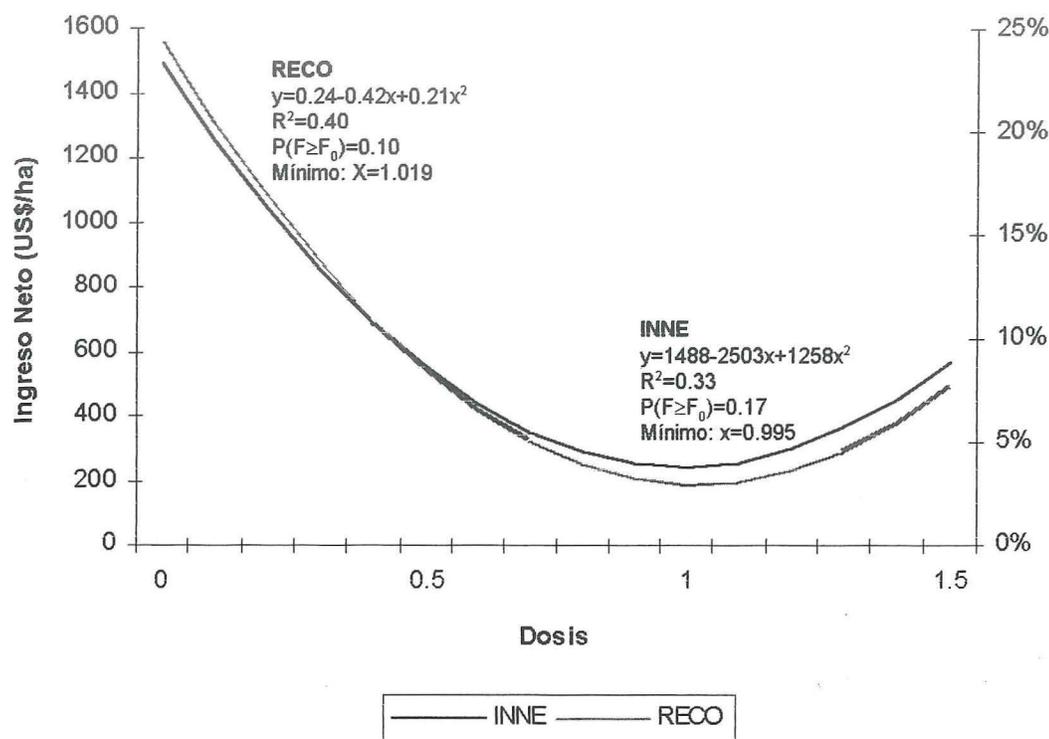


Figura 10. Ajuste de funciones de respuesta: INNE y RECO en función de dosis (programa 3).

4.2.2 Análisis marginal comparativo

Para los escenarios de rendimiento, precio de venta e ingreso bruto planteados en el análisis económico (cuadro 24) la probabilidad de ocurrencia de situaciones pesimistas es superior a la de situaciones optimistas.

Cuadro 24. Escenarios en el análisis económico: promedios de rendimiento, precio e ingreso bruto esperados y probabilidad máxima de ocurrencia de valores iguales o extremos (mayores para el escenario I y menores para el escenario III).

Escenario	Rendimiento		Precio		Ingreso Bruto	
	kg/ha	P	US\$/kg	P	US\$/ha	P
I - Optimista	75 115	0.338	0.248	0.248	18 629	0.084
II - Esperado	47 747	-	0.154	-	7 353	-
III - Pesimista	7 978	0.418	0.090	0.433	718	0.181

4.2.2.1 Dominancia. Los resultados económicos de los tratamientos para los tres escenarios planteados se detallan en los cuadros 25, 26 y 27.

- Para el escenario I (optimista), los tratamientos dominantes en orden ascendente de costo de producción son: P3/0.5, P1/0.5, P0/0 (testigo), P2/0.5 y P2/1 (figura 11).
- Para el escenario II (esperado), sólo se encontraron dos tratamientos dominantes: P3/0.5, y P0/0 (figura 12).
- Todos los tratamientos del escenario III (pesimista), tuvieron ingresos netos negativos (Figura 13).

4.2.2.2 Evaluación. En el cuadro 28 se detallan los incrementos porcentuales en INBR, COPR, e INNE, así como el incremento absoluto en RECO y el valor de TRM para la adopción de tratamientos dominantes de ingreso neto superior en el escenario I (optimista). Asumiendo la inexistencia de una interacción significativa entre los tratamientos y la época de siembra, se pueden aplicar las conclusiones obtenidas del análisis estadístico (realizado para el escenario II) a este escenario.

En el escenario II (esperado), el paso del tratamiento P3/0.5 al tratamiento P0/0 exige un incremento de 0.31% en COPR, y resulta en un incremento de 19.84% en INBR, 402.24% en INNE, y 0.2046 en RECO, y una TRM de 6605.26%.

A excepción del cambio del tratamiento P0/0 (testigo) al tratamiento P2/0.5 en el primer escenario, la TRM para todas las alternativas en los escenarios I y II supera el 30%, que es más del doble de los rendimientos máximos de inversiones de alto riesgo en productos financieros (en dólares) para el año de 1998³.

A pesar de que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en los parámetros de rendimiento económico ($P \leq 0.25$), los resultados de las pruebas de hipótesis sobre contrastes de grupos de programas sugieren la existencia de efectos detrimentales de los ácidos húmicos en INNE y RECO, y del fertilizante foliar en INBR, INNE y RECO; por otra parte, el análisis de regresión sugiere la existencia de un efecto detrimental de la dosis en INNE y RECO. Por consiguiente, existe respaldo presumible para los resultados del análisis marginal del escenario II (cambio de P3/0.5 a P0/0) y parte de los resultados del escenario I (cambio de P3/0.5 a P1/0.5, de cualquiera de éstos dos a P0/0, y del primero a P2/0.5 y P1/1).

Los valores más altos de TRM del análisis, se encontraron al pasar de los tratamientos P3/0.5 y P1/0.5 al tratamiento P0/0 (testigo), el mismo que presentó el valor de RECO más alto en los tres escenarios.

³ Avedillo, M. 1998. Comunicación personal.

Cuadro 25. Resultados económicos en el escenario I (optimista): promedios de tratamientos para INBR, COPR INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción.

Tratamiento		INBR	COPR	INNE	RECO	
Programa	Dosis	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(%)	
P3	0.5	16252	7083	9170	129.47%	*
P1	0.5	17738	7257	10481	144.44%	*
P0	0	19478	7295	12183	166.99%	*
P1	1.5	16983	7627	9356	122.66%	
P2	0.5	19931	7669	12262	159.89%	*
P3	1	17930	7677	10254	133.57%	
P2	1	19283	7862	11421	145.28%	
P1	1	20942	8031	12911	160.76%	*
P2	1.5	18886	8096	10790	133.29%	
P3	1.5	19035	8176	10859	132.81%	

* Tratamiento Dominante

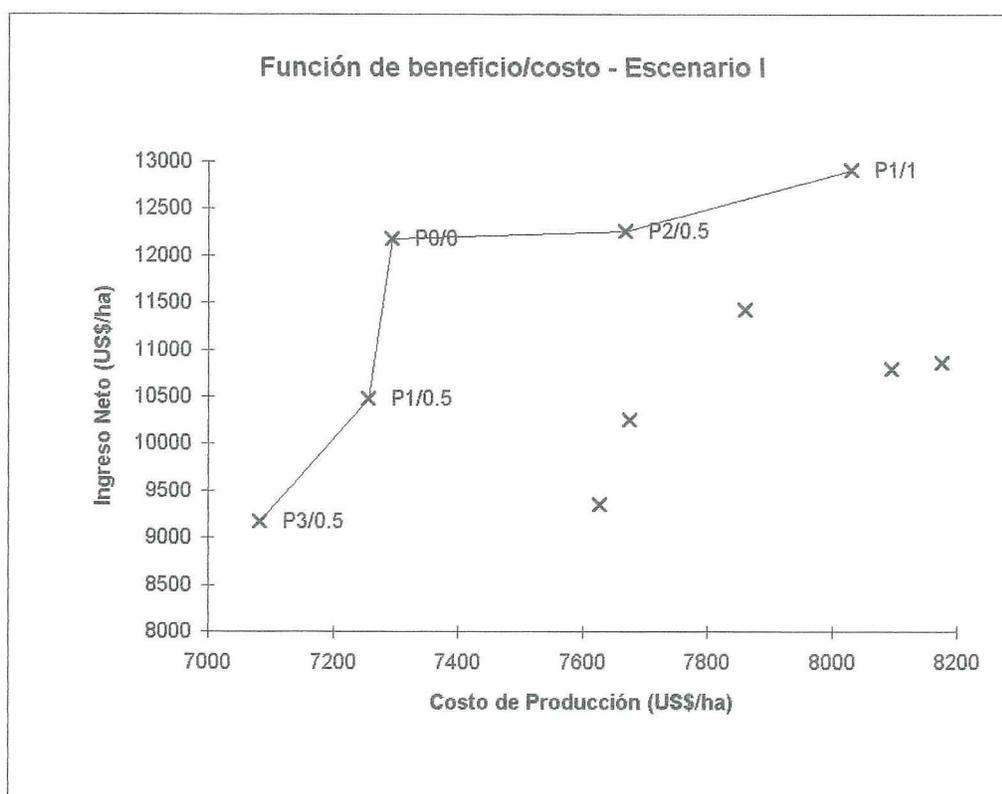


Figura 11. Análisis de dominancia del escenario I (optimista): función de beneficio/costo

Cuadro 26. Resultados económicos en el escenario II (esperado): promedios de tratamientos para INBR, COPR INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción.

Tratamiento		INBR	COPR	INNE	RECO
Programa	Dosis	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(%)
P3	0.5	6421	6109	312	5.11%
P0	0	7695	6128	1567	25.57%
P1	0.5	7008	6194	814	13.14%
P2	0.5	7874	6475	1399	21.61%
P3	1	7084	6602	482	7.29%
P1	1.5	6710	6610	100	1.51%
P2	1	7618	6706	912	13.60%
P1	1	8273	6776	1497	22.10%
P2	1.5	7461	6964	497	7.14%
P3	1.5	7520	7035	485	6.89%

* Tratamiento Dominante

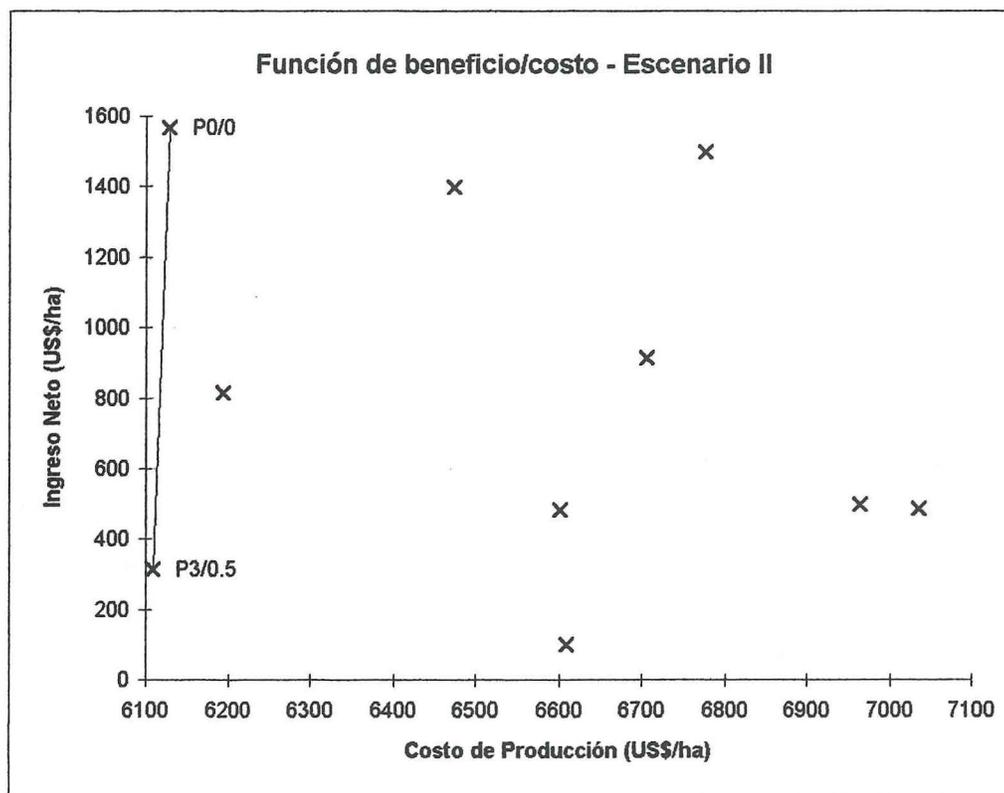


Figura 12. Análisis de dominancia del escenario II (esperado): función de beneficio/costo

Cuadro 27. Resultados económicos en el escenario III (pesimista): promedios de tratamientos para INBR, COPR INNE y RECO en orden ascendente de costo de producción.

Tratamiento		INBR	COPR	INNE	RECO
Programa	Dosis	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(US\$/ha)	(%)
P0	0	747	4432	-3684	-83.13%
P1	0.5	681	4649	-3968	-85.36%
P3	0.5	624	4693	-4070	-86.71%
P2	0.5	765	4739	-3974	-83.86%
P1	1	804	4952	-4149	-83.77%
P2	1	740	5027	-4287	-85.28%
P3	1	688	5041	-4353	-86.35%
P1	1.5	652	5131	-4479	-87.30%
P2	1.5	725	5319	-4595	-86.38%
P3	1.5	730	5378	-4647	-86.42%

* Tratamiento Dominante

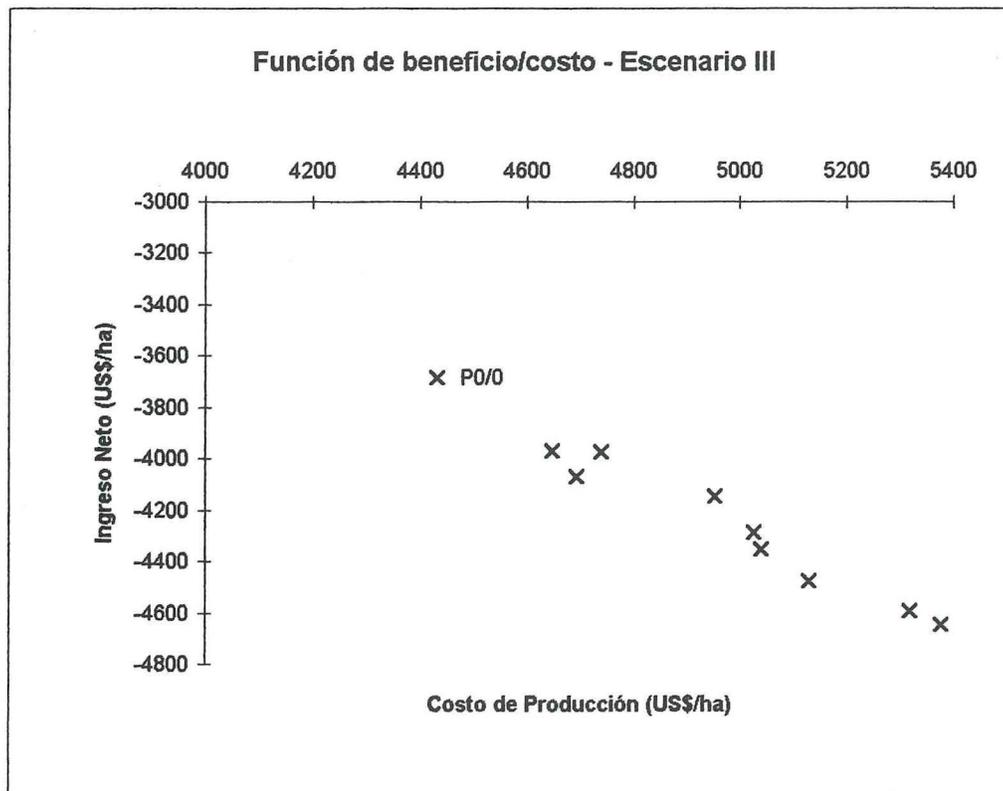


Figura 13. Análisis de dominancia del escenario III (pesimista): función de beneficio/costo

Cuadro 28. Resultados del análisis marginal de tratamientos dominantes en el escenario I (optimista): tasa de retorno marginal, y cambios porcentuales en INBR, INNE y COPR, y absolutos en RECO.

INBR	TRM (%)	INNE	Tratamiento meta								
			P1/1	P2/0.5	P0/0	P1/0.5	RECO				
20 942		12 911	19 931	12 262	19 478	12 183	17 738	10 481			
8 031		161%	7 669	160%	7 295	167%	7 257	144%			
16 252		9 170	29%	41%	23%	34%	20%	33%	9%	14%	
	P3/0.5		394%		527%		1417%		754%		
7 083		129%	13%	31%	8%	30%	3%	38%	2%	15%	
17 738		10 481	18%	23%	12%	17%	10%	16%			
	P1/0.5		314%		432%		4393%				
7 257		144%	11%	16%	6%	15%	1%	23%			
19 478		12 183	8%	6%	2%	1%					
	P0/0		99%		21%						
7 295		167%	10%	-6%	5%	-7%					
19 931		12 262	5%	5%							
	P2/0.5		179%								
7 669		160%	5%	1%							

Clave:

Δ% INBR	Δ% INNE
TRM (%)	
Δ% COPR	Δ RECO

4.3 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La aplicabilidad de las conclusiones obtenidas a partir del estudio se limita a sistemas de producción con características agroecológicas y económicas similares a las imperantes durante la realización de la investigación. Para el presente caso, la calidad de los resultados obtenidos está supeditada a la precisión y representatividad de la información empleada como insumo para el análisis.

Entre las condiciones del estudio que pueden afectar de manera significativa la veracidad y aplicabilidad de las conclusiones, se lograron identificar las siguientes:

- El experimento se llevó a cabo en una época considerada como seca, pero se vió afectado por precipitaciones atípicas a consecuencia del patrón de lluvias anormal que se presentó en el año 1997 (debido al fenómeno climático "El Niño").
- Originalmente, la fuente de variación "bloques" fué planteada con la intención de aislar el efecto de la deriva en las aplicaciones foliares. Debido a la apreciación de diferencias en la calidad y el tiempo de ejecución de la poda y el tutoreo entre bloques, la variación aislada se atribuyó a dichas diferencias. Por otro lado, los resultados del análisis de suelo de la parcela experimental (anexo 1) muestran diferencias aparentes de fertilidad entre los bloques.
- No se encontraron modelos teóricos que justifiquen las relaciones encontradas entre la dosis y los parámetros agronómicos y económicos considerados en el estudio.
- Los coeficientes técnicos empleados para la elaboración de los presupuestos de costos se estimaron en base a apreciaciones del personal de campo, cuya precisión es difícil de medir sin el respaldo de registros.
- En el análisis económico no se consideraron los gastos financieros y administrativos, por lo que hay que considerar que los retornos económicos estimados incluyen las remuneraciones a dichos costos y al riesgo.
- Debido a limitaciones de tiempo, para el planteamiento de los escenarios sólo se emplearon datos de rendimiento y precio de venta correspondientes a un año (1996).

5. CONCLUSIONES

La aplicación de ácidos húmicos tuvo un efecto detrimental en el rendimiento total (-11 TM/ha) y comerciable (-9 TM/ha) del cultivo de pepino. Este efecto no dependió de la dosis de aplicación en ninguno de los programas planteados, pero fue más pronunciado cuando se incluyó el fertilizante foliar (Brazotex 60+) en las aplicaciones (con pérdidas adicionales de 7.7 y 8.3 TM/ha de rendimiento total y comerciable respectivamente). La reducción evidenciada en el número de frutos sugiere efectos negativos en la floración y/o el cuaje de frutos. Los efectos evidenciados podrían estar relacionados con los niveles de fertilidad del suelo, que no fueron considerados para la dosificación de fertilizantes y tratamientos.

No se encontraron efectos en la calidad de la cosecha asociados a la aplicación de combinaciones específicas de los productos evaluados, pero sí relacionados con la dosis de aplicación: Suelosol aplicado al 70-80% de la dosis recomendada para tomate, minimiza la calidad general de la cosecha y maximiza el peso de los frutos comerciables y no comerciables. Aplicaciones de Suelosol en combinación con Brazotex 70+ a dosis cercanas a 50%, minimizan el peso de los frutos comerciables independientemente de que se hayan aplicado con Brazotex 60+.

Las prácticas de control de crecimiento (tutoreo y poda) y la densidad del cultivo influenciaron el rendimiento y la calidad de la cosecha en mayor grado que las sustancias húmicas.

La reducción en rendimiento evidenciada en los tratamientos aplicados con ácido húmicos se tradujo en una disminución del ingreso bruto, la misma que fue significativamente mayor cuando se empleó Brazotex 60+.

En términos generales, el empleo de ácidos húmicos redujo el ingreso neto en US\$845/ha e incrementó en US\$480/ha los costos de producción. La inclusión de Brazotex 60+ en el programa de aplicaciones, produjo pérdidas adicionales de US\$510/ha atribuibles principalmente a la reducción de US\$643/ha que produjo en el ingreso bruto.

La máxima rentabilidad de costos de producción se obtuvo cuando no se aplicaron ácidos húmicos (25.5%), pero fue significativamente diferente sólo a la obtenida cuando se emplearon simultáneamente los tres productos (6.0%).

En todos los programas se apreció un incremento de los costos de producción y una reducción del ingreso neto y la rentabilidad a medida que aumentó la dosis de aplicación.

Cuando se aplicaron los tres productos, tanto el ingreso neto como la rentabilidad de los costos de producción fueron mínimos al emplear la dosis recomendada por el formulador para el cultivo de tomate.

Bajo las condiciones actuales y en situaciones hipotéticas de rendimiento comerciable y precio de venta altos (75 TM/ha y US\$0.248/kg), se encontró que la implementación de cualquiera de los programas de aplicación de ácidos húmicos produce resultados inaceptables en términos de rendimiento de la inversión adicional. Bajo condiciones hipotéticas en las que el rendimiento comerciable sea inferior a 8 TM/ha y el precio de venta menor a US\$ 0.090/kg (que tienen más del doble de probabilidades de ocurrencia que situaciones iguales o mejores que las optimistas) los resultados económicos son negativos independientemente de la aplicación de ácidos húmicos, siendo menores las pérdidas si no se invierte en la utilización de estos productos.

6. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones actuales del sistema de producción de pepino del Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, no se recomienda el empleo de Suelosol, Brazotex 70+ y Brazotex 60+ para fines de producción comercial. Se recomienda la investigación de los aspectos edafológicos, nutricionales y fisiológicos que condicionan la respuesta agronómica del pepino a la aplicación de ácidos húmicos.

Para explotaciones orientadas a satisfacer la demanda en mercados de calidad, se recomienda considerar parámetros adicionales que reflejen el impacto económico del efecto de los ácidos húmicos en la calidad de la cosecha. Para el caso de producciones que deben aprovechar una ventana de comercialización, se recomienda evaluar los efectos de los ácidos húmicos en la precocidad, duración y distribución temporal de la cosecha.

La metodología de evaluación cuantitativa estadística y económica puede mantenerse sin reservas para futuras investigaciones, tanto por su cobertura como por su precisión en la búsqueda total de efectos.

7. BIBLIOGRAFIA

- AVEDILLO, M.A. s.f. Métodos estadísticos para agricultura. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 100 p.
- BOX, G.E.P.; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. 1993. Estadística para investigadores; introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos. Trad. por Luis Arimany de Pablos y Javier Tort-Martorell Llabres. Barcelona, España, Reverté. 675 p.
- BRAZOS INTERNATIONAL¹ Inc. 1995. Avances; noticias para el agricultor progresivo acerca del programa Stamina. Miami, Fla., USA. v.1, no.1. 2 p.
- _____². 1995. Avances; noticias para el agricultor progresivo acerca del programa Stamina. Miami, Fla., USA. v.1, no.2. 2 p.
- _____. 1996. Avances; noticias para el agricultor progresivo acerca del programa Stamina. Miami, Fla., USA. v.2, no.1. 2 p.
- _____¹. s.f. Programa para tomates, pimentones y chiles [panfleto]. Miami, Fla., USA.
- _____². s.f. Suelosol; active concentrated humic acids [panfleto]. Miami, Fla., USA.
- _____³. s.f. Humic acid technology [panfleto]. Miami, Fla., USA.
- BRYAN, H.H. 1976. Response of tomatoes to seed and seedling applications of humates and alpha-keto acids. Proc. Fla. State Hort. Soc. (USA). 89:87-90.
- CIAT. 1981. Elementos estructurales de un experimento agrícola; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Escobar, Jorge A. Producción: Ospina, Héctor F. Cali, Col. CIAT. 28 p. (Serie 04SB-03.01).
- CIMMYT. 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. México D. F., México, CIMMYT. 79 p.

- DRAPER, N.R.; SMITH JUNIOR, H. 1981. *Applied Regression Analysis*. 2ed. New York, USA, John Wiley & Sons. 709 p.
- GOMEZ, F. s.f. *Análisis de datos experimentales; guía de estudio*. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 200 p.
- GRANVILLE, W. A. 1987. *Cálculo diferencial e integral*. México, D. F., México, Limusa. 686 p.
- HEADY, E.O.; DILLON, J.L. 1961. *Agricultural production functions*. Ames, Iowa, USA, Iowa State University. 667 p.
- HOCHBERG, Y.; TAMHANE, A.C. 1987. *Multiple comparison procedures*. New York, USA, John Wiley & Sons. 450 p.
- KONONOVA, M.M. 1961. *Soil organic matter; its nature, its role in soil formation and in soil fertility*. Trad. por T.Z. Nowakowski, G.A. Greenwood. Washington D.C., USA, Pergamon Press. 450 p.
- LEE Y.S.; BARTLETT R.J. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Journal of the Soil Science Society of America*, 40, 876-879. Citado por: Vaughan, D.; Malcolm, R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In *Soil organic matter and biological activity*. Ed. by D. Vaughan, R.E. Malcolm. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk. p. 37-75.
- MENDENHALL, W.; SCHEAFFER, R.L.; WACKERLY, D.D. 1986. *Estadística matemática con aplicaciones*. 3 ed. Trad. por Dirk Valckx Verbeeck y Arturo De la Fuente Pantoja. Belmont, Calif., USA, Iberoamérica y/o Wadsworth International/Iberoamérica. p. 162-163.
- SAS INSTITUTE¹ Inc. 1989. *SAS/STAT® User's guide; Version 6. Fourth Edition*. Cary, NC, USA. v.1, 943 p.
- _____². 1989. *SAS/STAT® User's guide; Version 6. Fourth Edition*. Cary, NC, USA. v.2, 646 p.
- SCOTT, N.M. 1985. Sulphur in soils and plants. In *Soil organic matter and biological activity*. Ed. by D. Vaughan, R.E. Malcolm. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk. p. 379-401.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE J.H. 1988. *Bioestadística; principios y procedimientos*. Trad. por Ricardo Martínez B. Naucalpan de Juárez, Méx., McGraw-Hill/Interamericana de México. 622 p.

TATE III, R.L. 1987. Soil organic matter; biological and ecological effects. New York, USA, John Wiley & Sons. 291 p.

VAUGHAN, D.; MALCOLM, R.E.; ORD B.G. 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In Soil organic matter and biological activity. Ed. by D. Vaughan, R.E. Malcolm. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk. p. 77-108.

_____ ; MALCOLM, R.E. 1985. Influence of humic substances on growth and physiological processes. In Soil organic matter and biological activity. Ed. by D. Vaughan, R.E. Malcolm. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk. p. 37-75.

_____ ; ORD, B.G. 1985. Soil organic matter - A perspective on its nature, extraction, turnover and role in soil fertility. In Soil organic matter and biological activity. Ed. by D. Vaughan, R.E. Malcolm. Dordrecht, The Netherlands, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk. p. 1-35.

WEBER¹, J. 1997. Combination of humic substances with mineral portion of soil [archivo de computador]. Agricultural University of Wroclaw, Poland, s.n.t.

Tomado de: <http://www.ar.wroc.pl/~weber/def2.htm>

_____ ². 1997. Definition of soil organic matter [archivo de computador]. Agricultural University of Wroclaw, Poland, s.n.t.

Tomado de: <http://www.ar.wroc.pl/~weber/kwasy2.htm>

_____ ³. 1997. Function of organic matter in soil [archivo de computador]. Agricultural University of Wroclaw, Poland, s.n.t.

Tomado de: <http://www.ar.wroc.pl/~weber/rola2.htm>

_____ ⁴. 1997. Properties of humic substances [archivo de computador]. Agricultural University of Wroclaw, Poland, s.n.t.

Tomado de: <http://www.ar.wroc.pl/~weber/kwasy2.htm>

_____ ⁵. 1997. The formation of humic substances [archivo de computador]. Agricultural University of Wroclaw, Poland, s.n.t.

Tomado de: <http://www.ar.wroc.pl/~weber/powstaw2.htm>

ANEXO 1

Resultados del análisis de suelos por bloque (antes del ensayo)

Lote 0A - Zona II
15-Oct-97

Bloque	pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		(%)	(%)	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	5.04 ^{FA}	3.01 ^M	0.12 ^M	16 ^B	142 ^A	1 387 ^A	90 ^B	1.2 ^A	19 ^A	13 ^A	3.8 ^A
2	5.24 ^{FA}	3.27 ^M	0.11 ^M	40 ^A	131 ^M	1 612 ^A	97 ^B	1.0 ^A	9 ^B	13 ^A	5.7 ^A
3	5.02 ^{FA}	3.34 ^M	0.14 ^M	29 ^M	142 ^A	1 515 ^A	90 ^B	1.5 ^A	11 ^A	16 ^A	5.4 ^A

FA = Fuertemente ácido

A = Alto

M = Medio

B = Bajo

ANEXO 2

Presupuesto de costos comunes de producción

Precio de la mano de obra (US\$/hora) 0.42

Labor	Insumos					Mano de obra		Maquinaria y equipo				Costo por actividad
	Insumo	Cantidad	Unidad	Precio	Total	Horas	Total	Equipo	Cantidad	Precio	Total	
Preparación de terreno	Cal	667	kg	\$ 0.10	\$ 64.48			Arado	4.0	\$ 11.14	\$ 44.55	\$ 169.25
								Encaladora	0.5	\$ 11.14	\$ 5.57	
								Rastra	3.5	\$ 11.14	\$ 38.98	
								Sucador	3.0	\$ 5.23	\$ 15.68	
Fertilización básica	18-46-0	300	kg	\$ 0.30	\$ 88.58			Voleadora	1.1	\$ 2.58	\$ 2.83	\$ 129.11
	0-0-60	200	kg	\$ 0.19	\$ 37.70							
Transplante	Plántulas	231	Bandeja	\$ 1.94	\$ 448.00	72	\$ 30.40					\$ 478.40
Tutores	Postes	533	Unidad	\$ 0.11	\$ 58.73	296.41	\$ 125.16	Bazooka	128	\$ -	\$ -	\$ 1 738.50
	Estacas	8356	Unidad	\$ 0.06	\$ 527.53			Remolque	0.75	\$ 8.38	\$ 6.28	
	Malla	13333	m	\$ 0.08	\$ 1 013.79							
	Cuerda	10	lb	\$ 0.70	\$ 7.01							
Poda					32	\$ 13.51					\$ 13.51	
Control de Malezas					256	\$ 108.09	Herramientas	256	\$ -	\$ -	\$ 108.09	
Fertilización suplementaria	Urea	208	kg	\$ 0.25	\$ 52.00	2	\$ 0.84	Venturi	8	\$ -	\$ -	\$ 52.84
Control de Plagas	Adherente	2.92	l	\$ 3.03	\$ 8.84	128	\$ 54.05	Bomba Man.	128	\$ 0.03	\$ 3.44	\$ 522.82
	Agree	1.67	kg	\$ 25.38	\$ 42.31							
	Confidor	0.14	l	\$ 439.39	\$ 61.03							
	Danitol	0.56	l	\$ 37.88	\$ 21.04							
	Lannate	1.39	kg	\$ 52.27	\$ 72.60							
	Lorsban	37.04	kg	\$ 3.64	\$ 134.68							
	Parathion	1.11	l	\$ 6.82	\$ 7.58							
	Sevin	0.56	kg	\$ 9.09	\$ 5.05							
	Sumithion	0.69	l	\$ 17.05	\$ 11.84							
	Talstar	0.56	l	\$ 90.91	\$ 50.51							
	Thiodan	1.39	l	\$ 11.36	\$ 15.78							
Vydate	1.67	l	\$ 20.45	\$ 34.09								
Control de Enfermedades	Adherente	1.25	l	\$ 3.03	\$ 3.79	26	\$ 10.98	Bomba Mot.	26	\$ 0.07	\$ 1.77	\$ 125.34
	Benlate	0.83	kg	\$ 34.09	\$ 28.41							
	Manzate	2.78	kg	\$ 5.30	\$ 14.73							
	Ridomil MZ	3.33	kg	\$ 19.70	\$ 65.66							
Riego	Diesel	123	Gal	\$ 1.21	\$ 149.09	42.25	\$ 17.84	Bomba	123	\$ 0.13	\$ 16.14	\$ 331.10
								Tubería	1560	\$ 0.04	\$ 55.65	
								Cintas	1560	\$ 0.05	\$ 83.94	
								Accesorios	1560	\$ 0.01	\$ 8.43	
								Gata	15	\$ -	\$ -	
Eliminación					120	\$ 50.67					\$ 50.67	
Costo por Rubro				\$ 3 024.84		\$ 411.55			\$ 283.26		\$ 3 719.65	

ANEXO 3

Presupuestos de costos diferenciales de producción (escenario D)

Densidad promedio del ensayo (plantas/ha) 24736
 Rendimiento comercial promedio del ensayo (kg/ha) 85667.55
 Rendimiento comercial del escenario (kg/ha) 75115.06
 Factor de ajuste de rendimiento 0.88
 Capacidad promedio de caja (kg/caja) 27.25
 Uso de mano de obra por caja (horas/caja) 1.14
 Precio de Suelosol (US\$/l) 5.00
 Precio de Brazotex 70+ (US\$/kg) 5.23
 Precio de Brazotex 60+ (US\$/kg) 4.24
 Precio de la mano de obra (US\$/hora) 0.42
 Duración promedio de almacenamiento (días) 3
 Costo promedio de almacenamiento y refrigeración (US\$/kg) 0.02

Tratamiento			Coeficientes Técnicos Diferenciales					Costos Diferenciales					TOTAL		
Bloque	Programa	Dosis	Dosis de substancias húmicas			Rendimiento		Mano de obra para cosecha (horas/ha)	Aplicación de substancias húmicas			Mano de obra para cosecha (US\$/ha)	Almacenamiento y Refrigeración	TOTAL (US\$/ha)	
			Suelosol (l/ha)	Brazotex 70+ (kg/ha)	Brazotex 60+ (kg/ha)	Experimental (kg/ha)	Ajustado (kg/ha)		Suelosol (US\$/ha)	Brazotex 70+ (US\$/ha)	Brazotex 60+ (US\$/ha)				
1	P0	0	0	0	0	0	86280.4	75652.4	3173.1	0.00	0.00	0.00	1339.82	1468.12	2807.94
2	P0	0	0	0	0	0	88361.7	77477.4	3249.6	0.00	0.00	0.00	1372.14	1503.54	2875.67
3	P0	0	0	0	0	0	93832.2	82274.0	3450.8	0.00	0.00	0.00	1457.08	1596.62	3053.71
1	P1	0.5	45	0	0	0	81678.3	71617.2	3003.8	225.00	0.00	0.00	1268.35	1389.81	2883.16
2	P1	0.5	45	0	0	0	73579.3	64515.9	2706.0	225.00	0.00	0.00	1142.59	1252.01	2619.59
3	P1	0.5	45	0	0	0	89230.0	78238.7	3281.6	225.00	0.00	0.00	1385.62	1518.31	3128.93
1	P1	1	90	0	0	0	121520.6	106551.8	4469.1	450.00	0.00	0.00	1887.05	2067.76	4404.81
2	P1	1	90	0	0	0	70647.6	61945.2	2598.2	450.00	0.00	0.00	1097.06	1202.12	2749.18
3	P1	1	90	0	0	0	96478.5	84594.3	3548.1	450.00	0.00	0.00	1498.18	1641.65	3589.83
1	P1	1.5	135	0	0	0	88999.7	78036.7	3273.1	675.00	0.00	0.00	1382.04	1514.39	3571.43
2	P1	1.5	135	0	0	0	80900.7	70935.4	2975.2	675.00	0.00	0.00	1256.28	1376.58	3307.86
3	P1	1.5	135	0	0	0	64185.6	56279.3	2360.5	675.00	0.00	0.00	996.71	1092.16	2763.88
1	P2	0.5	45	9	0	0	104196.7	91361.8	3832.0	225.00	47.05	0.00	1618.03	1772.98	3663.06
2	P2	0.5	45	9	0	0	82524.1	72358.8	3034.9	225.00	47.05	0.00	1281.49	1404.21	2957.74
3	P2	0.5	45	9	0	0	87994.5	77155.4	3236.1	225.00	47.05	0.00	1366.43	1497.29	3135.77
1	P2	1	90	18	0	0	70680.2	61973.8	2599.4	450.00	94.09	0.00	1097.57	1202.67	2844.33
2	P2	1	90	18	0	0	96515.4	84626.7	3549.5	450.00	94.09	0.00	1498.75	1642.28	3685.12
3	P2	1	90	18	0	0	98592.4	86447.8	3625.9	450.00	94.09	0.00	1531.00	1677.62	3752.72
1	P2	1.5	135	27	0	0	79035.7	69300.1	2906.6	675.00	141.14	0.00	1227.32	1344.85	3388.30
2	P2	1.5	135	27	0	0	70936.8	62198.8	2608.8	675.00	141.14	0.00	1101.55	1207.04	3124.73
3	P2	1.5	135	27	0	0	110341.4	96749.6	4058.0	675.00	141.14	0.00	1713.45	1877.54	4407.12
1	P3	0.5	45	9	4	4	64672.5	56706.1	2378.4	225.00	47.05	16.97	1004.27	1100.45	2393.74
2	P3	0.5	45	9	4	4	76934.0	67457.3	2829.4	225.00	47.05	16.97	1194.68	1309.09	2792.78
3	P3	0.5	45	9	4	4	82404.5	72253.9	3030.5	225.00	47.05	16.97	1279.63	1402.17	2970.81
1	P3	1	90	18	8	8	103180.3	90453.0	3793.9	450.00	94.09	33.94	1601.94	1755.35	3935.31
2	P3	1	90	18	8	8	76041.1	66674.4	2796.5	450.00	94.09	33.94	1180.81	1293.89	3052.74
3	P3	1	90	18	8	8	67937.9	59569.3	2498.5	450.00	94.09	33.94	1054.98	1156.01	2789.02
1	P3	1.5	135	27	12	12	72172.0	63281.9	2654.2	675.00	141.14	50.91	1120.73	1228.06	3215.83
2	P3	1.5	135	27	12	12	92361.0	80984.0	3396.7	675.00	141.14	50.91	1434.24	1571.59	3872.87
3	P3	1.5	135	27	12	12	97831.5	85780.6	3597.9	675.00	141.14	50.91	1519.19	1664.67	4050.91

Presupuestos de costos diferenciales de producción (escenario II)

Densidad promedio del ensayo (plantas/ha) 24736
 Rendimiento comercial promedio del ensayo (kg/ha) 85667.55
 Rendimiento comercial del escenario (kg/ha) 47747.09
 Factor de ajuste de rendimiento 0.56
 Capacidad promedio de caja (kg/caja) 27.25
 Uso de mano de obra por caja (horas/caja) 1.14
 Precio de Suelosol (US\$/l) 5.00
 Precio de Brazotex 70+ (US\$/kg) 5.23
 Precio de Brazotex 60+ (US\$/kg) 4.24
 Precio de la mano de obra (US\$/hora) 0.42
 Duración promedio de almacenamiento (días) 3
 Costo promedio de almacenamiento y refrigeración (US\$/kg) 0.02

Tratamiento			Coeficientes Tecnicos Diferenciales					Costos Diferenciales					TOTAL	
Bloque	Programa	Dosis	Dosis de sustancias humicas			Rendimiento		Mano de obra para cosecha (horas/ha)	Aplicación de sustancias humicas			Mano de obra para cosecha (US\$/ha)	Almacenamiento y Refrigeración	
			Suelosol (l/ha)	Brazotex 70+ (kg/ha)	Brazotex 60+ (kg/ha)	Experimental (kg/ha)	Ajustado (kg/ha)		Suelosol (US\$/ha)	Brazotex 70+ (US\$/ha)	Brazotex 60+ (US\$/ha)			
1	P0	0	0	0	0	86280.4	48088.7	2017.0	0.00	0.00	0.00	851.66	933.22	1784.87
2	P0	0	0	0	0	88361.7	49248.7	2065.6	0.00	0.00	0.00	872.20	955.73	1827.93
3	P0	0	0	0	0	93832.2	52297.7	2193.5	0.00	0.00	0.00	926.20	1014.90	1941.10
1	P1	0.5	45	0	0	81678.3	45523.6	1909.4	225.00	0.00	0.00	806.23	883.44	1914.67
2	P1	0.5	45	0	0	73579.3	41009.7	1720.1	225.00	0.00	0.00	726.29	795.84	1747.13
3	P1	0.5	45	0	0	89230.0	49732.6	2085.9	225.00	0.00	0.00	880.77	965.12	2070.89
1	P1	1	90	0	0	121520.6	67729.9	2840.8	450.00	0.00	0.00	1199.51	1314.38	2963.88
2	P1	1	90	0	0	70647.6	39375.7	1651.5	450.00	0.00	0.00	697.35	764.13	1911.48
3	P1	1	90	0	0	96478.5	53772.6	2255.4	450.00	0.00	0.00	952.32	1043.52	2445.84
1	P1	1.5	135	0	0	88999.7	49604.3	2080.5	675.00	0.00	0.00	878.50	962.63	2516.13
2	P1	1.5	135	0	0	80900.7	45090.3	1891.2	675.00	0.00	0.00	798.56	875.03	2348.59
3	P1	1.5	135	0	0	64185.6	35774.1	1500.5	675.00	0.00	0.00	633.56	694.24	2002.80
1	P2	0.5	45	9	0	104196.7	58074.4	2435.8	225.00	47.05	0.00	1028.51	1127.00	2427.55
2	P2	0.5	45	9	0	82524.1	45995.1	1929.2	225.00	47.05	0.00	814.58	892.59	1979.21
3	P2	0.5	45	9	0	87994.5	49044.0	2057.0	225.00	47.05	0.00	868.58	951.76	2092.38
1	P2	1	90	18	0	70680.2	39393.8	1652.3	450.00	94.09	0.00	697.67	764.48	2006.24
2	P2	1	90	18	0	96515.4	53793.2	2256.2	450.00	94.09	0.00	952.69	1043.92	2540.69
3	P2	1	90	18	0	98592.4	54950.8	2304.8	450.00	94.09	0.00	973.19	1066.38	2583.66
1	P2	1.5	135	27	0	79035.7	44050.8	1847.6	675.00	141.14	0.00	780.15	854.86	2451.14
2	P2	1.5	135	27	0	70936.8	39536.9	1658.3	675.00	141.14	0.00	700.20	767.26	2283.60
3	P2	1.5	135	27	0	110341.4	61499.1	2579.4	675.00	141.14	0.00	1089.16	1193.46	3098.76
1	P3	0.5	45	9	4	64672.5	36045.4	1511.8	225.00	47.05	16.97	638.37	699.50	1626.89
2	P3	0.5	45	9	4	76934.0	42879.4	1798.5	225.00	47.05	16.97	759.40	832.13	1880.54
3	P3	0.5	45	9	4	82404.5	45928.4	1926.4	225.00	47.05	16.97	813.40	891.29	1993.71
1	P3	1	90	18	8	103180.3	57496.7	2411.6	450.00	94.09	33.94	1018.28	1115.79	2712.10
2	P3	1	90	18	8	76041.1	42381.8	1777.6	450.00	94.09	33.94	750.59	822.47	2151.09
3	P3	1	90	18	8	67937.9	37865.4	1588.2	450.00	94.09	33.94	670.60	734.82	1983.45
1	P3	1.5	135	27	12	72172.0	40225.3	1687.2	675.00	141.14	50.91	712.40	780.62	2360.06
2	P3	1.5	135	27	12	92361.0	51477.7	2159.1	675.00	141.14	50.91	911.68	998.98	2777.71
3	P3	1.5	135	27	12	97831.5	54526.7	2287.0	675.00	141.14	50.91	965.68	1058.15	2890.87

Presupuestos de costos diferenciales de producción (escenario III)

Densidad promedio del ensayo (plantas/ha) 24736
 Rendimiento comercial promedio del ensayo (kg/ha) 85667.55
 Rendimiento comercial del escenario (kg/ha) 7978.10
 Factor de ajuste de rendimiento 0.09
 Capacidad promedio de caja (kg/caja) 27.25
 Uso de mano de obra por caja (horas/caja) 1.14
 Precio de Suelosol (US\$/l) 5.00
 Precio de Brazotex 70+ (US\$/kg) 5.23
 Precio de Brazotex 60+ (US\$/kg) 4.24
 Precio de la mano de obra (US\$/hora) 0.42
 Duración promedio de almacenamiento (días) 3
 Costo promedio de almacenamiento y refrigeración (US\$/kg) 0.02

Tratamiento			Coeficientes Técnicos Diferenciales						Costos Diferenciales					
Bloques	Programa	Dosis	Dosis de sustancias húmicas			Rendimiento		Mano de obra para cosecha (horas/ha)	Aplicación de sustancias húmicas			Mano de obra para cosecha (US\$/ha)	Almacenamiento y Refrigeración	TOTAL (US\$/ha)
			Suelosol (l/ha)	Brazotex 70+ (kg/ha)	Brazotex 60+ (kg/ha)	Experimental (kg/ha)	Ajustado (kg/ha)		Suelosol (US\$/ha)	Brazotex 70+ (US\$/ha)	Brazotex 60+ (US\$/ha)			
1	P0	0	0	0	0	86280.4	8035.2	337.0	0.00	0.00	0.00	142.30	155.93	298.24
2	P0	0	0	0	0	88361.7	8229.0	345.1	0.00	0.00	0.00	145.74	159.69	305.43
3	P0	0	0	0	0	93832.2	8738.5	366.5	0.00	0.00	0.00	154.76	169.58	324.34
1	P1	0.5	45	0	0	81678.3	7606.6	319.0	225.00	0.00	0.00	134.71	147.61	507.33
2	P1	0.5	45	0	0	73579.3	6852.3	287.4	225.00	0.00	0.00	121.36	132.98	479.33
3	P1	0.5	45	0	0	89230.0	8309.9	348.5	225.00	0.00	0.00	147.17	161.26	533.43
1	P1	1	90	0	0	121520.6	11317.0	474.7	450.00	0.00	0.00	200.43	219.62	870.05
2	P1	1	90	0	0	70647.6	6579.3	276.0	450.00	0.00	0.00	116.52	127.68	694.20
3	P1	1	90	0	0	96478.5	8984.9	376.9	450.00	0.00	0.00	159.12	174.36	783.49
1	P1	1.5	135	0	0	88999.7	8288.4	347.6	675.00	0.00	0.00	146.79	160.85	982.64
2	P1	1.5	135	0	0	80900.7	7534.2	316.0	675.00	0.00	0.00	133.43	146.21	954.64
3	P1	1.5	135	0	0	64185.6	5977.5	250.7	675.00	0.00	0.00	105.86	116.00	896.86
1	P2	0.5	45	9	0	104196.7	9703.7	407.0	225.00	47.05	0.00	171.85	188.31	632.21
2	P2	0.5	45	9	0	82524.1	7685.3	322.3	225.00	47.05	0.00	136.11	149.14	557.30
3	P2	0.5	45	9	0	87994.5	8194.8	343.7	225.00	47.05	0.00	145.13	159.03	576.21
1	P2	1	90	18	0	70680.2	6582.3	276.1	450.00	94.09	0.00	116.57	127.74	788.40
2	P2	1	90	18	0	96515.4	8988.3	377.0	450.00	94.09	0.00	159.18	174.43	877.70
3	P2	1	90	18	0	98592.4	9181.8	385.1	450.00	94.09	0.00	162.61	178.18	884.88
1	P2	1.5	135	27	0	79035.7	7360.5	308.7	675.00	141.14	0.00	130.36	142.84	1089.33
2	P2	1.5	135	27	0	70936.8	6606.2	277.1	675.00	141.14	0.00	117.00	128.20	1061.34
3	P2	1.5	135	27	0	110341.4	10275.9	431.0	675.00	141.14	0.00	181.99	199.42	1197.54
1	P3	0.5	45	9	4	64672.5	6022.9	252.6	225.00	47.05	16.97	106.67	116.88	512.56
2	P3	0.5	45	9	4	76934.0	7164.8	300.5	225.00	47.05	16.97	126.89	139.04	554.94
3	P3	0.5	45	9	4	82404.5	7674.2	321.9	225.00	47.05	16.97	135.91	148.93	573.85
1	P3	1	90	18	8	103160.3	9607.2	403.0	450.00	94.09	33.94	170.14	186.44	934.61
2	P3	1	90	18	8	76041.1	7081.6	297.0	450.00	94.09	33.94	125.42	137.43	840.87
3	P3	1	90	18	8	67937.9	6327.0	265.4	450.00	94.09	33.94	112.05	122.78	812.86
1	P3	1.5	135	27	12	72172.0	6721.3	281.9	675.00	141.14	50.91	119.03	130.43	1116.51
2	P3	1.5	135	27	12	92361.0	8601.4	360.8	675.00	141.14	50.91	152.33	166.92	1186.30
3	P3	1.5	135	27	12	97831.5	9110.9	382.1	675.00	141.14	50.91	161.36	176.81	1205.21

ANEXO 4

Programa SAS

```

DATA PEPINO;
INPUT BLOQ PAQU$ DOSI DHIL DPLA NUCO PECO NUNO PENO TRAT$;
NUTO=NUCO+NUNO;
PETO=PECO+PENO;
PNCO=NUCO/(NUCO+NUNO);
PPCO=ARSIN(SQRT(PECO/(PECO+PENO)));
PFTO=ARSIN(SQRT(PETO/NUTO));
PFCO=PECO/NUCO;
PFNO=ARSIN(SQRT(PENO/NUNO));
DOSI2=DOSI*DOSI;
DOSI3=DOSI*DOSI2;
CARDS;
1 P3 0.5 0.59 0.5000 7.8750 2.2976 5.2500 0.4901 P3/0.5
1 P2 1.5 0.59 0.5357 9.0000 2.9538 7.4643 1.1849 P2/1.5
1 P1 0.5 0.59 0.5357 8.7321 2.7201 4.9405 0.8746 P1/0.5
1 P2 1.0 0.59 0.5000 10.5000 3.1641 8.5000 1.0682 P2/1
1 P1 1.5 0.59 0.5714 10.7143 3.2926 7.8571 0.9030 P1/1.5
1 P3 1.5 0.59 0.5079 8.8869 2.8131 9.3016 0.9401 P3/1.5
1 P3 1.0 0.59 0.6857 13.6000 4.4407 15.5429 1.8019 P3/1
1 P0 0.0 0.59 0.5357 13.3393 4.2114 11.7500 1.5054 P0/0
1 P1 1.0 0.59 0.6857 15.2143 4.9840 17.2143 1.7594 P1/1
1 P2 0.5 0.59 0.6190 14.0238 4.3906 11.0238 1.1232 P2/0.5
2 P3 1.0 0.61 0.5833 9.7083 2.9303 9.9167 0.9022 P3/1
2 P3 0.5 0.61 0.5357 9.8929 3.1362 8.0179 0.9263 P3/0.5
2 P2 1.5 0.61 0.5000 10.1250 3.1072 8.4583 0.6771 P2/1.5
2 P2 0.5 0.61 0.5357 13.2500 3.8707 6.2321 0.6156 P2/0.5
2 P0 0.0 0.61 0.5357 8.9524 2.7064 8.0060 0.7668 P0/0
2 P1 1.0 0.75 0.5000 9.0000 2.8764 10.6071 1.2244 P1/1
2 P1 0.5 0.75 0.5000 9.6250 3.0586 7.3750 0.9854 P1/0.5
2 P1 1.5 0.75 0.5357 10.8214 3.2719 7.0000 0.5375 P1/1.5
2 P2 1.0 0.75 0.5833 10.9583 3.4517 8.3155 0.7490 P2/1
2 P3 1.5 0.75 0.5714 13.7143 4.2877 6.5714 0.7772 P3/1.5
3 P3 1.0 0.60 0.5000 8.5536 2.6200 8.7857 0.8984 P3/1
3 P3 1.5 0.60 0.5357 9.7798 3.5057 8.9048 0.9262 P3/1.5
3 P1 1.0 0.60 0.5357 11.8571 3.8086 10.8214 1.1196 P1/1
3 P1 0.5 0.60 0.5000 12.6250 4.1051 10.8750 0.9748 P1/0.5
3 P2 0.5 0.60 0.5000 9.7500 2.8445 9.0000 0.7759 P2/0.5
3 P1 1.5 0.52 0.4222 8.8361 2.8988 8.1556 0.7299 P1/1.5
3 P0 0.0 0.52 0.5000 12.5000 3.9357 9.3750 0.7475 P0/0
3 P2 1.5 0.52 0.5833 13.2500 4.4626 10.4167 0.9138 P2/1.5
3 P2 1.0 0.52 0.5357 12.7262 4.1291 13.3095 1.2383 P2/1
3 P3 0.5 0.52 0.5000 12.2500 3.6222 7.2500 0.9766 P3/0.5
;
RUN;

PROC SORT DATA=PEPINO;
BY TRAT;
RUN;

/* Análisis Comparativo - Variables Agronómicas */

PROC GLM DATA=PEPINO;
CLASS BLOQ PAQU DOSI;
MODEL NUTO NUCO NUNO PNCO PETO PECO PENO PPCO PFTO PFCO PFNO = BLOQ PAQU DOSI(PAQU)
DPLA /SS3;
OUTPUT OUT=PREs
P=NUTOPRE NUCOPRE NUNOPRE PNCOPRE PETOPRE PECOPRE PENOPRE PPCOPRE PFTOPRE PFCOPRE PFNOPRE
R=NUTORES NUCORES NUNORES PNCORES PETORES PECORES PENORES PPCORES PFTORES PFCORES PFNORES;

```

```

CONTRAST 'AC. HUMICO' PAQU -3 +1 +1 +1;
CONTRAST 'ENRAIZADOR' PAQU 0 -2 +1 +1;
CONTRAST 'FOLIAR' PAQU 0 0 -1 +1;
ESTIMATE 'AC. HUMICO' PAQU -3 +1 +1 +1 /DIVISOR=3;
ESTIMATE 'ENRAIZADOR' PAQU 0 -2 +1 +1 /DIVISOR=2;
ESTIMATE 'FOLIAR' PAQU 0 0 -1 +1;
RANDOM BLOQ DOSI(PAQU) /TEST;
LSMEANS PAQU DOSI(PAQU);
TITLE1 'ANCOVA: 3 CRITERIOS';
RUN;

```

```

PROC GLM DATA=PEPINO;
CLASS BLOQ TRAT;
MODEL NUTO NUCO NUNO PNCO PETO PECO PENO PPCO PFTO PFCO PFNO = BLOQ TRAT DPLA /SS3;
RANDOM BLOQ /TEST;
TITLE1 'ANCOVA: 2 CRITERIOS';
RUN;

```

```

PROC PLOT DATA=PRES;
PLOT(NUTORES NUCORES NUNORES ENCORES PETORES PECORES PENORES PPCORES PFTORES PFCORES
PFNORES) * (BLOQ PAQU DOSI);
TITLE1 'DISPERSION DE RESIDUALES';
RUN;

```

/* Análisis de Relación - Variables Agronómicas */

```

PROC REG DATA=PRES;
MODEL NUTOPRE NUCOPRE NUNOPRE PNCOPRE PETOPRE PECOPRE PENOPRE PPCOPRE PFTOPRE PFCOPRE
PFNOPRE = DOSI DOSI2 /P NOPRINT;
RUN;

```

```

REWEIGHT PAQU='P2' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT P.*DOSI;
TITLE1 'SS (P1) CUADRATICO';
RUN;

```

```

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ (P2) CUADRATICO';
RUN;

```

```

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P2';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ / BT60+ (P3) CUADRATICO';
RUN;

```

```

PROC REG DATA=PRES;
MODEL NUTOPRE NUCOPRE NUNOPRE PNCOPRE PETOPRE PECOPRE PENOPRE PPCOPRE PFTOPRE PFCOPRE
PFNOPRE = DOSI /P NOPRINT;
RUN;

```

```

REWEIGHT PAQU='P2' OR PAQU='P3';
PRINT;
TITLE1 'SS (P1) LINEAL';
RUN;

```

```

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P3';
PRINT;
TITLE1 'SS / BT70+ (P2) LINEAL';
RUN;

```

```

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P2';
PRINT;
TITLE1 'SS / BT70+ / BT60+ (P3) LINEAL';
RUN;

```

```

/* Escenario II - Esperado */

DATA PEPINO2;
INPUT PAQU$ DOSI INBR COPR TRAT$;
DOSI2=DOSI*DOSI;
DOSI3=DOSI*DOSI2;
INNE=INBR-COPR;
RECO=INNE/COPR;
CARDS;
P0      0      7419.07    6054.97    P0/0
P0      0      7598.04    6102.33    P0/0
P0      0      8068.43    6226.82    P0/0
P1      0.5    7023.34    6197.75    P1/0.5
P1      0.5    6326.93    6013.45    P1/0.5
P1      0.5    7672.70    6369.59    P1/0.5
P1      1      10449.30    7351.88    P1/1
P1      1      6074.83    6194.24    P1/1
P1      1      8295.98    6782.03    P1/1
P1      1.5    7652.89    6859.35    P1/1.5
P1      1.5    6956.48    6675.05    P1/1.5
P1      1.5    5519.19    6294.69    P1/1.5
P2      0.5    8959.65    6761.92    P2/0.5
P2      0.5    7096.07    6268.74    P2/0.5
P2      0.5    7566.46    6393.23    P2/0.5
P2      1      6077.63    6298.48    P2/1
P2      1      8299.15    6886.37    P2/1
P2      1      8477.75    6933.64    P2/1
P2      1.5    6796.11    6787.86    P2/1.5
P2      1.5    6099.70    6603.57    P2/1.5
P2      1.5    9488.02    7500.24    P2/1.5
P3      0.5    5561.05    5881.19    P3/0.5
P3      0.5    6615.39    6160.21    P3/0.5
P3      0.5    7085.78    6284.69    P3/0.5
P3      1      8870.53    7074.92    P3/1
P3      1      6538.61    6457.80    P3/1
P3      1      5841.83    6273.41    P3/1
P3      1.5    6205.91    6687.68    P3/1.5
P3      1.5    7941.93    7147.09    P3/1.5
P3      1.5    8412.32    7271.57    P3/1.5
;
RUN;

PROC SORT DATA=PEPINO2;
BY TRAT;
RUN;

/* Análisis Comparativo - Variables Económicas */

PROC GLM DATA=PEPINO2;
CLASS PAQU DOSI;
MODEL INBR COPR INNE RECO = PAQU DOSI(PAQU) /SS3;
OUTPUT OUT=PRES2
R=INBRRES COPRRES INNERES RECORES;
TEST H=PAQU E=DOSI(PAQU);
CONTRAST 'AC. HUMICO' PAQU -3 +1 +1 +1 /E=DOSI(PAQU);
CONTRAST 'ENRAIZADOR' PAQU 0 -2 +1 +1 /E=DOSI(PAQU);
CONTRAST 'FOLIAR' PAQU 0 0 -1 +1 /E=DOSI(PAQU);
ESTIMATE 'AC. HUMICO' PAQU -3 +1 +1 +1 /DIVISOR=3;
ESTIMATE 'ENRAIZADOR' PAQU 0 -2 +1 +1 /DIVISOR=2;
ESTIMATE 'FOLIAR' PAQU 0 0 -1 +1;
RANDOM DOSI(PAQU) /TEST;
MEANS PAQU /TUKEY E=DOSI(PAQU) ALPHA=0.25;
MEANS PAQU /TUKEY E=DOSI(PAQU) ALPHA=0.1;
TITLE1 'ANDEVA 2 CRITERIOS';
RUN;

PROC GLM DATA=PEPINO2;
CLASS TRAT;
MODEL INBR COPR INNE RECO = TRAT /SS3;
MEANS TRAT /REGWF ALPHA=0.25;
MEANS TRAT /REGWF ALPHA=0.1;
TITLE1 'ANDEVA 1 CRITERIO';
RUN;

```

```
PROC PLOT DATA=PRES2;
PLOT (INBRRES COPRES INNERES RECORES)*(PAQU DOSI);
TITLE1 'DISPERSION DE RESIDUALES';
RUN;

/* Análisis de Relación - Variables Económicas */

PROC REG DATA=PEPINO2;
MODEL INBR COPR INNE RECO = DOSI DOSI2 /SS1 NOPRINT;
RUN;

REWEIGHT PAQU='P2' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT P.*DOSI;
TITLE1 'SS (P1) CUADRATICO';
RUN;

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ (P2) CUADRATICO';
RUN;

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P2';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ / BT60+ (P3) CUADRATICO';
RUN;

PROC REG DATA=PEPINO2;
MODEL INBR COPR INNE RECO = DOSI /SS1 NOPRINT;
RUN;

REWEIGHT PAQU='P2' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT P.*DOSI;
TITLE1 'SS (P1) LINEAL';
RUN;

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P3';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ (P2) LINEAL';
RUN;

REWEIGHT ALLOBS /RESET;
REWEIGHT PAQU='P1' OR PAQU='P2';
PRINT;
PLOT;
TITLE1 'SS / BT70+ / BT60+ (P3) LINEAL';
RUN;
```

ANEXO 5

Gráficas de dispersión de residuales

NOTA: A = 1 Observación, B = 2, C = 3, etc.

