

ANÁLISIS DE LOS EXPERIMENTOS CON HORTALIZAS

Por Angel Martínez G.*
José A. Laborde**
Edgar Rendón P.***

RESUMEN

Para los experimentos de cultivos como las hortalizas, en donde el rendimiento puede clasificarse en varias categorías, no existe en la literatura un método de análisis estadístico bien definido. El propósito de este trabajo es escribir un procedimiento de análisis suficientemente lógico, basado en consideraciones económicas. Así, en los ensayos comparativos, se define como mejor tratamiento aquél que produce la máxima ganancia económica por unidad de superficie. Se propone un índice económico como la característica por analizar, que depende de los rendimientos observados en cada una de las categorías en que se divide el rendimiento, así como el precio unitario correspondiente. Resulta claro observar que el método propuesto es aplicable directamente a los experimentos de mejoramiento, donde es importante determinar las mejores variedades o híbridos en ensayo. La metodología se ilustra con los resultados de un experimento de sandía, realizado por el Departamento de Hortalizas del CNI A.

SUMMARY

There is not a well defined statistical method in the literature for vegetable crops experimentation where yield can be classified in several categories. It is the purpose of this study to describe a logical analysis procedure based in economic considerations. In comparative experimentation, the best treatment is defined as that which produces the maximum economic gain per unit area. It is proposed an economical index as the characteristic to be analyzed. This index depends on the observed yield in each one of the categories in which yield is divided on as well as on the corresponding unitary price. It should be clear that the proposed method can be directly applied to the breeding experiments where it is important to identify the best varieties. The methodology is illustrated with results of an experiment with water melon varieties carried out by the Vegetable Crops Department of INIA (National Institute for Agricultural Research).

INTRODUCCION

En algunos experimentos agrícolas, como en el caso de los experimentos de hortalizas, la característica principal, el rendimiento de campo, se subdivide en varias categorías de acuerdo con la calidad y el tamaño del producto. La unidad para medir el rendimiento puede expresarse ton/ha, o en cajas del producto. Si denominamos a las categorías simbólicamente con las letras A, B, C, \dots, N , y a los rendimientos respectivos, en ca-

jas del producto, con los símbolos $y_A, y_B, y_C, \dots, y_N$, claramente, el rendimiento total y , vendrá dado por la expresión:

$$y = y_A + y_B + y_C + \dots + y_N \quad (1)$$

El rendimiento total y , es una característica muy importante desde el punto de vista agronómico, sin embargo, no es determinante para discriminar entre los tratamientos en ensayo. Para entender por qué el rendimiento y , no es suficiente para discriminar entre tratamientos, basta considerar el valor unitario en pesos por caja del producto, por cada categoría. En algunos casos los frutos de tamaño intermedio son los que obtienen los mejores precios, como en el caso del jitomate de exportación. Vamos a introducir a continuación un método de análisis que nos permite considerar el factor económico para discriminar entre tratamientos.

METODO DE ANALISIS

Sean $p_A, p_B, p_C, \dots, p_N$, precios de venta por caja del producto; estos precios, en general, dependen de la época en que se realizan las operaciones de venta. Indicaremos esto escribiendo $p_A(t), p_B(t), \dots, p_N(t)$, donde t representa la época en que se realiza la venta del producto. Para un tiempo dado t_0 , los precios correspondientes serán:

$$p_A(t_0), p_B(t_0), \dots, p_N(t_0)$$

Al tiempo t_0 el producto en pesos por unidad experimental puede expresarse como:

$$y_A \cdot p_A(t_0) + y_B \cdot p_B(t_0) + \dots + y_N \cdot p_N(t_0) = I \quad (2)$$

Suponiendo que los costos de producción son iguales para todos los tratamientos, (como es el caso de los experimentos de variedades), el índice I dado por la expresión (2) sería, desde el punto de vista del agricultor, la característica importante para discriminar entre tratamientos.

Cuando los costos de producción son diferentes para cada tratamiento, la característica por analizar debería ser la ganancia en pesos obtenida por unidad experimental. Supongamos que I_{ij} denota el índice (2) observado en la parcela con el tratamiento j del bloque i ,

* Profesor Investigador del CEC, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

** y *** Funcionarios del INIA.

y que C_j es el costo de producción del tratamiento j . La ganancia expresada en pesos debida al tratamiento j en el bloque i , será:

$$p_{ij} = I_{ij} - C_j \quad (3)$$

p_{ij} dado por (3) sería la característica importante, en este caso, para discriminar entre tratamientos. Un caso típico, donde los tratamientos tienen un costo diferente, es el caso de los experimentos de dosis de fertilizantes.

Tanto (2) como (3) son funciones del tiempo, puesto que a través del año hay fluctuaciones en los precios del producto en cada categoría. Para proceder al análisis podrían considerarse algunas posibles alternativas de precios tomando como base los datos de años anteriores. Podrían considerarse por ejemplo:

- i) Precios al principio de la temporada.
- ii) Precios a media temporada.
- iii) Precios al final de la temporada.

Debemos observar que para los objetos del análisis anterior no nos interesan los precios reales por categoría, sino los precios relativos entre una y otra categoría.

METODO ALTERNATIVO

Un método alternativo de análisis que no hace ningún énfasis sobre el aspecto económico, es considerar los rendimientos observados por categoría como una división de la parcela experimental. Podría considerarse al modelo de parcelas divididas como modelo básico para el análisis. Las conclusiones obtenidas de tal interpretación serían muy útiles desde el punto de vista

agronómico, pero completamente inútiles para el agricultor cuyo objetivo principal es incrementar sus ingresos.

EJEMPLO

Consideramos una serie de 3 experimentos con jitomate ejecutados en el ciclo (1969-1970) en el Campo Agrícola Experimental Costa de Jalisco, dependiente del INIA. Se ensayaron 2 variedades, a saber: (1) la variedad Ace y (2) la variedad Homestead 24. Los experimentos se colocaron en bloques al azar con 4 repeticiones cada uno, en 3 fechas de siembra diferentes. Debe observarse que dado el diseño de los experimentos el efecto de lugar resulta confundido con el efecto de la época de siembra. El primer experimento se cosechó en enero, el segundo en febrero y el tercero en marzo de 1970. Los frutos se clasificaron en 2 categorías: G, frutos grandes y Ch, frutos chicos. Dentro de los frutos grandes (G) se agruparon los tamaños 4 x 4, 4 x 5, 5 x 5 y 5 x 6, y dentro de los frutos chicos (Ch) se agruparon los tamaños 6 x 5, 6 x 7, 7 x 7 y 7 x 8. Los precios prevalentes en el mercado de exportación en las épocas de cosecha se presentan en el Cuadro 1. Los rendimientos observados expresados en cajas por hectárea por categoría de frutos, se presentan en el Cuadro 2. En la Tabla 3 se presentan los ingresos brutos I, expresados en pesos por hectárea, calculados a partir de los Cuadros 1 y 2. Ilustraremos los cálculos para la variedad 1 en la repetición 1 del primer experimento.

$$1239.4 \times 34.84 + 320.4 \times 43.53 = 57128.$$

Los análisis de la varianza correspondientes a los índices I, del Cuadro 3, se presentan en el Cuadro 4, supuestos costos de producción iguales para ambas variedades.

CUADRO 1

Precios de venta de jitomate/caja de Exportación

Categoría de Frutos	Enero	Febrero	Marzo
G	\$ 34.84	\$ 44.84	\$ 32.61
Ch	43.53	55.77	41.23

Tomado del boletín bimestral de CAADES (Julio-Agosto 1969)

CUADRO 2

Rendimientos de jitomate, cajas de exportación/ha

Var.	Rep.	Experimento G	No. 1 Ch	Experimento G	No. 2 Ch	Experimento G	No. 3 Ch
1	1	1239.4	320.4	575.7	79.7	226.4	10.4
2	1	1770.8	880.9	274.2	532.9	278.4	269.8
1	2	1468.4	161.6	744.3	66.2	163.6	9.5
2	2	1597.8	700.8	182.8	577.0	443.6	225.3
1	3	877.8	195.9	782.2	75.1	243.8	6.9
2	3	1383.6	883.6	330.1	739.0	532.8	666.8
1	4	1390.5	170.4	958.0	77.1	331.2	14.1
1	4	1558.6	687.1	505.2	650.0	291.4	160.4

CUADRO 3

Ingreso Bruto (I), Pesos/ha

Var	Rep.	Exp. No. 1	Exp. No. 2	Exp. No. 3
1	1	\$ 57 128	\$ 30259	\$ 7812
2	1	100 041	42015	20203
1	2	58 193	37066	5727
2	2	86 173	40736	23755
1	3	39 111	39262	8234
2	3	86 668	56016	44867
1	4	55 863	47257	11381
2	4	84 211	58903	16116

CUADRO 4
Análisis de la Varianza

Experimento No. 1				
Fuentes de Var.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calc.
Repeticiones	3	251'216,599		
Variedades	1	2693'706,600	2693'706,600	53.46 **
Error	3	151'135,061	50'378,354	
Total	7	3096'058,260		

Experimento No. 2				
Repeticiones	3	367'001,057		
Variedades	1	240'089,784	240'089,784	16.41 *
Error	3	43'909,350	14'636,450	
Total	7	651'000,191		

Experimento No. 3				
Repeticiones	3	154'849,899		
Variedades	1	644'171,671	644'171,671	5.47
Error	3	353'585,971	117'861,990	
Total	7	1152'607,541		

**Significancia al 1%
*Significancia al 5%

Los 3 experimentos muestran varianzas muy diferentes las cuales no pueden considerarse homogéneas. Utilizando como factores de ponderación los recíprocos de los errores estándar se transformaron los datos del Cuadro 3, obteniendo los resultados del Cuadro 5.

CUADRO 5

Datos ponderados por los Recíprocos de los errores estándar

Var.	Rep.	Exp. No. 1	Exp. No. 2	Exp. No. 3
1	1	8.0488	7.9092	0.7196
2	1	14.0948	10.9820	1.8609
1	2	8.1989	9.6884	0.5275
2	2	12.1410	10.6477	2.1881
1	3	5.5104	10.2624	0.7584
2	3	12.2107	14.6416	4.1328
1	4	7.8706	12.3522	1.0483
2	4	11.8645	15.3963	1.4845

Con los datos del Cuadro 5 se obtuvo el análisis de la varianza combinado dado por el Cuadro 6. Las conclusiones que se obtienen de este análisis son las siguientes: las variedades se comportan de un modo distinto en las distintas épocas de siembra (aún cuando el efecto de la época de siembra está confundido con el efecto del lugar, está claro, por la colocación de los experimentos dentro del mismo campo experimental, que predomina el efecto de la época de siembra); la mejor época de siembra para las 2 variedades, fue la primera,

donde ambas produjeron los máximos ingresos brutos. La variedad Homestead 24 superó significativamente a la variedad Ace en las primeras dos épocas de siembra, siendo más notable la superioridad de la primera variedad sobre la segunda, en la primera época de siembra. La tercera fecha de siembra fue claramente la menos favorable a las dos variedades; en esta época produjeron ingresos brutos semejantes, desde el punto de vista estadístico. Véanse los ingresos brutos medios presentados en el Cuadro 7.

CUADRO 6

Análisis Combinado

Fuentes de Var.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calc.
Experimentos	2	455.3041	227.6520	227.65 *
Rep. al Exp.	9	31.3749	3.4861	
Variedades	1	62.5927	62.5927	62.59 *
Var. x Exp.	2	12.7459	6.3730	6.37 *
Error	9	9.0000	1.0000	
Total	23	571.0176		

*Significativo al 5%

Remitimos al lector al libro de Cochran y Cox (1957), capítulo 14 donde se presentan los métodos de análisis de series de experimentos.

CUADRO 7

Ingresos Brutos Medios, (I)

Variedad	Exp. No. 1	Exp. No. 2	Exp. No. 3
1. Ace	\$ 52 574	\$ 38 641	\$ 8 538
2. Homestead 24	69 276	49 418	26 235

Nota: Obsérvese que en el Exp. No. 3 las variedades no son significativamente diferentes a pesar de la diferencia real observada entre las medias, debido al error experimental muy abultado de este experimento.

COMPARACION CON EL ANALISIS DE RUTINA

El análisis de rutina de estos experimentos se presenta en la Tabla 8. Esta tabla considera los análisis individuales de los datos de rendimiento en cajas de jitomate/ha.

Comparando los datos de la Tabla 8 con los del Cuadro 4, correspondiente a los análisis económicos, encontramos algunas diferencias. Primero, las F calculadas son lógicamente distintas. Y segundo, aún cuando

en los experimentos 1 y 3 llegamos con ambos tipos de análisis a las mismas conclusiones, en el Cuadro 8, experimento 2, aceptamos la hipótesis de que las medias de variedades son iguales, en tanto que en la tabla 4 rechazamos esta hipótesis al 5% de significancia en el experimento 2. Es decir, en general, no siempre ambos tipos de análisis nos llevarán a las mismas conclusiones.

CUADRO 8

Análisis de Varianza (Cajas/ha.)

Exp. No.	Fuentes de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Calc.
1	Repeticiones	3	197 089		
	Variedades	1	1656 200	1656 200	44.66 **
	Error	3	111 243	37 081	
	Total	7			
2	Repeticiones	3	165 934		
	Variedades	1	24 200	24 200	4.03
	Error	3	17 992	5 997	
	Total	7	208 126		
3	Repeticiones	3	155 946		
	Variedades	1	433 846	433 846	6.72
	Error	3	193 542	64 514	
	Total	7	783 348		

** Significancia al 1%

En el Cuadro 9 se presenta el análisis combinado de la varianza de los rendimientos de jitomate en cajas/ha.

CUADRO 9

Análisis combinado (cajas de jitomate/ha)

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F. Calc.
Experimentos	2	426.2905	213.1452	
Rep. de Exp.	9	35.4156	3.9351	
Variedades	1	42.4350	42.4350	42.67 **
Rep. x Exp.	2	12.9644	6.4822	5.62 *
Error	9	8.9950	0.9944	
Total	23	526.1005		

**Significancia al 1%

*Significancia al 5%

Al comparar los análisis combinados de los Cuadros 6 y 9, observamos resultados similares pero no idénticos. Las F calculadas tienen diferentes valores en cada tipo de análisis. Y así, en general, cuando tenemos un número grande de variedades, más posibilidades habrá de llegar a conclusiones diferentes. Los contrastes serán más notables cuanto más diferentes sean las proporciones de los rendimientos por categoría, de variedad a variedad. Asimismo, si las variaciones de precios a través del año son más importantes, estas variaciones se reflejarán en las ganancias netas y por consiguiente se hará más necesario un análisis económico.

CONCLUSIONES

Hemos demostrado a través de este trabajo, la necesidad de interpretar los experimentos hortícolas

sobre una base económica. Se ha considerado a la ganancia neta obtenida por tratamiento, como el índice apropiado para discriminar entre tratamientos. El ejemplo ilustrativo muestra que, en general, el análisis de rutina, basado exclusivamente en el análisis de los rendimientos de campo, no conduce a los mismos resultados que un análisis económico. Cuando nuestro interés principal es determinar el tratamiento que nos produce la máxima ganancia en pesos (casi siempre es este propósito), el análisis económico será más apropiado que el análisis de rutina.

BIBLIOGRAFIA

Cochran, W. G. y Cox, G. M. 1957. *Experimental Designs*. John Wiley and Sons, New York, N. Y.