

## **CONSIDERACIONES SOBRE EL RIESGO ASOCIADO A RECOMENDACIONES DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN**

*Florentino Vega B.<sup>1</sup>*

### **INTRODUCCIÓN**

En el IDIAP es de uso común el análisis económico y se utiliza la metodología recomendada por CIMMYT (1988) en el libro: La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. El método que se considera en este trabajo, no es antagónico sino complementario.

La metodología que se plantea es más útil cuando los tratamientos tienen costos iguales. Entre los experimentos que pudieran indicarse en el grupo de costos homogéneos están los de evaluación de variedades, épocas de siembra, entre otros. Debe indicarse que este método se utiliza tanto para factores cualitativos como cuantitativos.

El procedimiento tiene su base en el uso de la estimación por intervalos comúnmente llamados intervalos de confianza desarrollados por Cochran y Cox (1965), Mason y Lind (1990), Pimentel (1977) y Stell y Torrie (1985). Asumiendo normalidad en los datos, ésta nos indica que el valor promedio de una población está comprendido entre dos valores; con confianzas más comunes de 68, 95 y 99%. Asimismo, se indica que estos valores están dados por la media más o menos una, dos y tres veces la desviación estándar, según los porcentajes anteriores correspondientes. Además de la desviación estándar (DE) y los límites mínimos y máximos de los beneficios netos, otra característica para la evaluación del riesgo es el uso del coeficiente de variación (CV).

---

<sup>1</sup> Lic., M.Sc., Biometrista. IDIAP. Nivel Central e-mail: fvega@idiap.gob.pa

La idea es que, si se encuentran diferencias estadísticas significativas en el análisis de variancia, se escojan los tratamientos de acuerdo al mayor beneficio neto obtenido, al menor valor del coeficiente de variación, al menor error estándar y al máximo de los valores mínimos de beneficio neto. Estas características se combinan a juicio del investigador, para obtener la mejor decisión.

El no obtener diferencias estadísticas es un indicativo que, en otra ocasión que se repita el experimento, el orden de resultados de los tratamientos puede ser diferente al ocurrido la primera vez, por lo que hacer análisis económico y derivar recomendaciones a partir de éste, implica un alto riesgo.

Bajo este concepto, es importante agotar todos los esfuerzos analíticos posibles, antes de hacer cualquier recomendación a los productores.

El presente trabajo pretende estimular a los investigadores en el análisis económico del experimento, tomando en cuenta el riesgo de una recomendación agrotecnológica, en el proceso de encontrar las mejores opciones para el productor.

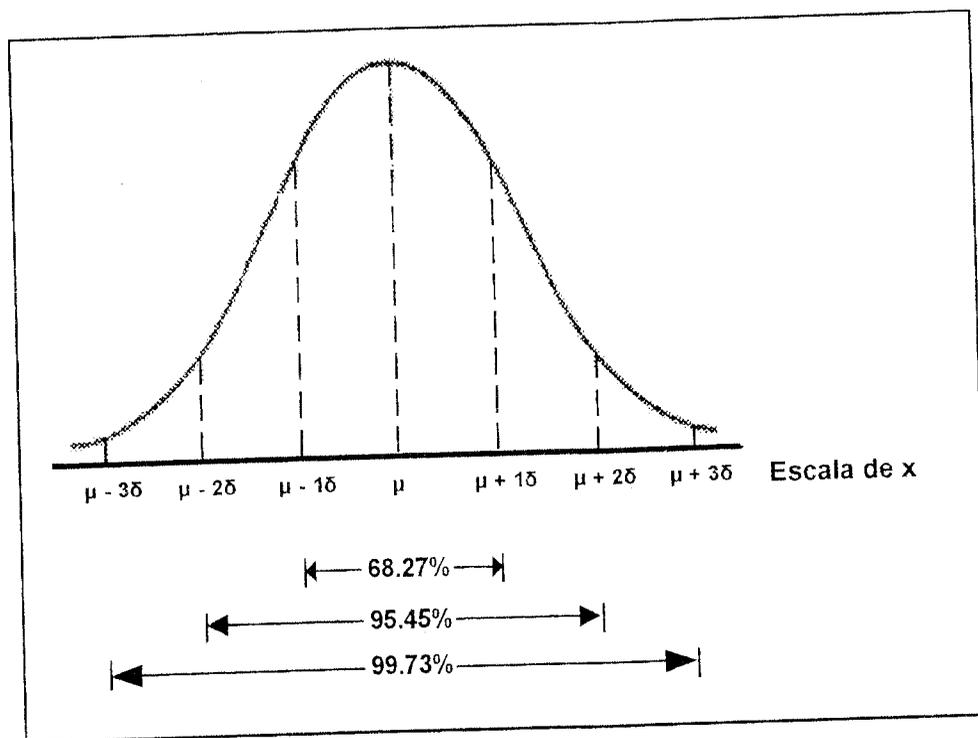
## MATERIALES Y MÉTODOS

La desviación estándar es una medida de variabilidad de los datos, mediante la cual se puede comparar dos conjuntos de datos. Esta medida puede ser mejor comprendida examinando dos enunciados: a) el Teorema de Chebyshev y b) la regla empírica.

El Teorema de Chebyshev indica que la proporción de cualquier distribución situada dentro de  $k$  desviaciones estándares de la media, es por lo menos  $1-(1/k^2)$  donde  $k$  es cualquier nú-

mero positivo mayor que 1. Este teorema se aplica a cualquier distribución de datos. Si por ejemplo:  $k=2$ , la proporción es 0.75 o el 75% de los datos.

La Regla Empírica indica que si una variable está distribuida normalmente, el 68% de los datos se encuentra entre más o menos una desviación estándar de la media; dentro de dos desviaciones se encuentra un 95% de la población y dentro de tres desviaciones, el 99.7%. Este último enunciado es utilizado en este trabajo.



**FIGURA 1. ÁREAS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL PARA LOS INTERVALOS DE LA MEDIA CON 68, 95 Y 99% DE CONFIANZA.**  
**FUENTE: Cochran y Cox (1965).**

### *Áreas bajo la curva Normal*

La Figura 1 presenta las características de una distribución probabilística normal, donde:

1) Aproximadamente el 68.27% del área bajo la curva normal está dentro de más o menos una desviación estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como  $\tilde{y} \pm 1S$ .

2) Aproximadamente el 95.45% del área bajo la curva normal está dentro de más o menos dos desviaciones estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como  $\tilde{y} \pm 2S$ .

3) Prácticamente toda el área (99.73%) bajo la curva normal está dentro de más o menos tres desviaciones estándar respecto a la media. Esto puede expresarse como  $\tilde{y} \pm 3S$ .

Las afirmaciones acerca de las características de la distribución normal, con respecto a la media y la desviación estándar, anotadas anteriormente, permiten indicar su uso en el cálculo de la probabilidad de obtener un beneficio neto específico, cuando se experimentan tecnologías para recomendar a los productores. La interpretación de los tres puntos mencionados en la Figura 1, se realiza mediante la teoría de los intervalos de confianza cuya definición establece que: "*El intervalo de confianza describe una gama de valores dentro los cuales se encuentra un parámetro de la población*" (CIP, 1979), en este caso, la media.

Los tres intervalos (68, 95 y 99%) son los más utilizados en investigación en casi todas las ciencias. Para fines de recomendación a los productores, con base en resultados de investigación agropecuaria, tomando en cuenta los beneficios netos y las probabilidades de riesgo, lo más importante es el valor mínimo de la media en el intervalo de confianza de 68% que se obtiene al estimar  $\tilde{y} - 1S$ .

La confiabilidad de recomendar una tecnología que tendría un beneficio neto mínimo con valor  $\tilde{y} - 1S$ , es el resultado de la diferencia de (100 - 68)% lo que equivale a 32% (Figura 1). De este valor, la mitad (16%) corresponde a la probabilidad de la curva normal a la izquierda de  $\tilde{y} - 1S$ ; el otro

16% es la probabilidad asociada al valor a la derecha de  $\tilde{y} + 1S$ . Luego, si se suma (68 + 16)% = 84%, este valor corresponde a la confiabilidad de obtener un beneficio neto mínimo de  $\tilde{y} - 1S$ , porque se trabaja sólo con el valor mínimo, asumiendo toda la probabilidad a la derecha de este número. Lo anterior indica que el riesgo es de 16% de no obtener al menos este beneficio mínimo.

No se recomienda indicar en la interpretación lo relacionado al valor máximo del beneficio neto ( $\tilde{y} + 1S$ ), asociado con la probabilidad, ya que la confiabilidad de obtener este valor máximo sería sólo de 16%, que es la probabilidad a la derecha del valor  $\tilde{y} + 1S$  en la curva normal y el riesgo sería de 84% de no obtenerlo. En cuanto al valor medio del beneficio neto, se puede apreciar, según la curva normal, que la probabilidad de obtenerlo es de 50%.

Es pertinente indicar, que por lo general, no se utiliza un intervalo al 95%, porque el valor mínimo del beneficio neto sería muy pequeño, de  $\tilde{y} - 2S$ , aún cuando la confianza sea mayor, que en este caso es de 97.5% para ese valor mínimo. Recordemos que la confiabilidad se calcula al restar (100 - 95)% = 5%; este resultado se divide entre las dos colas de la distribución normal obteniéndose 2.5% para cada lado, que sumado a los

95% da un total de 97.5% de confiabilidad. Igual sucede para el intervalo de confianza al 99%, donde el valor del beneficio neto sería aún más pequeño, aunque la confianza sería de 99.5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para ejemplificar el uso de la metodología, a continuación se presentan los resultados del ensayo sobre: **Respuesta de poroto a la aplicación de nitrógeno y fósforo realizado en Caisán, en el año 2001**, por el Ing. Edwin Lorenzo, IDIAP, CIAOC.

La media del beneficio neto del tratamiento 1 en el Cuadro 1 es de B/.1,441.30, con una DE de B/.340.10, luego el intervalo de confianza al 68% para el tratamiento 1 sería:

$$\begin{aligned} \text{Límite superior (B/.):} \\ 1,441.20 + 340.10 = 1,781.30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Límite inferior (B/.):} \\ 1,441.20 - 340.10 = 1,101.10 \end{aligned}$$

Esto indica que se tiene una probabilidad de 84 en 100 de obtener un beneficio neto de al menos B/. 1,101.00. Nótese que el coeficiente de variación corresponde a cada tratamiento y no al CV total, por lo que su evaluación es individual.

Para hacer las consideraciones pertinentes sobre el riesgo, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros: el beneficio neto promedio, límite inferior, límite superior, el CV y la desviación estándar. Así, por ejemplo, con los valores del Cuadro 1, existen otros tratamientos más confiables que el tratamiento 1, ya que su CV de 23.59%, es alto comparado con otros tratamientos. Además, todos los tratamientos lo superan en beneficio neto.

Otro ejemplo en el uso de esta metodología, se presenta a continuación con los resultados del ensayo sobre: **Evaluación de líneas y variedades de arroz de ciclo intermedio bajo riego**, realizado en el Centro Experimental Rodrigo Marciaq IDIAP, ubicado en el Coco, Penonomé, Panamá, por la Ing. Luisa Martínez, 2001.

El análisis de variancia realizado a los resultados del ensayo de variedades y líneas de arroz de ciclo intermedio bajo riego presenta diferencias altamente significativas con  $P < 0.003$ .

El Cuadro 2 muestra que el valor del coeficiente de variación de 8.57% es un indicativo que los errores aleatorios fueron bien controlados en

**CUADRO 1. ESTADÍSTICAS Y VALORES ECONÓMICOS DE LA RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE POROTO (*Pasheolus vulgaris*) A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO. CAISÁN, PANAMÁ. 2001.**

Tratamiento	Beneficio neto (BN) B/.	Desviación Estándar (DE) B/.	Coefficiente de variación (CV) %	BN mínimo observado	BN máximo observado
1	1441.3	340.1	23.59	1101.20	1781.40
2	1560.3	245.4	15.72	1514.90	1605.70
3	1678.1	222.7	13.27	1455.40	1900.80
4	1508.2	179.7	11.92	1328.50	1687.90
5	1740.0	330.7	19.01	1409.30	2070.70
6	1560.9	70.8	4.54	1490.10	1631.70
7	1696.5	279.4	16.47	1417.10	1975.90
8	1687.9	29.3	1.74	1658.60	1717.20
9	1924.6	350.9	18.23	1573.70	2275.50

Fuente: Experimento realizado por Lorenzo (2001) en el subcentro de Caisán, CIAOC-IDIAP y presentado en la Reunión Anual del Programa PROFRIJOL, Rep. Dominicana, marzo, 2002.

**CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANCA DEL ENSAYO SOBRE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARROZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2002.**

	R-CUADRADO	CV	RAIZ MSE		MEDIA BNETO
	0.669387	8.576521	135.886		1584.39
FACTOR	gl	SS	CM	F Valor	Pr > F
REP	2	77738.90	38869.45	2.11	0.1366
VARIEDAD	18	1268151.55	70452.86	3.82	0.0003

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

**CUADRO 3. COMPARACIONES MÚLTIPLES DE MEDIAS CON EL MÉTODO DE DUNCAN. ENSAYO SOBRE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARROZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2003.**

GRUPOS				BNETO	VARIEDAD
		A		1859.6	2
		A		1859.2	11
B		A		1754.2	6
B		A	C	1724.1	5
B	D	A	C	1681.1	15
B	D	A	C	1651.0	9
B	D		C	1609.7	12
B	D		C	1590.4	1
B	D		C	1570.5	10
B	D		C	1570.5	7
B	D		C	1568.0	18
B	D		C	1556.1	17
B	D	E	C	1539.7	16
	D	E	C	1521.1	4
	D	E		1492.4	13
	D	E		1489.3	3
	D	E		1481.9	8
F		E		1330.3	14
F				1254.8	19

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

el ensayo, siendo los resultados altamente confiables.

Las diferencias entre los beneficios netos de las variedades se muestran en el Cuadro 3, en donde se observa que el grupo de mayor rendimiento lo conforman las variedades con los números 2, 11, 6, 5, 15 y 9

cuyos rendimientos superan los B/.1,651.00. De éstos, las variedades que encabezan el grupo y superan significativamente al resto de las variedades evaluadas, son la 2 y 11 que obtuvieron beneficios netos de B/.1,859.60 y B/.1,859.20, respectivamente. Existe un grupo numeroso de materiales con beneficios

**CUADRO 4. BENEFICIOS NETOS E INTERVALOS DE CONFIANZA AL 68% DE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARRÓZ DE CICLO INTERMEDIO BAJO RIEGO. EL COCO, PENONOMÉ, PANAMÁ. 2001-2002.**

VARIEDAD	BNETO	DE	CV	LIMMIN	LIMMAX
2	1859.55	130.340	7.0092	1729.21	1989.89
11	1859.20	96.087	5.1682	1763.11	1955.29
6	1754.20	51.699	2.9472	1702.50	1805.90
5	1724.10	114.103	6.6181	1610.00	1838.20
15	1681.05	87.036	5.1775	1594.01	1768.09
9	1650.95	76.566	4.6377	1574.38	1727.52
12	1609.65	42.353	2.6312	1567.30	1652.00
1	1590.40	107.636	6.7678	1482.76	1698.04
7	1570.45	169.234	10.7761	1401.22	1739.68
10	1570.45	220.085	14.0142	1350.36	1790.54
18	1568.00	160.311	10.2239	1407.69	1728.31
17	1556.10	94.716	6.0867	1461.38	1650.82
16	1539.65	289.207	18.7839	1250.44	1828.86
4	1521.10	187.602	12.3333	1333.50	1708.70
13	1492.40	118.684	7.9526	1373.72	1611.08
3	1489.25	192.300	12.9125	1296.95	1681.55
8	1481.90	55.335	3.7341	1426.56	1537.24
14	1330.35	17.189	1.2921	1313.16	1347.54
19	1254.75	132.300	10.5439	1122.45	1387.05

Fuente: Experimento realizado por Martínez (2001), datos inéditos. IDIAP.

netos alrededor del beneficio neto promedio de B/.1,584.39. Las variedades con menor beneficio neto fueron 19 y 14, superadas por todas las demás con beneficios netos inferiores a B/.1,330.30.

Para las consideraciones de riesgo podemos observar en el Cuadro 4 los valores obtenidos por las diferentes variedades y líneas. La variedad 2 tiene un beneficio neto promedio de B/.1,859.55, el más alto de todos los evaluados, con una desviación

estándar de B/.130.34. Nótese que esta desviación provoca que el límite mínimo sea más bajo que el de la variedad 11. Sin embargo, su coeficiente de variación es bajo, 7.00% y se encuentra por debajo del promedio que es de 8.57% (Cuadro 2), aunque resultó mayor que el de la Variedad 11 (5.17%). Hasta aquí, las dos primeras variedades tienen características homogéneas con medias parecidas, CV bajos y límites mínimos mayores que el resto.

Luego se puede indicar que el productor tiene una confianza de 84 en 100 de obtener un beneficio neto de por lo menos B/.1,763.11 al sembrar la variedad 11. Con respecto a la variedad 2, las conclusiones son las mismas, excepto que el valor mínimo del beneficio neto es de B/.1,729.21.

Finalmente, hay que recordar que, cuanto mayor es la desviación estándar, menor es el valor del límite inferior del intervalo y mayor es el riesgo de recomendar una variedad. A estas mismas interpretaciones deben conducir los valores del coeficiente de variabilidad.

### AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los Ingenieros Miguel Sarmiento y Franklin Becerra por sus valiosos aportes en la revisión de este documento.

### BIBLIOGRAFÍA

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; Manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., México. 59 p.
- COCHRAN, W.; COX, G. 1965. Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México, D.F. 661 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1979. Curso de Estadística Experimental. Tomo 1 y 2. Lima, Perú. CIP. 459 p.
- MASON, R.; LIND, D. 1990. Estadística para Administración y Economía. Editorial Alfaomega, Ohio, USA. 911 p.
- PIMENTEL, F. 1977. Curso de Estadística Experimental. Editorial Librería Novel, S.A., Sao Paulo. 430 p.
- STEEL, R.; TORRIE, J. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Editorial McGraw-Hill, Bogotá. 622 p.