

Percepción por los expertos de la función de densidad de probabilidad de los rendimientos de cultivos

M. MERCÈ CLOP I GALLART (*)

FRANCISCO JUÁREZ RUBIO (*)

1. INTRODUCCIÓN

Day (1965) argumentó que en general las funciones de densidad de probabilidad (f.d.p.) de los rendimientos de los cultivos no se distribuyen normalmente. La literatura agronómica ha confirmado esa conclusión (por ejemplo Teigen y Thomas, 1995; Kaufmann y Snell, 1997). Las investigaciones de los economistas agrarios encontraron también evidencia de f.d.p. no simétricas (Gallagher, 1986, 1987; Nelson y Preckel, 1989; Nelson, 1990; Taylor, 1990; Kaylen y Koroma, 1991; Moss y Shonkwiler, 1993; Ramírez, 1997; Goodwin y Ker, 1998; Ramírez *et al.*, 2003).

Los trabajos anteriores se basan en series temporales de rendimientos observados, y tienen interés en la contrastación de las formas de las funciones de densidad. Sin embargo, se duda que las f.d.p. puedan ser estimadas objetivamente de tal forma que sean útiles para utilizarlas en los modelos de simulación de la explotación agraria o en modelos de ayuda a la decisión individuales (Pease, 1992). Just y Weninger (1999) argumentaron contra la bondad de la hipótesis estadística de no simetría de las f.d.p., subrayando los problemas metodológicos estadísticos implicados en la estimación de las mismas a partir de series de datos observados. Atwood *et al.* (2003) utilizaron procedimientos Monte Carlo para demostrar que la metodología

(*) Departamento de Administración de Empresas y Gestión Económica de los Recursos Naturales, Universitat de Lleida.

empleada por Just y Weninger (1999) tiende a menudo a sesgar el análisis en la dirección de no rechazar la normalidad en distribuciones de errores no normales. Anderson (1997, p. 2) puntualizó «Risk perception is an art form that is quintessentially subjective». Debido a ello en los últimos años se han realizado esfuerzos en la estimación de f.d.p. de rendimientos de cultivos utilizando técnicas bayesianas, por ejemplo en el ámbito de los seguros agrarios.

Existe evidencia empírica a favor de que muchos agricultores realizan decisiones correctas al establecer sus programas de producción. Discutiendo la experiencia del Federal Crop Insurance Program, Miranda (1991) reconoció que «producers are better informed about the distribution of their own yields and thus are better able to assess the actuarial fairness of their premium than the insurer...». Las buenas o malas decisiones de los agricultores sobre sus planes de producción suponen una estimación implícita por su parte de las f.d.p. de los rendimientos de los cultivos. En base a esta hipótesis, diversos autores han intentado obtener las f.d.p. subjetivas de los agricultores. En estos trabajos se ha discutido la eficacia de las técnicas de determinación utilizadas (exactitud, fiabilidad, aceptabilidad y exactitud predictiva; ver Norris y Kramer (1990)).

Las estimaciones de las f.d.p. subjetivas (personalistas) han obtenido también generalmente funciones de densidad de probabilidad asimétricas, e intervalos aceptables en la estimación del valor medio (Bessler, 1980; Grisley y Kellogg, 1983; Pease, 1992; Smith y Mandac, 1995). Sin embargo, la literatura señala que posiblemente la varianza es sistemáticamente subestimada.

Se ha conjeturado en la literatura que la subestimación de la varianza está producida por sesgos cognitivos (p.e. Smith y Mandac, 1995; Tversky y Kahneman, 1974). La subestimación de la varianza es uno de los primeros resultados experimentales descritos en la literatura sobre sesgos en la estimación de probabilidades, como puede verse en Winkler (1967), y repetidamente confirmado. Igualmente se ha señalado que los sesgos cognitivos afectan por igual a expertos y no expertos (Kahneman, Slovic y Tversky, 1984).

En este trabajo se describe el resultado de una encuesta realizada para contrastar la hipótesis de que los expertos en Fitotecnia y otras disciplinas no económicas relacionadas, que en general tienen una buena formación estadística y práctica suficiente sobre la aplicación de esas técnicas y la observación de rendimientos, realizan estimaciones de la f.d.p. de los rendimientos de los cultivos con resultados semejantes a los descritos en la literatura para los agricultores y los agentes de extensión.

2. EL EXPERIMENTO

Fueron identificados en las universidades españolas y en otras instituciones de investigación 185 investigadores del ámbito de la Fito-tecnia y otras disciplinas no económicas relacionadas. En esta población, se entrevistaron 38 expertos (con un cuestionario disponible mediante petición a los autores) sobre algunos aspectos relacionados con sus percepciones sobre las f.d.p. de los rendimientos de los cultivos y el comportamiento de los agricultores. Los expertos fueron seleccionados siguiendo el criterio de retener a aquellos que indicaron un conocimiento y una experiencia suficientes sobre los rendimientos de cultivos. La encuesta fue llevada a cabo en el segundo semestre del año 1997.

Se pidió a los expertos que se autclasificaran en áreas de especialización. Un experto puede estar especializado en más de un área. Los resultados se han resumido en el cuadro 1.

Cuadro 1

AUTOCLASIFICACIÓN EN ÁREAS DE ESPECIALIZACIÓN

Área de especialización	Respuestas expertos
Cultivos Anuales Herbáceos Extensivos	27
Cultivos Anuales Herbáceos Intensivos	20
Cultivos de Invernadero	7
Horticultura	9
Fruticultura	13
Cultivos Herbáceos Plurianuales Extensivos	7
Cultivos Herbáceos Plurianuales Intensivos	13
Cultivos Plurianuales Leñosos	12

Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas a las cuestiones podían ser «verdadero» (V), «falso» (F), «en algunos casos verdadero, pero en otros casos falso» (O), «no entiendo la pregunta» (X), y «no responde» (N).

La información sobre los cultivos está siempre referida a los cultivos seleccionados por el sujeto entrevistado, considerando su experiencia profesional. No se propone ningún cultivo particular en el cuestionario.

Para cada cultivo, el sujeto declara un rendimiento medio. A este valor del rendimiento le denominaremos en lo que sigue «rendi-

miento medio declarado». Este valor parece que está fácilmente disponible en los expertos.

Las técnicas de determinación de las f.d.p. son divididas convencionalmente en métodos directos e indirectos (p.e. Norris y Kramer, 1990). En los métodos directos, los sujetos declaran los puntos de la f.d.p. directamente. En las aproximaciones indirectas, los sujetos atribuyen probabilidades a partir de decisiones individuales en una situación de elección, normalmente con recompensas. En esta investigación, solamente se han utilizado métodos directos para la estimación de f.d.p. de rendimientos de cultivos.

Se han utilizado tres técnicas de asignación de probabilidades: estimación de f.d.p. en dos etapas, y ajuste de distribuciones triangular y beta.

En la técnica de estimación de f.d.p. en dos etapas, el sujeto atribuye en primer lugar una frecuencia (en porcentaje) a cada una de las cinco clases de cultivos siguientes: años de rendimientos muy malos, años de rendimientos malos, años de rendimientos normales, años de rendimientos buenos y años de rendimientos muy buenos. En esta etapa, el sujeto atribuye frecuencias a cinco intervalos de una escala ordinal. En la segunda etapa, el sujeto indica el intervalo de rendimientos que considera adecuado para describir un año de rendimientos muy malos, un año de rendimientos malos, etc. El sujeto traduce de la escala ordinal a una escala *ratio*. El producto final es un histograma de rendimientos de cultivos con cinco intervalos. A partir del histograma se pueden calcular los valores de su media y su varianza para cada distribución obtenida. No tenemos constancia de que esta técnica haya sido utilizada en investigaciones previas.

En el método de la distribución triangular, el sujeto especifica el rendimiento más alto posible, el rendimiento más bajo posible, y el rendimiento más frecuente (Sonka y Patrick, 1984). Con esta información se estiman la media y la varianza de la distribución. En el método de la distribución beta, se utiliza la aproximación PERT (Moskowitz y Bullers, 1979).

Para determinar la exactitud de las estimaciones, se comparan las medias calculadas de las estimaciones de las f.d.p. de los rendimientos de los cultivos con los rendimientos medios declarados previamente por los sujetos. También las medias calculadas mediante el método de estimación de f.d.p. en dos etapas (histograma) son comparadas con los valores medios de las distribuciones triangular y beta. Las varianzas de las f.d.p. estimadas se comparan entre sí. La baja dispersión de las medias calculadas y declaradas puede ser interpretada

como una indicación de la bondad de la estimación. Una alta dispersión de las varianzas puede ser interpretada como una menor exactitud en la estimación.

3. ESTIMACIÓN DE F.D.P. EN DOS ETAPAS

En la pregunta 6 se pidió al experto que expresara el porcentaje de años en los que se obtenían, para un cultivo dado, rendimientos muy buenos, buenos, normales, malos y muy malos. Se obtuvo así una f.d.p. para los rendimientos de los cultivos en una escala ordinal (cinco intervalos). Esta pregunta fue contestada por 33 de los 38 sujetos encuestados (un mismo sujeto podía informar sobre varios cultivos).

Un primer resultado de interés es que los expertos muestran una tendencia a declarar una f.d.p. «estrecha». A este fenómeno lo hemos denominado «reducción de intervalos». Consiste en que el sujeto asigna una frecuencia 0 a uno o más de los cinco intervalos definidos ordinalmente (generalmente a los intervalos extremos izquierdo y/o derecho). En el cuadro 2 se resumen las respuestas obtenidas.

Cuadro 2

REDUCCIÓN DE INTERVALOS (CASOS)

Cultivos anuales	Cola izquierda	Colas izquierda y derecha	Cola derecha	Total respuestas (casos)
Secano	1	3	3	33
Regadío	15	8	0	34

Fuente: Elaboración propia.

En los cultivos de regadío los sujetos tienden a subrayar su percepción de una menor variabilidad relativa de los rendimientos asignando frecuencias nulas a los rendimientos extremos «muy buenos» y «muy malos». En los cultivos de secano este tipo de respuestas fue mucho menos frecuente.

En ocasiones el experto no asignó una frecuencia nula a las colas izquierda y derecha, pero concentró más del 85 por ciento de la frecuencia en los tres intervalos centrales (rendimientos buenos, normales y malos). Se obtuvieron 10 respuestas de esta clase en cultivos de secano (de 33 casos) y 22 en cultivos de regadío (de 34 casos). En

general, la forma de la f.d.p. tendía a ser asimétrica. Solamente en 11 casos de secano y en 11 casos de regadío se asignaron frecuencias simétricas respecto al intervalo central. Los sujetos indicaron generalmente una moda (funciones unimodales) situada en el intervalo central.

Si se numeran los intervalos de 1 a 5 (siendo 1 el intervalo de rendimientos «muy malos» y 5 el intervalo de rendimientos «muy buenos»), la mediana de la f.d.p. se encontraría situada en los puntos resumidos en el cuadro 3 (donde 2 sería la frontera derecha del segundo intervalo, y la izquierda del tercero o central; y 2,5 sería el punto medio del intervalo central).

Cuadro 3

MEDIANA DE LOS INTERVALOS DEFINIDOS EN LA ESCALA ORDINAL (Nº DE CASOS)

Cultivos anuales	Posición de la mediana en los intervalos				Total casos
	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	
Secano	2	21	10		33
Regadío		13	20	1	34

Fuente: Elaboración propia.

El valor de la mediana indica una tendencia a asignar frecuencias altas a los intervalos centrales. Sin embargo, los sujetos señalan diferencias entre clases de cultivos. En los cultivos de secano los sujetos asignan mayores frecuencias a la parte izquierda del intervalo central. En los cultivos de regadío los sujetos asignan mayor frecuencia a la parte derecha del intervalo central.

En la pregunta 12, se pidió al sujeto que indicara qué intervalos de rendimientos de cultivos (kg/ha) considera «muy buenos», «buenos», «normales», «malos» y «muy malos». Expresamente se pedía que definiera un intervalo de rendimientos para cada clase de rendimientos. Se trataba de encontrar una relación entre la escala ordinal de la primera etapa y los mismos rendimientos expresados en una escala ratio. De esta forma se obtuvo una estimación de la f.d.p. sobre una escala ordinal.

La posición de la moda respecto al punto medio del recorrido se resume en el cuadro 4.

Para estudiar la posición relativa de la mediana, cada recorrido fue expresado como unidad. De esta forma todos los recorridos fueron

reducidos al intervalo $[0,1]$. La posición de la mediana en estos intervalos se puede consultar en el cuadro 5.

Cuadro 4

POSICIÓN DE LA MODA RESPECTO AL PUNTO MEDIO DEL RECORRIDO

Cultivos anuales	Posición de la moda			Total respuestas (casos)
	Izquierda	Centro	Derecha	
Secano	18	3	11	32
Regadío	9	4	14	27

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5

POSICIÓN RELATIVA DE LA MEDIANA (INTERVALOS REDUCIDOS AL INTERVALO $[0,1]$)

Cultivos anuales	Posición de la mediana en un intervalo $[0,1]$					Total respuest.
	<0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	>0,6	
Secano	4	3	13	10	2	32
Regadío	0	2	7	12	6	27

Fuente: Elaboración propia.

4. ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA FORMA DE LA F.D.P.

En la pregunta 7 se pidió a los sujetos que indicaran: (a) el número de modas en la f.d.p. para los cultivos conocidos; (b) si la f.d.p. es simétrica o asimétrica; y (c) en caso de que la f.d.p. sea asimétrica, la posición relativa de la moda. Las respuestas obtenidas se resumen en el cuadro 6.

Cuadro 6

ESTIMACIÓN DIRECTA POR LOS SUJETOS DE LA F.D.P. DE LOS RENDIMIENTOS DE CULTIVOS

Cultivos anuales	Forma de la f.d.p. de los rendimientos de los cultivos				Número de modas			
	Simétrica	Moda a la izquierda	Moda a la derecha	Total respuestas	1	2	3	Total respuestas
Secano	13 (48%)	7 (26%)	7 (26%)	27	21 (75%)	5 (18%)	2 (7%)	28
Regadío	16 (57%)	2 (7%)	10 (36%)	28	26 (84%)	3 (10%)	2(6%)	31

Fuente: Elaboración propia.

En esta estimación directa de la forma de la f.d.p., los sujetos tienden a dar un mayor número de valores simétricos que en el caso de la estimación en dos etapas discutida anteriormente.

En la pregunta 9 se indicaba a los sujetos que señalaran una distribución o f.d.p. estadística paramétrica conocida (binomial, normal, gamma, beta, etc.) para describir la f.d.p. de los rendimientos de los cultivos. Las respuestas obtenidas se resumen en el cuadro 7.

Cuadro 7

TIPOS DE F.D.P. ESTADÍSTICAS SELECCIONADAS PARA DESCRIBIR LA F.D.P.
DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

Función de densidad de probabilidad	Cultivos anuales de secano	Cultivos anuales de regadío
Normal	12	11
Binomial	1	1
No responde	25	26

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que los sujetos no disponen de una respuesta segura a esta cuestión, y probablemente aumentan su estimación de las formas simétricas (especialmente la f.d.p. normal) debido a un sesgo sugerido por sus métodos habituales de contrastación de hipótesis.

5. MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LOS TRES VALORES

En la pregunta 11, se solicitó a los sujetos los valores modal (M), mínimo (L) y máximo (H) para los rendimientos de cada cultivo conocido. En base a estos valores se ajustaron las distribuciones estadísticas triangular y beta. También se les solicitó una estimación directa puntual del rendimiento medio para cada cultivo («rendimiento medio declarado» o m).

Se estimó la posición de la moda, mediante la relación (M-L): (H-L). Los resultados se han resumido en el cuadro 8.

Se observa que la posición relativa de la moda tiende a estar a la izquierda del punto medio del recorrido de rendimientos en ambos tipos de cultivos. No se expresan diferencias importantes en la posición de la moda entre cultivos de secano y de regadío.

Cuadro 8

POSICIÓN RELATIVA DE LA MODA (M) (MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LOS TRES VALORES)

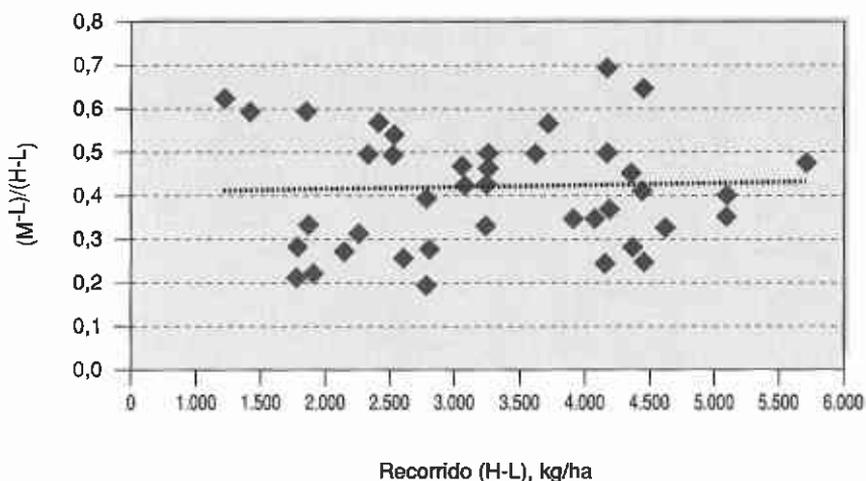
Cultivos anuales	Valor (M-L): (H-L)				
	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1
Secano	1 (2%)	20 (42%)	24 (50%)	3 (6%)	0
Regadío	1 (2%)	17 (39%)	23 (52%)	3 (7%)	0

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de la posición relativa de la moda de los cultivos anuales de secano se ha resumido en el gráfico 1 (los resultados obtenidos para los cultivos de regadío son semejantes).

Figura 1

Posición relativa de la moda para rendimientos de cultivos anuales, en kg./ha (M = valor modal, L = valor mínimo y H = valor máximo).



Fuente: Elaboración propia..

6. MEDIA Y VARIANZA DE LOS RENDIMIENTOS

A partir de las distribuciones estadísticas triangular y beta, se calculó la media de los rendimientos de cultivos estimados, mediante las fórmulas $T = (1/3) (L+M+H)$ y $B = (1/6) (L+ 4 M + H)$, respectiva-

mente. También se calculó la media del histograma (h) de rendimientos de cultivos obtenido mediante el método de las dos etapas. Dichos valores fueron comparados con el «rendimiento medio declarado» (m). Los resultados se han resumido en los cuadros 9, 10 y 11 respectivamente.

Cuadro 9

**DIFERENCIAS RELATIVAS EN LAS ESTIMACIONES TRIANGULARES DE VALORES MEDIOS
(NÚMERO DE CASOS)**

Estimación triangular	100 (T-m): m						Mediana de las diferencias relativas
	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-30%	<30%	
Secano	18	12	6	6	3	1	7,1%
Regadío	18	13	4	4	2	2	6,3%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10

**DIFERENCIAS RELATIVAS EN LAS ESTIMACIONES BETA DE VALORES MEDIOS
(NÚMERO DE CASOS)**

Estimación beta	100 (B-m): m						Mediana de las diferencias relativas
	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-30%	<30%	
Secano	20	12	9	2	2	1	6,2%
Regadío	22	8	6	3	2	2	4,9%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11

**DIFERENCIAS RELATIVAS EN LAS ESTIMACIONES HISTOGRAMA DE VALORES MEDIOS
(NÚMERO DE CASOS)**

Estimación histograma	100 (m-h): m						Mediana de las diferencias relativas
	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-30%	<30%	
Secano	3	3	2	8	5	5	18,1%
Regadío	6	6	4	1	2	5	10%

Fuente: Elaboración propia.

La comparación entre los valores medios de las f.d.p. de rendimientos de cultivos obtenidas viene resumida en los cuadros 12 y 13.

Cuadro 12

DIFERENCIAS RELATIVAS EN VALORES MEDIOS (TRIANGULAR E HISTOGRAMA)
(NÚMERO DE CASOS)

Triangular-histograma	100 (T-h): h						Mediana de las diferencias relativas
	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-30%	<30%	
Secano	7	2	3	5	1	8	16%
Regadío	9	7	4	1	1	2	7%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13

DIFERENCIAS RELATIVAS EN VALORES MEDIOS (BETA E HISTOGRAMA)
(NÚMERO DE CASOS)

Beta-histograma	100 (B-h): h						Mediana de las diferencias relativas
	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-30%	<30%	
Secano	5	5	4	3	4	5	13,8%
Regadío	12	5	3	1	2	1	5%

Fuente: Elaboración propia.

En los cultivos de regadío, las medias obtenidas a partir de las funciones de densidad (histograma, triangular y beta) toman valores similares entre ellas y con el valor del «rendimiento medio declarado». En el caso de los cultivos de secano, la media de las distribuciones triangular y beta está cercana al «rendimiento medio declarado». No obstante, existe una mayor diferencia entre la media del histograma y el «rendimiento medio declarado». También existe una mayor diferencia entre la media calculada del histograma y las medias de las distribuciones triangular y beta.

Los valores de las varianzas de los rendimientos fueron calculados para la estimación triangular (VT), $VT = (1/18) [(H-L)^2 + (M-L)(M-H)]$, la estimación beta (VB), $VB = (1/36) (H-L)^2$ y la estimación mediante el método de las dos etapas (estimación histograma, o Vh). Las diferencias en la estimación de las varianzas se han resumido en los cuadros 14 y 15.

La mayoría de los expertos estima un histograma de frecuencias de rendimientos de cultivos con mayor varianza que la resultante de sus aproximaciones a funciones triangulares y beta.

Cuadro 14

DIFERENCIAS RELATIVAS EN VARIANZAS (TRIANGULAR E HISTOGRAMA)
(NÚMERO DE CASOS)

Cultivos anuales	100 (VT-Vh): Vh						Mediana de las diferencias relativas
	-100,-70%	-70,-50%	-50,-30%	-30,-10%	-10,10%	>10%	
Secano	0	6	6	4	3	7	-25%
Regadío	1	2	4	5	6	6	-10%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 15

DIFERENCIAS RELATIVAS EN VARIANZAS (BETA E HISTOGRAMA)
(NÚMERO DE CASOS)

Cultivos anuales	100 (VB-Vh): Vh						Mediana de las diferencias relativas
	-100,-70%	-70,-50%	-50,-30%	-30,-10%	-10,10%	>10%	
Secano	3	11	5	3	0	4	-55%
Regadío	3	4	8	4	1	4	-38%

Fuente: Elaboración propia.

En las estimaciones de rendimientos, el recorrido de las funciones declaradas (histograma, triangular y beta) es del orden de 1 (secano) a 8 (regadío) en valores absolutos. El recorrido dividido por el valor del «rendimiento medio declarado» es ligeramente menor en los cultivos de regadío que en los de secano (del orden de 1,25 y 1 respectivamente).

7. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis, podemos argumentar que los sujetos establecieron f.d.p. asimétricas, pero que tienen una percepción más clara de la distribución normal, seguramente un sesgo provocado por los métodos estadísticos de contrastación de hipótesis utilizados en sus investigaciones.

En el método de estimación de f.d.p. en dos etapas, en el caso de cultivos de regadío, los expertos muestran una clara tendencia a concentrar la probabilidad en los intervalos centrales de rendimientos. Los intervalos, sin embargo, fueron definidos en una escala ordinal con cinco clases, etiquetadas en lenguaje natural. Lo anterior puede

que exprese una fuerte opinión sobre la existencia de una varianza relativamente pequeña en dichos cultivos.

En un número significativo de casos, los expertos incluso asignan una frecuencia nula a los intervalos extremos. Puede que estos resultados estén determinados por el significado de los términos utilizados para etiquetar los intervalos. Los expertos expresarían su opinión de que en cultivos de regadío no se puede hablar de «rendimientos muy malos» y/o de «rendimientos muy buenos». Sin embargo, creemos más razonable suponer que la reducción de intervalos expresa su opinión de que la varianza de los cultivos de regadío es relativamente baja. El problema está en determinar qué proceso cognitivo subjetivo les permite obtener esa conclusión. Lo que parece claro es que las clases de rendimientos no son percibidas por los sujetos como clasificaciones relativas, en cuyo caso no deberían mostrar reticencia a distribuir el recorrido de los rendimientos en cinco intervalos.

La baja variabilidad implícita percibida por los expertos en los cultivos de regadío, explicaría que cuando se calcula el valor medio de las distintas f.d.p. de rendimientos de cultivos obtenidas (histograma, triangular y beta) y se compara con los rendimientos medios declarados, se obtengan valores muy similares en todos los casos (cuadros 9 a 13).

Para los cultivos de secano la situación percibida por los expertos es muy diferente, posiblemente debido a que conjeturan una mayor varianza relativa de las f.d.p. de rendimientos de cultivos. Los valores medios obtenidos en las aproximaciones triangulares y beta son semejantes al «rendimiento medio declarado». Sin embargo, la diferencia es grande entre la media del histograma comparada con el rendimiento medio declarado, y también con la media de la aproximación triangular (y en menor medida con la media de la beta). Posiblemente, lo anterior sea consecuencia de que en las aproximaciones triangular y beta, el rendimiento medio declarado sirva de ancla a las estimaciones L, M y H.

Al comparar las varianzas del histograma de rendimientos subjetivo y de las aproximaciones triangular y beta, se observa que un elevado porcentaje de sujetos atribuye mayor varianza al histograma que a las aproximaciones funcionales. Se obtienen valores de la varianza más parecidos entre el histograma y la aproximación triangular (cuadros 14 y 15).

En general, podría argumentarse que los resultados obtenidos son similares a los descritos en otros experimentos en la literatura:

f.d.p. asimétricas, estimación precisa de la media y varianzas reducidas. Dicho resultado es explicado a menudo en la literatura como un sesgo cognitivo. Sin embargo, si en efecto los agricultores sufrieran ese sesgo cognitivo, algunas de sus decisiones sobre elección de planes de producción deberían mostrarlo. El sesgo cognitivo debería tener consecuencias sobre la composición de la cartera de cultivos. Sin embargo, la evidencia empírica parece señalar lo contrario.

Si los agricultores y los expertos en Fitotecnia manejan con relativa comodidad conceptos relacionados con el rendimiento medio de los cultivos, y por el contrario, según la literatura, muestran una gran ceguera hacia las medidas de dispersión, como la varianza, y otras medidas como la asimetría, probablemente ello sea consecuencia de que emplean mecanismos cognitivos en los que no son necesarias estas últimas medidas. Como tanto la programación de cultivos que realizan los agricultores como las estimaciones de mejora en los rendimientos en los resultados de su investigación que realizan los expertos necesita un buen conocimiento de las medidas de variación de los rendimientos, probablemente ocurra que las medidas que ellos utilizan en su lugar sean diferentes a la varianza u otras medidas continuas de dispersión.

El comportamiento de los expertos en nuestro experimento sugiere una mejor percepción de la variabilidad de los rendimientos que la declarada implícitamente en las respuestas obtenidas. La tendencia a reducir intervalos en los cultivos de regadío parece indicar con fuerza esa idea. La investigación futura debe buscar explicaciones a las aparentes anomalías que en la estimación de las f.d.p. sufren tanto los agricultores como los expertos en Fitotecnia, estos últimos bien entrenados en el manejo de conceptos estadísticos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J. R. (1997): «An 'ABC' of Risk Management in Agriculture: Overview of Procedures and Perspectives», en R.B.M. Huirne, J.B. Hardaker, A.A. Dijkhuizen (ed.): *Risk Management Strategies in Agriculture: the State of the Art and Future Perspectives*. Mansholt Institute. Wageningen, The Netherlands.
- ATWOOD, J.; SHAIK, S. y WATTS, M. (2003): «Are Crop Yields Normally Distributed? A Reexamination». *American Journal of Agricultural Economics*, 85 (4): pp. 888-901.
- BESSLER, D. A. (1980): «Aggregated Personalistic Beliefs on Yields of Selected Crops Estimated Using ARIMA Processes». *American Journal of Agricultural Economics*, 62 (4): pp. 666-674.

- CLOP, M. M. (2000): *Sistemas de Ayuda a la Modelización de la Producción en la Empresa Agraria*. Tesis Doctoral, Universitat de Lleida.
- DAY, R. H. (1965): «Probability Distributions of Field Crop Yields». *Journal of Farm Economics*, 47 (3): pp. 713-741.
- GALLAGHER, P. (1986): «U.S. Corn Yield Capacity and Probability: Estimation and Forecasting with Nonsymmetric Disturbances». *North Central Journal of Agricultural Economics*, 8 (1): pp. 109-122.
- GALLAGHER, P. (1987): «U.S. Soybean Yields: Estimation and Forecasting with Nonsymmetric Distributions». *American Journal of Agricultural Economics*, 69 (4): pp. 796-803.
- GOODWIN, B. K. y KER, A. P. (1998): «Nonparametric Estimation of Crop Yield Distributions: Implications for Rating Group-Risk Crop Insurance Contracts». *American Journal of Agricultural Economics*, 80 (1): pp. 139-153.
- GRISLEY, W. y KELLOGG, E. D. (1983): «Farmers' Subjective Probabilities in Northern Thailand: An Elicitation Analysis». *American Journal of Agricultural Economics*, 65 (1): pp. 74-82.
- JUST, R. E. y WENINGER, Q. (1999): «Are Crop Yields Normally Distributed?». *American Journal of Agricultural Economics*, 81 (2): pp. 287-304.
- KAHMENAN, D.; SLOVIC, P. y TVERSKY, A. (1984): *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KAUFMANN, R. K. y SNELL, S. E. (1997): «A Biophysical Model of Corn Yield: Integrating Climatic and Social Determinants». *American Journal of Agricultural Economics*, 79 (1): pp. 178-190.
- KAYLEN, M. S. y KOROMA, S. S. (1991): «Trend, Weather Variables, and the Distribution of U.S. Corn Yields». *Review of Agricultural Economics*, 13 (2): pp. 249-258.
- MIRANDA, M. J. (1991): «Area-Yield Crop Insurance Reconsidered». *American Journal of Agricultural Economics*, 73 (2): pp. 233-242.
- MOSKOWITZ, H. y BULLERS, W. I. (1979): «Modified PERT versus Fractile Assessment of Subjective Probability Distributions». *Organizational Behavior and Human Performance*, 24 (2): pp. 167-194.
- MOSS, C. B. y SHONKWILER, J. S. (1993): «Estimating Yield Distributions with a Stochastic Trend and Nonnormal Errors». *American Journal of Agricultural Economics*, 75 (4): pp. 1.056-1.062.
- NELSON, C. H. y PRECKEL, P.V. (1989): «The Conditional Beta Distribution as a Stochastic Production Function». *American Journal of Agricultural Economics*, 71 (2): pp. 370-378.
- NELSON, C. H. (1990): «The Influence of Distributional Assumptions of the Calculation of Crop Insurance Premia». *North Central Journal of Agricultural Economics*, 12: pp. 71-78.
- NORRIS, P. E. y KRAMER, R. A. (1990): «The Elicitation of Subjective Probabilities with Applications in Agricultural Economics». *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 58 (2-3): pp. 127-147.
- PEASE, J. W. (1992): «A Comparison of Subjective and Historical Crop Yield Probability Distributions». *Southern Journal of Agricultural Economics*, 24 (2): pp. 23-32.

- RAMÍREZ, O. A. (1997): «Estimation and Use of a Multivariate Parametric Model for Simulating Heteroskedastic, Correlated, Nonnormal Random Variables: The Case of Corn Belt Corn, Soybean, and Wheat Yields». *American Journal of Agricultural Economics*, 79 (1): pp. 191-205.
- RAMÍREZ, O. A.; MISRA, S. y FIELD, J. (2003): «Crop-Yield Distributions Revisited». *American Journal of Agricultural Economics*, 85 (1): pp. 108-120.
- SMITH, J. y MANDAC, A. M. (1995): «Subjective versus Objective Yield Distributions as Measures of Production Risk». *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (1): pp. 152-161.
- SONKA, S. T. y PATRICK, G. F. (1984): «Risk Management and Decision Making in Agricultural Firms», en P. J. Barry (ed.): *Risk Management in Agriculture*. pp. 95-115. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- TAYLOR, C. R. (1990): «Two Practical Procedures for Estimating Multivariate Nonnormal Probability Density Functions». *American Journal of Agricultural Economics*, 72 (1): pp. 210-218.
- TEIGEN, L. H. y THOMAS Jr., M. (1995): «Weather and Yield, 1950-94: Relationships, Distributions and Data». U.S.D.A. Commercial Agriculture Division, *Economic Research Service*, Washington D.C.
- TVERSKY, A. y KAHNEMAN, D. (1974): «Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases», en Kahneman, D.; Slovic, P.; Tversky, A. (ed.) *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*: pp. 3-20. Cambridge University Press, Cambridge.
- WINKLER, R. L. (1967): «The assessment of prior distributions in bayesian analysis». *Journal of American Statistical Association*, 62: pp. 776-800.

RESUMEN

Percepción por los expertos de la función de densidad de probabilidad de los rendimientos de cultivos

En la literatura sobre determinación subjetiva de funciones de densidad de probabilidad (f.d.p.) de rendimientos de cultivos, se ha señalado que los agricultores tienden a percibir f.d.p. muy «estrechas» (con varianza baja), un resultado que coincide con el señalado en otros contextos experimentales. En este trabajo se ha constatado que investigadores y expertos en producción vegetal tienen también una pobre percepción de la forma de la f.d.p. Este sesgo en la percepción de la f.d.p. sería compartido por agricultores y expertos, estos últimos con una buena formación estadística. Sin embargo ambos grupos realizan un trabajo diario exitoso que implica frecuentemente discriminar entre f.d.p. de rendimientos de cultivos.

PALABRAS CLAVE: Estimación subjetiva de f.d.p., rendimientos de cultivos, sesgos, heurística, expertos agrícolas.

SUMMARY

Agricultural expert's crop yield pdf perception

The literature on the subjective elicitation of crop yield probability density functions (PDF) points out that farmers have a tendency to perceive very tight PDF, a result which concurs with findings found in other experimental contexts. This study demonstrates that both academic and research experts in plant production have a poor perception of what PDF is really like. This bias is shared by farmers and experts alike, the latter with a solid statistical background. However, both groups carry out their work every day successfully, despite the fact that it frequently involves the distinction between different crop yield PDF's.

KEYWORDS: Subjective PDF elicitation, Crop yields, Bias, Heuristics, Agrarian experts.