

M.^a DOLORES MILLÁN GÓMEZ (*)

JOAQUÍN A. MILLÁN GÓMEZ (**)

El modelo de Sharpe en la planificación agraria: Una revisión crítica

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de producción agrícola los agricultores deben decidir un plan de cultivos, es decir, qué y cuánto producir, cómo hacerlo y en qué fechas (Hazell y Norton, 1986). Cada uno de los posibles planes de cultivos está sometido a una serie de restricciones de tipo técnico, físico y financiero, que determinan los resultados de las distintas alternativas. De acuerdo con sus objetivos, el agricultor se decide por un determinado plan de cultivos.

Uno de los problemas más importantes de la elección del agricultor es que son desconocidos los valores que tomarán algunas de las variables que intervienen en el proceso de producción o en el valor del producto final, por lo que los resultados de cada alternativa no se conocen con certeza. Debido a esta incertidumbre podemos afirmar que el agricultor se mueve en un contexto de riesgo. Aunque se pueden definir otras, las fuentes de riesgo más importantes que afectan a las empresas agrarias son el riesgo técnico y el riesgo de mercado. El riesgo técnico es inherente al proceso de producción agrícola; incluso una misma zona de producción agrícola puede verse sometida a grandes fluctuaciones en sus rendimientos por la influencia del clima y otros factores incontrolables de la

(*) Universidad de Córdoba

(**) Universidad Politécnica de Madrid, Universitat de Lleida.

producción. El riesgo de mercado se debe a las fluctuaciones en los precios de los medios de producción y en el precio del producto final, así como a las fluctuaciones en los mercados financieros.

Este es el marco en el que se va a desarrollar el presente trabajo. Aunque han aparecido otras caracterizaciones del riesgo en agricultura (Barry, 1984), la que se sigue, basada en la Teoría de la Utilidad Esperada, es la adoptada más generalmente. Más concretamente, este trabajo se centra en el Modelo de Índice Simple (MIS) o de Sharpe, uno de los modelos de cartera más discutido por distintos autores en relación a su aplicabilidad en el campo agrario, como ayuda al agricultor en la elección de planes de cultivo eficientes, que maximicen la utilidad esperada.

El desarrollo, por los economistas financieros, de la teoría del mercado de capitales, que actualmente es un cuerpo teórico bien definido (1), no apareció en la literatura en su forma completa. Los distintos modelos iban surgiendo a medida que se desarrollaba el marco teórico, por lo que el conocimiento de la situación en que se planteó cada uno de ellos permite entender qué se intenta realizar y qué supuestos se deben recoger. En particular, es esencial distinguir entre la Teoría de Selección de Carteras (Portfolio) y la Teoría de Equilibrio del Mercado de Capitales (CAPM). Este es un punto clave para comprender la controversia de la aplicabilidad del modelo de Sharpe, o modelo de índice simple, en Agricultura. El argumento principal es que la aplicación a la agricultura de la metodología derivada del mercado de capitales debe tener presente las hipótesis que subyacen bajo la teoría, y que este requisito teórico define el alcance de las conclusiones. Por ello es necesario analizar en profundidad, la fundamentación de la Teoría del Mercado de Capitales. En esta línea, se comentan algunos temas surgidos a partir de Collins y Barry (1986), y en particular se evalúa la discusión entre Blank (1991, 1993) y Collins (1993).

En primer lugar, se presentan de forma general los modelos de cartera más utilizados en agricultura. Las características específicas del modelo de índice simple con relación a la pla-

(1) Por ejemplo, Sharpe et al. (1995).

nificación agraria se detallan en el apartado siguiente. Más adelante, se plantea cómo la interpretación del modelo de Sharpe como modelo de equilibrio de mercado (CAPM), exige un equilibrio en un mercado competitivo de tierra, y se analiza el modelo. A continuación, se analizan dos problemas importantes de aplicación del MIS a la agricultura: la elección del índice y la robustez del modelo. Finalmente se presentan las conclusiones.

2. MODELOS DE CARTERA EN AGRICULTURA

Es demostrable empíricamente que los agricultores no toman sus decisiones basándose exclusivamente en el único criterio de obtener un máximo beneficio, sino que pueden perseguir la realización de varios objetivos, algunos de ellos en conflicto. De hecho, es normal considerar como objetivo importante la disminución del riesgo conjuntamente con el logro del mayor beneficio posible.

En el caso de considerar como elementos de decisión tanto el rendimiento como el riesgo, la selección de una cartera de valores y la elección de un plan de cultivos pueden ser considerados como problemas análogos. Esta similitud hizo posible la aplicación de modelos de cartera al estudio de la elección de planes de cultivo para ayudar al agricultor en su toma de decisión.

Los supuestos de partida en el análisis de cartera y en el de una alternativa de cultivos son los mismos. Se supone que la actitud del agricultor se representa por una función de utilidad $U = f(\text{rendimiento}, \text{riesgo})$, creciente con el rendimiento y decreciente con el riesgo. La situación ideal sería maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo pero estos dos objetivos están enfrentados, por esto se considera la maximización de la función de utilidad.

En base a los modelos derivados del mercado de capitales, se trata de hallar un conjunto de planes de cultivos eficientes según Markowitz, es decir, hallar una combinación de cultivos con el mínimo riesgo para un nivel de rendimiento determinado. Posteriormente cada agricultor maximiza su función de utilidad escogiendo una de las alternativas pertenecientes al conjunto eficiente. A continuación se muestran algunos de los

modelos de cartera que han sido utilizados en la obtención de planes de cultivos eficientes.

Media-varianza

El análisis de media-varianza, o modelo de Markowitz, ha servido de base para muchos estudios acerca del riesgo en la agricultura. Se asigna a cada cultivo una función de distribución probabilística normal, identificando el rendimiento esperado como la media y el riesgo como la varianza. El problema es tratado mediante un programa cuadrático, en el cual se minimiza la varianza total parametrizando el rendimiento, o mediante el programa dual, en el que se maximiza el rendimiento parametrizando el riesgo. De esta forma se obtiene un conjunto eficiente de planes de cultivos.

El primero en aplicar este modelo en el campo agrario fue Freund (1956), contando con cuatro actividades agrícolas y una serie de restricciones técnicas. Estudios realizados de acuerdo con este modelo son los realizados por Romero (1976) sobre variedades de manzano en la provincia de Lérیدا, y Alaejos y Cañas (1992) sobre la obtención de planes de cultivos en el Valle del Guadalquivir.

Motad (minimization of total absolute deviation)

Para evitar el uso de programas informáticos que necesitaban tiempo y gran capacidad de memoria del ordenador, Hazell (1971) propuso una alternativa lineal al modelo de media-varianza. El enfoque del problema es similar, pero la función objetivo cuadrática es sustituida por una ecuación lineal igual a la suma de desviaciones, en valor absoluto, con respecto de la media. Como el riesgo puede considerarse como la disminución del rendimiento, viniendo esto representado por las desviaciones negativas respecto a la media, a menudo se ha aplicado el modelo simplemente minimizando las desviaciones negativas. Alaejos y Cañas (1993) aplican esta última versión media-DAP.

Las soluciones obtenidas mediante este método son muy similares a las que se obtienen cuando se aplica el modelo de

media-varianza. Puesto que la capacidad de los ordenadores actuales es más que suficiente para superar la resolución del problema cuadrático, no hay un motivo especial para recurrir a aproximaciones lineales como las del modelo MOTAD.

MIS y modelo diagonal

Es otro modelo que en un principio busca la simplificación del modelo de Markowitz. Supone que las covarianzas entre los cultivos son iguales a cero, y que los cultivos están relacionados a través de su relación conjunta con un índice representativo del mercado agrario (modelo de índice simple).

La utilidad de este modelo, aparte de la simplificación hoy en día no necesaria, viene dada por la relación que se supone entre los rendimientos de cada cultivo y el índice, que permite un estudio del riesgo de cada cultivo de forma individual. El modelo es similar al de Markowitz, minimiza la varianza total del plan para un determinado rendimiento esperado; después de sustituir el valor esperado y la varianza de cada título y bajo el supuesto de que las covarianzas entre cultivos, tras identificar la variabilidad que tienen en común con el índice, son iguales a cero.

Estudios realizados en nuestro país utilizando este modelo son los de Alonso-Sebastián y Rodríguez-Barrío (1983) que estudian la relación entre los rendimientos y un índice pluviométrico en las zonas de secano del Duero, y Serrano (1987), que propiamente utiliza un modelo multiíndice termopluiométrico, en distintas zonas de secano en España. El modelo de índice simple (MIS) es tratado con más detalle en la sección siguiente.

Otros modelos

Muchos de los modelos que también han sido aplicados para hallar planes eficientes de cultivo no se basan en la maximización de la utilidad esperada del agricultor, como los derivados directamente del análisis del riesgo en la selección de carteras y en el mercado de capitales. Aunque en este trabajo no se consideran estos «otros modelos», se mencionan para hacer notar que el problema de la disminución del riesgo en

la agricultura ha sido abordado de diferentes formas. Así, se pueden encontrar tres enfoques más en la modelización del riesgo (Barry, 1984): 1 Modelos basados en la teoría de juegos; 2 Modelos de seguridad primero; 3 Modelos de simulación estocástica.

3. EL MODELO DE SHARPE EN LA PLANIFICACIÓN AGRARIA

El modelo de índice simple (MIS) aplicado a los rendimientos de una actividad agrícola se basa en los mismos supuestos que para los rendimientos de un título individual del mercado de valores: los rendimientos de cualquier cultivo, están relacionados linealmente con un factor común a esa zona agraria, pudiendo expresarse de la forma:

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i \quad [1]$$

- R_i : el rendimiento del cultivo i .
 α_i : una constante asociada al cultivo i .
 β_i : el coeficiente de volatilidad.
 R_m : el factor más influyente en los rendimientos agrícolas.
 ε_i : variable aleatoria que cumple:
- $E(\varepsilon_{i/t}) = 0$
 - $\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ para i distinto de j
 - $\text{Cov}(\varepsilon_i, R_m) = 0$
 - $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_{\varepsilon_i})$

Con los supuestos anteriores, el modelo diferencia dos tipos de riesgo asociados a cada cultivo, el riesgo sistemático y el no sistemático.

$$\sigma_i^2 = \beta_i^2 \sigma_m^2 + \sigma_{\varepsilon_i}^2 = \text{riesgo}_s + \text{riesgo}_{ns} \quad [2]$$

El objetivo principal del análisis es hallar un plan de cultivos óptimo para el agricultor, por lo que el riesgo considerado no es el de cada cultivo de forma individual sino el del plan en todo su conjunto. Uno de los métodos más habituales para disminuir el riesgo es la diversificación, pero a medida que se añaden más cultivos a un determinado plan, aumentando así su diversificación, la reducción marginal del riesgo es menor. Además, en el caso de la agricultura la oportunidad de diversi-

ficación estará limitada por los recursos de la zona, condiciones climáticas, y mercados. Por ello, el riesgo no sistemático o diversificable no podrá ser completamente suprimido.

4. MIS CON UN MERCADO COMPETITIVO DE LA TIERRA

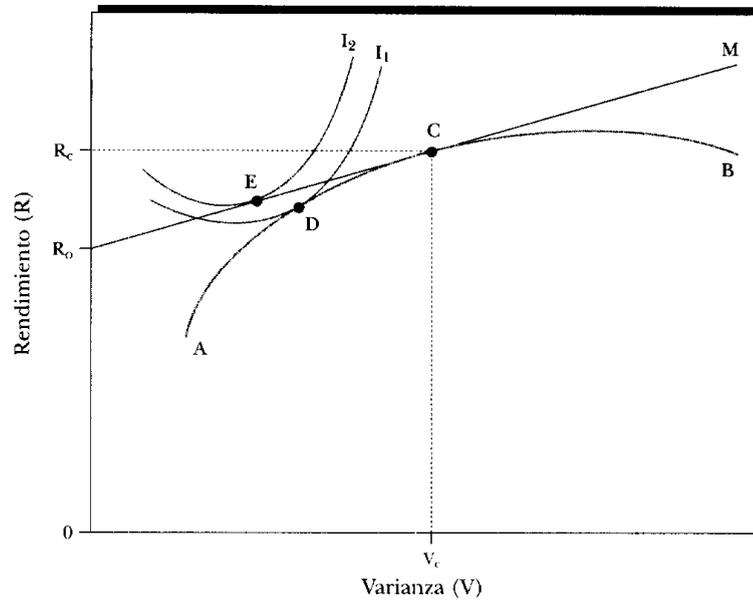
Teóricamente, si un plan de cultivos es eficiente y está bien diversificado, es de esperar que su riesgo sea totalmente sistemático, y el riesgo que aporta cada cultivo i es proporcional a su coeficiente β_i . Debido a esto, una forma de definir el riesgo sistemático de un cultivo es el riesgo que aporta una unidad de ese cultivo cuando se añade a un plan eficiente bien diversificado (Sharpe y Baker, 1989).

Hasta aquí las conclusiones tendrían una concordancia absoluta con la teoría del mercado de valores, pero existen importantes diferencias entre el «mercado agrario» y el mercado de valores que llevan a poner en duda lo dicho hasta ahora. Aunque posteriormente se analiza la aplicabilidad del MIS, se puede adelantar que el problema surge de la interpretación de los supuestos que subyacen bajo él.

En zonas agrícolas homogéneas en donde existe un mercado competitivo de la tierra, puede considerarse la posibilidad de que los agricultores ajusten su posición frente al riesgo no con cambios en el plan de cultivos, sino con un mayor o menor alquiler de tierras. Este método se basa en el teorema de la separación de Tobin (1958), y es ilustrado para el caso de planes agrícolas por Johnson (1967). Si el mercado de la tierra es competitivo y la zona agraria es homogénea, cabe esperar que exista una renta fija por unidad de superficie, la cual podría representar el rendimiento libre de riesgo. Una vez aceptada la estructura del modelo media-varianza, las condiciones para aplicar el teorema no son muy restrictivas.

- a) La función de utilidad del productor es cóncava hacia el eje de ordenadas (gráfico 1).
- b) La tierra puede ser arrendada por una renta fija y determinada R_0 para esa zona, pudiendo el agricultor, según su aversión al riesgo, ser arrendador o arrendatario.
- c) Los rendimientos de las distintas actividades agrícolas siguen una distribución normal.

Gráfico 1



200

Si se cumplen las anteriores condiciones, el teorema de separación postula que para cada zona homogénea existe un único plan de cultivos óptimo independientemente de la actitud frente al riesgo del agricultor, y que éste puede combinar con el arrendamiento de la tierra en la proporción que quiera.

Se puede observar gráficamente la frontera eficiente de las actividades arriesgadas es ACB. Si un agricultor tiene unas curvas de isoutilidad I_1 e I_2 , en principio elige un plan de cultivos correspondiente al punto D, pero si arrienda parte de su tierra y el resto la dedica al plan de cultivos del punto C, situándose en el punto E, consigue una curva de utilidad mayor, I_2 .

Analíticamente, Collins y Barry (1986) plantean el problema para hallar el plan de cultivo óptimo C según MIS, de forma muy similar a Elton et al. (1976) en la formulación de Markowitz del análisis de cartera. Sea R_0 el rendimiento derivado del alquiler de la tierra y R_p el rendimiento del plan de

cultivo. El propietario cultiva una superficie S_c , y pone en arrendamiento S_a . El rendimiento por unidad de superficie es:

$$R = D R_p + (1 - d) R_0 = R_0 + d (R_p - R_0) \quad [3]$$

$$d = \frac{S_c}{S_c + S_a}$$

En el caso $d = 1$, toda la propiedad es utilizada para la producción propia y el agricultor está situado en el punto C, si $d < 1$ la tierra está siendo alquilada para que la cultive otro agricultor obteniendo así un rendimiento fijo sin riesgo, siendo el caso del ejemplo, el caso contrario es $d > 1$ situado a la derecha del punto C. Pero el plan de cultivos óptimo es el mismo en todas las situaciones.

La media de los rendimientos es

$$\bar{R} = R_0 + d(\bar{R}_p - R_0) \quad [4]$$

y la varianza del rendimiento es

$$\sigma_R^2 = d^2 \sigma_p^2 \quad [5]$$

A partir de la ecuación [4] resulta que $d = \sigma_R / \sigma_p$, y sustituyendo esta expresión en la ecuación [5] se tiene

$$\bar{R} = R_0 + \theta \sigma_R$$

$$\theta = \frac{\bar{R}_p - R_0}{\sigma_p} \quad [6]$$

Cuando se maximiza Θ , se obtiene un plan de cultivos con el mayor rendimiento para un determinado nivel de variabilidad independientemente de la aversión al riesgo. El teorema de la separación sugiere que existe un solo punto relevante de la frontera eficiente E-V que maximiza el exceso de rendimiento esperado (prima de riesgo) respecto a su desviación típica.

5. APLICABILIDAD DEL MIS A LA AGRICULTURA

Estos últimos años, se ha criticado a muchos economistas agrarios la utilización del MIS como una simple sistemática de

trabajo, sin profundizar en las hipótesis que subyacen bajo el modelo, e ignorando toda cuestión planteada acerca de la solidez del mismo. Por un lado, no se critica la validez teórica en sí sino algunos problemas generados a la hora de aplicarlo, como son la elección adecuada de un único índice o la utilización de varios de ellos. Pero por otro lado, la robustez del modelo y las hipótesis concernientes, son ampliamente cuestionadas, existiendo un debate abierto. Estos dos aspectos se presentan a continuación.

5.1. Elección del índice

Cuando Sharpe expuso el modelo de índice simple, definió el factor a utilizar como aquel índice más importante que pueda influenciar en los rendimientos de los activos de capital, como por ejemplo el PIB. Posteriormente, en la literatura financiera se ha tratado la elección del índice (Frankfurten, 1976), encontrando que algunos índices son más idóneos que otros, siempre analizando sobre una base *ex post*, por lo que es apropiado determinar el índice adecuado para cada mercado que se analice.

En agricultura son varios los índices utilizados por los distintos autores. Collins y Barry (1986) utilizan la media aritmética de los ingresos netos deflactados de las doce actividades agrarias estudiadas. Ellos afirman que la elección del índice no es crítica y, aunque puede tomarse cualquier otro, sugieren la precipitación en zonas de secano.

Alonso-Sebastián y Rodríguez-Barrio (1983) en la zona del Duero, regresan la tasa de variación de los rendimientos sobre la tasa de variación de lluvias caídas; sin embargo puede hablarse de un modelo algo distinto al utilizar los rendimientos físicos simplemente (Q_m/Ha) y no introducir los precios, por lo que el componente de mercado no aparece. Serrano (1987) añade otro factor físico, considerando que el riesgo en secano además de condicionado por la lluvia lo está por la temperatura, por lo que hace uso de un índice termométrico y sí utiliza como rendimiento los precios percibidos por el agricultor.

Turvey y Driver (1987) escogen la media de los ingresos brutos nominales para veintiocho actividades, Sharpe y Baker

(1989) los ingresos netos ponderados por la producción total del estado de Indiana. Las estimaciones realizadas varían sensiblemente según el índice que se haya escogido, y no se han realizado apenas estudios acerca del más adecuado. Lo que sí parece evidente y sí se ha contrastado, es que dada la heterogeneidad existente entre las zonas agrícolas, la elección de un índice local en vez de uno agregado es más eficaz para representar las características propias de una determinada región agraria (Blank, 1991; Ameghbetto y Featherstone, 1992).

Aparte de la idoneidad del índice como representativo del factor más importante, se han de contrastar las hipótesis del modelo de índice simple (Ameghbetto y Featherstone, 1992), hecho que a menudo no ha sido tenido en cuenta. Dos supuestos del MIS son esenciales para aproximarlos a la estructura de la matriz de covarianzas diagonal entre los cultivos:

$$1. \text{Cov}(\epsilon_i, R_M) = 0 \quad 2. \text{Cov}(\epsilon_i, \epsilon_j) = 0 \quad [7]$$

1. Debe existir una independencia total entre el índice y los residuos de la regresión, de tal forma que las covarianzas entre ellos sean igual a cero. Pero esta condición puede violarse si se utiliza como índice una media de los rendimientos de las actividades sobre la cual se hace la regresión, lo cual es una forma habitual de actuar, como se ha visto. Para verlo de forma clara, con N actividades, la regresión es:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i \frac{\sum_{i=1}^N R_{it}}{N} + \epsilon_{it} \quad [8]$$

Se observa como R_{it} está presente en ambos lados de la ecuación, presentándose un problema de endogeneidad. Si se toman los rendimientos totales de una región más amplia que la estudiada puede disminuir el problema de la endogeneidad, pero la representatividad de la zona por el factor elegido también se puede ver afectada y de forma negativa.

2. La segunda condición es que los residuos de las regresiones sobre las distintas actividades no estén correlacionados. En definitiva, se trata de contrastar que la matriz de covarianzas de los residuos de las regresiones de los diferentes cultivos es diagonal. Este supuesto es importante en la consideración

del modelo, y discutir las consecuencias derivadas de su cumplimiento o no, es debatir acerca de su solidez (2).

Para Blank (1991), a menudo ha sido confundido en Economía Agraria el riesgo no sistemático con el sistemático, al haber sido ignorada la hipótesis de no correlación entre los residuos. Si no se cumple la hipótesis, significa que la β_i , que representa el riesgo sistemático del cultivo i , está sobre (infra) estimada si los residuos están negativamente (positivamente) correlacionados. En el mercado de capitales se han encontrado casos de correlación positiva, que no afectan a las carteras eficientes halladas por el MIS, aunque las betas estén infravaloradas. Esto se debe a que la correlación de los títulos también es positiva, ya que los títulos se mueven todos en la misma dirección y de forma similar respecto al índice único. Sin embargo, es frecuente encontrar planes agrícolas con correlaciones de residuos tanto positivas como negativas. En este caso, la utilización del MIS sería especialmente problemática, ya que se estaría vulnerando uno de sus supuestos principales, como señala Collins (1993) (3).

5.2. La solidez del MIS

Sirve como principal referencia de aplicación práctica del MIS en planificación agraria el trabajo realizado por Collins y Barry (1986). A partir de entonces son muchos los escritos aparecidos destacando distintos aspectos del modelo, algunos ya comentados aquí. Collins y Barry comparan en una primera parte los resultados obtenidos mediante el modelo diagonal con los del modelo de Markowitz. La esperanza de rendimiento y varianza para el modelo diagonal se hallan a partir de las regresiones de los cultivos estudiados relacionándolos con un índice, calculado éste como la media de rendimientos de estos cultivos. Desde el principio diferencian el MIS del modelo de equilibrio en el mercado de capitales, CAPM, con-

(2) En adelante se discuten las implicaciones del cumplimiento o incumplimiento de las hipótesis. En Ameghbeto y Featherstone (1992) y Millán y Millán (1996), se expone el contraste econométrico de las mismas.

(3) Sin embargo, y en contra de lo apuntado por este autor (p. 133), la autocorrelación de residuos no es base estadística rigurosa para justificar un modelo de índice múltiple, puesto que se trata de errores de especificación distintos.

siderándolo como una versión simplificada del modelo de Markowitz que mantiene el supuesto de que los rendimientos están relacionados linealmente con un índice significativo de la zona. Collins y Barry se aproximan al modelo de equilibrio en la segunda parte de su trabajo, cuando se acepta en una zona agraria la existencia de un mercado competitivo de la tierra, tal como lo expresa Johnson, y para este caso hallan la solución ya comentada en la sección 4.

Turvey y Driver (1987) incluyen la renta de la tierra como rendimiento libre de riesgo en el estudio sobre veintiocho actividades agrarias de Ontario, y analizan el premio recibido por los agricultores de la zona por el riesgo asumido. Tal construcción del modelo basándose en el teorema de la separación (Turvey y Driver, 1987, p. 400) implica unas condiciones de equilibrio similares a las existentes en el mercado de capitales, y así denominan a su modelo FSCAPM (Farm Sector Capital Asset Pricing Model).

Blank (1991) cuestiona la anterior metodología, al intentar verificar la correspondencia entre cada supuesto de la teoría del mercado de capitales en equilibrio (CAPM), con sus similares en los mercados agrarios. El MIS permite hallar la frontera eficiente (o cuasi-eficiente) similar a la del modelo de Markowitz. En cualquier modelo, si se acepta que existe un rendimiento libre de riesgo, la curva eficiente media-varianza se convierte en una recta, que recibe el nombre de CML («Capital Market Line») o línea característica, y que se observa en el gráfico 1. Así, MIS puede ser también usado para contrastar empíricamente algunas de las hipótesis implícitas en CAMP. Las hipótesis expuestas por Blank (1991) son las siguientes:

1. La relación entre los rendimientos R_i y el riesgo, β_i , es lineal.
2. En el caso de que exista un mercado de tierras competitivo, la intersección del MIS con el eje de ordenadas, α_i en la ecuación modificada [9], es igual a la renta de la tierra, que también asocia al rendimiento libre de riesgo.

$$R_i = \alpha_i + \beta_i (R_m - R_0) \quad [9]$$

3. La variabilidad residual de las actividades, ϵ_i , no afecta a la ordenación de las alternativas de cultivo, o lo que es

lo mismo, este riesgo diversificable no es tenido en cuenta por los agricultores.

4. CAPM implica que sólo un macrofactor, y no microfactores, afecta a los rendimientos.
5. Existe un mercado geográfico único para todos los cultivos, por lo que se puede usar un índice único agregado.

La primera hipótesis lleva implícita la idea de un mercado competitivo de la tierra en el que cada agricultor muestra su actitud frente al riesgo según su posición en la recta de planes de eficiente (gráfico 1), siendo el riesgo sistemático al único que está sometido de acuerdo con la teoría del mercado de capitales en equilibrio: «una cartera (plan) eficiente bien diversificada carece de riesgo no sistemático, siendo la única fuente de incertidumbre el riesgo sistemático inherente al mercado, viniendo éste representado por el coeficiente de volatilidad β ». (Sharpe, 1970).

La hipótesis segunda se deriva de una simple manipulación matemática, e indica que cuando el riesgo (β_i) es igual a cero, el valor esperado del rendimiento del cultivo es igual al rendimiento libre de riesgo. En cuanto a la hipótesis tercera, Blank (1991) señala que las posibilidades de diversificación en agricultura pueden verse restringidas. Como consecuencia de estas limitaciones, los agricultores se verían expuestos al riesgo no sistemático o diversificable, a diferencia de lo que ocurre en los mercados de capitales, donde las posibilidades de diversificación son mucho mayores.

En sustitución de la hipótesis cuarta, Blank sugiere una hipótesis alternativa: es posible que un solo índice no sea capaz de reproducir todas las características del mercado y un modelo de índice múltiple (MIM) sea más apropiado. Aceptando que cada zona debe tener su(s) propio(s) índice(s), entonces la quinta hipótesis sería rechazada igualmente, ya que no existiría un índice agregado adecuado.

Blank muestra empíricamente como no es posible utilizar un mismo índice para distintas zonas agrícolas y que la utilización del MIS no es quizás lo más adecuado, optando por el MIM (modelo de índice múltiple). Pero asume, como necesario, el cumplimiento de las tres hipótesis primeras. Como veremos más adelante, Collins (1993) considera que estas tres primeras hipótesis sólo son necesarias para aplicar el CAPM al

105
ECONOMÍA
AGRA
SIA

sector agrario, y no para la utilización del MIS en la planificación agraria.

El modelo aplicado por Turvey y Driver (1987), denominado FSCAPM, lleva también implícitos estos mismos supuestos por construcción. En el análisis empírico, sólo tras el cálculo de las regresiones de los cultivos introducen exógenamente la renta de la tierra, explicando por la ecuación [9] si los agricultores están recibiendo la prima de riesgo o no, en función de que el rendimiento esperado $E(R_i)$ que tendría que percibir un productor para ser compensado por el riesgo sistemático sea, o bien menor o igual, o bien mayor, que el rendimiento actual, R_i .

Sin embargo, no todos los autores están de acuerdo con este análisis de equilibrio. Collins (1993) considera que el MIS se enmarca dentro de la Teoría de Selección de Carteras, y como tal es sólo una herramienta de análisis de planes de cultivos para un agricultor individual, que simplifica el modelo más complejo de Markowitz y utiliza conceptos más fáciles de transmitir al agricultor, sin que sea posible efectuar la ampliación de Sharpe (1964) al mercado total en equilibrio, y por lo tanto, sin que la ecuación [9] pueda ser considerada la línea característica del cultivo. Si el agricultor tiene la oportunidad de arrendar la tierra, tendría su propia línea recta de planes eficientes y lo único interesante sería ver si en el punto de tangencia de su propia recta con el conjunto eficiente de Markowitz, los resultados de los dos modelos, Media-Varianza y modelo diagonal, son similares.

Es importante comprender las dificultades de la ampliación del modelo de Sharpe a un equilibrio de mercado del sector agrícola. Para Collins son dos las razones fundamentales que imposibilitan la extensión del modelo a un equilibrio general: a) la ineficiencia del mercado agrario; b) la poca diversificación existente en los planes agrícolas.

- a) El mercado de capitales en estado de equilibrio premia el riesgo de cada título de la cartera eficiente proporcionalmente a su β_i , cumpliendo la ecuación [9]. La validez de dicha ecuación ha sido contrastada en numerosas ocasiones en el mercado de capitales, y es posible gracias a la eficiencia de mercado. Un título con un dividendo esperado constante D_i , obtendrá un rendi-
-

miento esperado ($RE_i = D_i/P_i$) dependiente del valor de su precio P_i . Si el rendimiento esperado es mayor que el rendimiento requerido en el equilibrio, R_i , los inversores comprarán tal activo, elevando el precio hasta que el rendimiento esperado se iguale al rendimiento requerido. Mientras que una determinada acción perteneciente a una cartera eficiente tiene el mismo riesgo, únicamente sistemático, y rendimiento en cualquier sitio del país, no se puede decir lo mismo de la producción agrícola, en donde no existen mecanismos de mercado para igualar los rendimientos de dos regiones diferentes. Dada la heterogeneidad y la importancia de algunos activos fijos en la producción agrícola, no es lógico pensar que el rendimiento de un cultivo dependa sólo de su riesgo sistemático (β_i) y que el riesgo no sistemático llegue a desaparecer totalmente.

- b) En un plan de cultivos es imposible disminuir el riesgo residual o diversificable, porque las oportunidades de diversificación son mucho menores que en el mercado de capital. Como expresa Collins: «Mientras que es cierto que β mide la contribución al riesgo de una cartera bien diversificada (con cientos de títulos), esto es sólo aproximadamente cierto en carteras pequeñas como los planes agrícolas» (4). Por lo tanto el riesgo no sistemático debería ser considerado por los agricultores en la elección de sus planes de cultivos.

Por todo ello, es posible considerar el Modelo de Índice Simple o MIS, sencillamente como un modelo de selección de «carteras agrícolas», que relaciona los rendimientos de una actividad con un índice representativo del factor más influyente en éstos, siendo útil para el agricultor en su toma de decisión de planes de cultivos.

Sólo en el caso de que exista bien definido un rendimiento libre de riesgo, como el arrendamiento de la tierra en un mer-

(4) Como señala un revisor, basta con unos 15 títulos, más o menos, en los principales mercados de valores. Además este revisor plantea trasladar el análisis de la aplicación del MIS a empresas agrícolas. Surgen algunas cuestiones interesantes: Un individuo puede invertir en agricultura diversificando entre distintas sociedades agrícolas. Una empresa agrícola puede diversificar sobre distintos cultivos y distintas localizaciones geográficas, eliminando así su riesgo específico.

cado competitivo (5), condición básica para aceptar la misma estructura del modelo CAPM, parece que deben cumplirse las tres hipótesis asumidas explícitamente por Blank. Sin embargo, el supuesto de un mercado competitivo de la tierra probablemente es muy restrictivo y debe relajarse en la aplicación práctica.

Así se plantea como cuestión de importancia práctica fundamental la distinción entre los aspectos teóricos del modelo y la aplicabilidad de éste, y la consideración del riesgo no sistemático. Mientras que en el mercado de capitales el alto número de títulos manejados hace desaparecer el riesgo no sistemático, aun cuando el índice no represente fielmente el mercado, en agricultura sí es una limitación importante. Cada plan de cultivos del conjunto eficiente está compuesto por un número determinado y reducido de cultivos, por lo que en la práctica es bastante probable que el riesgo residual no pueda llegar a desaparecer totalmente.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta el Modelo de Índice Simple o MIS enmarcado dentro de la Teoría de Selección de Carteras, como ayuda en la elección de planes de cultivos. Sólo si en una zona homogénea existe un mercado competitivo de la tierra, dando lugar a un rendimiento libre de riesgo igual a la renta de alquiler de la tierra, sería posible extender el modelo e interpretarlo de acuerdo con la Teoría de Equilibrio de Mercado de Capitales (FSCAPM, según denominación de Turvey y Driver). No obstante, estando sujeto al cumplimiento de una serie de supuestos que la versión original del MIS no incorpora.

El análisis de la discusión existente acerca de la solidez del modelo siempre llega a un punto: la desaparición o no del

(5) Desde la perspectiva de una inversión financiera genérica, el rendimiento libre de riesgo es único, lo que paga el Estado a sus prestamistas. Así, si el rendimiento esperado de la actividad agraria es inferior al rendimiento libre de riesgo, el agricultor hace bien en vender la tierra y colocar el dinero en Deuda Pública. En las aplicaciones a la planificación de cultivos se consideran sólo los rendimientos ligados a las actividades agrícolas. Un revisor sugiere el pago compensatorio por retirada de tierras como una alternativa para medir el rendimiento libre.

riesgo diversificable. Si se parte del MIS, se sabe que de él se deriva que la varianza del cultivo i consta de dos sumandos, el riesgo ligado al índice y el residual. El negar la relación lineal entre β_i y el rendimiento R_i no es negar la existencia de la relación rendimiento/riesgo, que tiene que existir. Es bien sabido que es difícil encontrar un mercado plenamente competitivo, y el agrícola no va a ser la excepción, pero aún así no es posible pensar que no juegue el mercado un papel importante en la asignación de los rendimientos. Es fácil suponer, y contrastar, que cuanto mayor rendimiento obtiene un cultivo más alto es el riesgo que está asumiendo el agricultor. Por esto sí que puede afirmarse que existe dicha relación, pero hay que distinguir en un plan de cultivos el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático, que no es totalmente diversificable. Respecto al modelo FSCAPM, debe darse la desaparición total del riesgo diversificable para un total cumplimiento de los supuestos que subyacen en él, pudiendo, por lo tanto, surgir problemas en su aplicación práctica.

Las ventajas del MIS como modelo de decisión con respecto a otros es su facilidad de cálculo y de comprensión de cara al agricultor para entender los dos tipos de riesgo, según estén asociados los rendimientos o no a un índice conocido, así como la capacidad de analizar el riesgo de un cultivo de forma aislada.

Al aplicar el CAPM a los mercados agrarios (FSCAPM), puede suponerse que se incumplirán ciertas hipótesis del CAPM, que no obstante es importante contrastar, al igual que no se cumplen siempre en los mercados de capitales. Como dice Sharpe (1970): «*el supuesto puede que no sea perfectamente realista... más significativo es que las conclusiones no sean extremadamente incoherentes con lo observado con la realidad*». Por ello, si el comportamiento de los agricultores puede explicarse mediante este modelo, aún modificando algunas de las hipótesis, el FSCAPM puede ser considerado como una herramienta válida para la evaluación del riesgo sistemático en la agricultura, y servir de ayuda en la toma de posición frente al riesgo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios y correcciones de dos revisores anónimos que han mejorado notablemente una versión

anterior del trabajo. Cualquier opinión, omisión, o error en el artículo, es exclusiva responsabilidad de los autores. □

BIBLIOGRAFÍA

- ALAEJOS, A. y CAÑAS, J. A. (1992): «Obtención de planes de cultivo eficientes en el sentido de Markowitz en la provincia de Córdoba». *Investigaciones Económicas*, 16(2), 281-298.
- ALAEJOS, A. y CAÑAS, J. A. (1993): «Selección de planes de cultivo en contexto de riesgo mediante el modelo Media-DAP». *Investigación Agraria. Economía*, 8, 165-183.
- ALONSO SEBASTIÁN, R. y RODRÍGUEZ BARRIO, J. (1983): «Una adaptación del modelo de Sharpe a la evaluación del riesgo de los cultivos». *Revista de Estudios Agrosociales*, 124, 21-47.
- AMEGBETO, K. y FEATHERSTONE, A. (1992): «Risk costs and the choice of market return index». *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 17(1), 80-87.
- BARRY, P. J. (1984): *Risk Management in Agriculture*. Iowa State University Press. Iowa.
- BLANK, S. (1991): «The robustness of single index models in crop markets: a multiple index model test». *Western Journal of Agricultural Economics*, 16(2), 259-267.
- BLANK, S. (1993): «The robustness of single index models in crop markets: a multiple index model test. Reply». *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 18(1), 135-140.
- COLLINS, R. (1993): «The robustness of single index models in crop markets: a multiple index model test. Comment». *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 18(1), 131-134.
- COLLINS, R. y BARRY, P. (1986): «Risk analysis with single-index portfolio models: an application to farm planning». *American Journal of Agricultural Economics*, 68, 152-161.
- ELTON, E. J.; GRUBER, M. J. y PADBERG, M. W. (1976): «Simple criteria for optimal portfolio selection», *Journal of Finance*, 31(5), 1.341-1.357.
- FRANKFURTEN, G. (1976): «The effects of "market indexes" on the ex-post performance of the Sharpe portfolio selection model». *Journal of Finance*, 31, 949-955.
- FREUND, R. J. (1956): «The introduction of risk into a programming model», *Econometrica*, 24, 253-264.

- HAZELL, P. B. (1971): «A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty». *American Journal of Agricultural Economics*, 53, 53-62.
- HAZELL, P. B. y NORTON, R. D. (1986): *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. McMillan. New York.
- JOHNSON, S. (1967): «A re-examination oh the farm diversification problem», *Journal of Farm Economics*, 48, 610-621.
- MARKOWITZ, H. (1959): *Portfolio Selection: efficient diversification of investments*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- MILLÁN, M. D. y MILLÁN, J. A. (1996): «Aplicación del modelo de índice simple a los cultivos de regadío de Córdoba». *Investigación Agraria. Economía* (en prensa).
- ROMERO, C. (1976): «Una aplicación del modelo de Markowitz a la selección de planes de cultivos óptimos de variedades de manzano en la provincia de Lérida». *Revista de Estudios Agrosociales*, 97, 61-80.
- SERRANO, A. (1987): «El riesgo y la efectividad de los cultivos españoles en seco». *Investigación Agraria. Economía*, 2(2), 127-145.
- SHARPE, S. y BAKER, T. G. (1989): «Systematic and diversification risk costs for typical Indiana farm enterprises (Abstract)», *American Journal of Agricultural Economics*, 71, 1.355.
- SHARPE, W. (1970): *Portfolio Theory and Capital Markets*. McGraw-Hill. Nueva York. (Traducción española: *Teoría de carteras y de mercado de capitales*, Deusto).
- SHARPE, W.; ALEXANDER, G. y Bailey, J. (1995): *Investments*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- TOBIN, J. (1958): «Liquidity preference as behavior toward risk». *Review of Economic Studies*, 25, 65-86.
- TURVEY, C. y DRIVER, H. (1987): «Systematic and nonsystematic risks in Agriculture». *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 35, 387-401.

RESUMEN

El modelo de índice simple (MIS) es una herramienta utilizada en el análisis de carteras. Cuando se utiliza MIS para evaluar las relaciones riesgo-rendimiento en modelos de selección de cultivos, la interpretación es diferente. Este trabajo

analiza si las hipótesis subyacentes al MIS son válidas para los problemas de decisión agrícola.

PALABRAS CLAVE: Modelo de índice simple, planes de cultivo, riesgo.

RÉSUMÉ

Le modèle d'indice simple (MIS) est un outil utilisé dans l'analyse de portefeuilles. Lorsque le MIS sert à évaluer les rapports risque-rendement dans des modèles de sélection de cultures, l'interprétation en est différente. Dans ce travail, il est analysé si les hypothèses qui sont à la base du MIS sont valables pour les problèmes de décision agricole.

SUMMARY

The single index model (SIM) is a tool for empirical work in portfolio selection. When SIM is assessed as a tool for evaluating the risk-return tradeoff faced in agricultural enterprise selection its interpretation changes. This paper analyses whether some of the hypotheses underlying the SIM are valid when the SIM is used in agricultural cropping decisions.