

MODELO MULTICRITERIO PARA EL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO DE PRODUCTORES DE ARROZ EN EL ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA

Delgado, Anolaima¹
Blanco Fonseca, María²

Recibido: 06-07-2008 Revisado: 16-02-2009 Aceptado: 23-01-2009

RESUMEN

La actividad agraria se caracteriza por un uso intensivo de capital y una considerable dependencia del financiamiento externo. El acceso al crédito a menudo se ve limitado por la escasez de recursos y la falta de garantías, afectando seriamente a la productividad y al desempeño económico de las explotaciones agrarias. Este trabajo analiza las fuentes de financiamiento usadas por la empresa agraria mediante un modelo multicriterio que permite representar el comportamiento de elección de los productores de arroz del estado Portuguesa, Venezuela, en el corto plazo. El modelo, resuelto por Programación Compromiso, permite contemplar la diversidad de objetivos de los productores agrarios. Así, además de objetivos clásicos, como la maximización del beneficio y la minimización del riesgo, se ha considerado el objetivo de satisfacción de las preferencias de los productores con respecto a su fuente de financiamiento. La aplicación del modelo a una tipología de explotaciones en función de las fuentes de financiamiento (conservadora, intermedia, innovadora) ha permitido evidenciar el conflicto entre los objetivos, siendo la explotación intermedia la que obtiene mejores resultados. Al introducir los criterios de los agricultores frente a la elección de la fuente, por medio de medidas de preferencia, el beneficio disminuye pero el resultado del modelo se aproxima a la situación observada en la realidad. Además del escenario de referencia, se analizaron otros escenarios alternativos que influyen sobre el autofinanciamiento (posibilidad de escalonar la siembra) o sobre el financiamiento externo (posibilidad de solicitar crédito por periodos). Los resultados ponen de manifiesto que la flexibilización de las opciones de financiamiento incide positivamente en el desempeño económico.

Palabras clave: financiamiento agrícola, programación multicriterio, decisiones de crédito, Portuguesa, Venezuela

1 Ingeniero Agrónomo (Universidad Central de Venezuela, UCV); M. Sc. en Desarrollo Rural (Universidad Central de Venezuela, UCV); Doctor Ingeniero Agrónomo (Universidad Politécnica de Madrid, España). Profesor en Economía Agraria de la Universidad Lisandro Alvarado. **Dirección postal:** Departamento de Ciencias Sociales. Decanato Agronomía. Edificio La Colina, Final Av. La Ribereña. Núcleo Héctor Ochoa Zuleta, UCLA. Tarabana, Municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. **Teléfono:** +58-251-2592331/2592332. **Fax:** +58-251-2592304; **e-mail:** nolaimadelgado@ucla.edu.ve

2 Ingeniero Agrónomo (Universidad Politécnica de Madrid, España); M. Sc. en Economía Agraria y Desarrollo Rural (Instituto Agronómico Mediterráneo de Montpellier, Francia); Doctor Ingeniero Agrónomo (Universidad Politécnica de Madrid, España). Profesora del Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. **Dirección postal:** E.T.S.I.AGRÓNOMOS, Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria, s/n. 28040, Madrid, España; **e-mail:** maria.blanco@upm.es

ABSTRACT

Agricultural activity is characterized by an intensive use of capital and a strong dependence upon external financing. Restricted credit access, due to scarcity of resources and lack of guarantees, affects seriously agricultural productivity and farm income. This work analyses the main farm credit sources by means of a multicriteria model aimed to represent the short-run financing behavior of rice farmers in the Portuguesa State (Venezuela). A Compromise Programming approach is used to solve the model, which is capable of integrate the diversity of objectives of agricultural producers. Accordingly, besides the classical objectives of profit maximisation and risk minimisation, we consider the fulfilment of farmers' preferences with regard to credit sources. Model application to a farm typology depending on financing sources (conservative, intermediate and innovative) has shown a significant conflict between farmers' objectives, the intermediate farm type obtaining the best results. Considering farmers' preferences with regard to credit sources, farm income decreases but model results become closer to observed ones. Besides the reference scenario, alternative scenarios influencing either self-financing (sequential sowing) or external financing (seasonal credit) have been explored. According to model results, a greater flexibility in the financing conditions of the farms improves their economic performance.

Key words: agricultural finance, multicriteria analysis, farm credit decisions, Portuguesa, Venezuela

RÉSUMÉ

L'activité agricole est très intensive en capital et a une forte dépendance du financement extérieur. L'accès au crédit est souvent limité du à la insuffisance des ressources et au manque de garanties et compromet sérieusement la productivité agricole et les résultats économiques des exploitations. Ce travail analyse les sources de financement agricole moyennant un modèle multicritère qui permet de représenter le comportement décisionnel des producteurs de riz de l'État Portuguesa (au Venezuela), dans le court terme. Le modèle, résolu par Programmation Compromis, permet de tenir compte de la diversité d'objectifs des producteurs agricoles. Ainsi, outre les objectifs classiques de maximisation du revenu et minimisation du risque, nous avons considéré la satisfaction des préférences des producteurs par rapport à la source de financement. L'application du modèle à une typologie d'exploitations en fonction des sources de financement choisies (innovatrice, intermédiaire and conservatrice) a mis en évidence le conflit entre les différents objectifs, étant l'exploitation intermédiaire celle qui obtienne les meilleurs résultats. Lorsqu'on considère les préférences des agriculteurs par rapport aux sources de financement, le revenu diminue mais les résultats se rapprochent de ceux observés dans la réalité. Outre le scénario de référence, des scénarios ayant une influence bien sur l'autofinancement (échelonnement du semis) bien sur le financement extérieur (crédit saisonnier) ont été analysés. D'après les résultats du modèle, les résultats économiques des exploitations s'améliorent lorsque les options de financement deviennent plus flexibles.

Mots-clé: financement agricole, programmation multicritère, décisions de crédit, Portuguesa, Venezuela

1. INTRODUCCIÓN

La escasez de recursos financieros aunada a las características propias de la agricultura hacen que el financiamiento agrícola tenga una connotación especial. Entre las características financieras de la agricultura destacan: la dependencia de ciclos biológicos que alargan el periodo de recuperación del capital productivo, el elevado nivel de riesgo, el uso intensivo del capital con elevados requerimientos en inversiones, la necesidad de un equilibrio financiero entre endeudamiento y aporte del capital propio, el carácter familiar de las explotaciones y las limitaciones de tecnología (Barry y Robinson, 2001; Cabanes, 2000).

Adicionalmente a estas características, frente al financiamiento externo los productores venezolanos han tenido problemas de morosidad, escasas inversiones, limitado acceso al crédito por falta de garantías (algunos por no poseer propiedad de la tierra), poco respaldo y pro-

ductividad, restringida capacidad de negociación ante las instituciones de financiamiento y alta dependencia de la producción a la dotación de créditos, por tener poca capacidad de ahorro y de autofinanciamiento.

Con la gestión eficiente de los recursos financieros se procura alcanzar un mayor beneficio, bajo costo y menor riesgo de forma de impulsar un buen resultado. Para ello el productor toma decisiones de financiamiento y selecciona su fuente, con base en criterios orientadores poco explorados en la bibliografía. Entre los estudios de los factores que afectan el crédito destaca el de Katchova (2005), el cual mostró que el ingreso bruto, las estrategias de manejo de riesgo, la edad y la aversión al riesgo influyeron significativamente en las preferencias por el crédito agrario. Sin embargo, este autor no aborda los criterios de elección de los productores ni evalúa distintas alternativas de financiación.

Por tanto, el objetivo de esta investigación es analizar las alternativas de financiamiento de la empresa agraria a través de un modelo de programación multicriterio que representa las explotaciones de arroz del estado Portuguesa (Venezuela), considerando la producción y el financiamiento a corto plazo, así como los criterios para su elección por parte de los productores. Dicho modelo facilitará la formulación de políticas agrícolas y servirá para reorientar los servicios que hasta ahora prestan las instituciones. Así mismo, permitirá ahondar en la comprensión de los verdaderos objetivos de los agricultores y la importancia que le otorgan a los distintos criterios de selección de las fuentes.

2. MODELOS DE OPTIMIZACIÓN EN EL FINANCIAMIENTO AGRÍCOLA

La programación matemática ha sido ampliamente utilizada para analizar alternativas de financiamiento en las empresas, por medio de modelos de planificación financiera a corto plazo bajo condiciones de certidumbre (Robrichek *et al.*, 1965), o bajo condiciones de incertidumbre (Pogue y Bussard, 1972; Kallberg *et al.*, 1982). Estos modelos consideran alternativas como créditos a largo plazo, las líneas de crédito, el aplazamiento de créditos, los créditos comerciales y la pignoración.

En el ámbito de la agricultura, para incorporar el crédito en modelos de programación matemática se divide el año en períodos y se adicionan los requerimientos de capital circulante en cada uno de ellos (Hazell y Norton, 1986). Si se adquieren créditos hay que agregar el pago por concepto de intereses como un costo en la función objetivo. Las fuentes alternativas de financiamiento tales como créditos de prestamistas tradicionales, cooperativas o bancos pueden ser adicionadas como actividades separadas y es posible incorporar restricciones sobre limitaciones de crédito por tipo de fuente.

Cuando se pretende la incorporación de varios objetivos, entre ellos los cualitativos, puede usarse la programación multicriterio. Esta técnica asume que los agentes económicos pretenden buscar un equilibrio o compromiso entre un conjunto de objetivos, usualmente en conflicto (Romero, 1993; Romero, 1996; Barredo, 1996; Zeleny, 1982). Las metodologías comúnmente usadas para su resolución son el método de las restricciones, el método de las ponderaciones y el método de la programación compromiso.

El manejo financiero de las explotaciones agrarias ha sido presentado por modelos que usan el análisis multicriterio y sus diferentes métodos de resolución incorporando objetivos relacionados con la planificación agraria (Romero *et al.*, 1987), considerando el objetivo de minimización del endeudamiento (Soler *et al.*, 1991), mi-

diendo el grado de conflictividad de los objetivos maximización del margen bruto, minimización de riesgos, capital circulante y nivel de ayudas. La minimización de los requerimientos del capital circulante se ha incorporado dentro de los objetivos planteados (Berbel y Rodríguez-Ocaña, 1998), además de considerar la necesidad de un financiamiento externo por la vía de la deuda bancaria y el riesgo del capital circulante invertido en los planes de producción. También se han propuesto modelos de programación por metas para la planificación de las actividades agrarias incluyendo el crédito (Cabanes, 2000). La programación compromiso y por metas fue usada con el fin de evaluar la optimización de un objetivo económico de maximización del margen bruto y minimización del riesgo empresarial (Bocco *et al.*, 2002).

A continuación se describe la Programación Compromiso, dentro de la programación multiobjetivo, por ser la seleccionada para la resolución del modelo desarrollado en este trabajo. La misma fue propuesta por Zeleny (1973), quien definió la solución óptima como la solución eficiente, que se encuentra más próxima al punto ideal, entendiéndose éste como el punto donde todos los objetivos alcanzan el valor óptimo (este ideal o solución utópica constituye sólo un punto de referencia para el centro decisor). Dependiendo de la medida de la distancia utilizada, por ejemplo la distancia métrica, se puede establecer un conjunto compromiso, que es un subconjunto del conjunto eficiente.

Para este propósito, se introduce el concepto de grado de proximidad d_j entre el objetivo j -ésimo y su ideal, dado por la expresión:

$d_j = Z_j^* - Z_j(x)$ cuando el j -ésimo objetivo se maximiza, o por la expresión:

$d_j = Z_j(x) - Z_j^*$ cuando el j -ésimo objetivo se minimiza, siendo Z_j^* el ideal.

Se utilizan las métricas asociadas con las funciones de distancia L_1 que corresponde a la suma de las longitudes de los catetos de un triángulo rectángulo y L_∞ que es la distancia determinada por la desviación mayor de la distancia entre dos puntos, para obtener el conjunto compromiso que define un subconjunto de la frontera eficiente.

Para la métrica L_1 será:

$$\text{Min } L_1 = \sum_{j=1}^n w_j \frac{f_1^* - f_j(x)}{f_1^* - f_{*j}} \quad \text{Sujeto a: } x \in F$$

Para la métrica L_∞ :

$$\text{Min } L_\infty = d \quad \text{Sujeto a: } x \in F$$

$$w_i \frac{f_1^* - f_j(x)}{f_1^* - f_{*j}} \leq d$$

Donde d representa la desviación más grande, f_1^* es el valor ideal, f_j^* es el anti-ideal y $f_j(x)$ es el valor dado y W es el peso.

3. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló en tres fases. La primera de ellas consistió en una investigación monográfica documental de la información estadística relativa a las fuentes de riesgo en la producción de arroz, principalmente la tasa de interés, la inflación y la problemática financiera entre otros. La segunda consistió en el estudio de la realidad de una muestra de productores de arroz del estado Portuguesa. Para la selección de la muestra la información básica fue extraída del censo arrocero nacional del ciclo norte verano 1999-2000 de FUDECO-FUNDARROZ (2000). Se consideró una población de 648 productores, sobre la cual se extrajo una muestra, por medio de un muestreo aleatorio estratificado. Para los fines de muestreo se dividieron en 6 estratos (de 1 a 50 hectáreas, de 51 a 100 hectáreas, de 101 a 150 hectáreas, de 151 a 200 hectáreas, de 201 a 500 hectáreas y mayores de 500 hectáreas).

Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{(Nh / N * Sh)^2}{e^2 / K^2 + 1 / N \sum Nh / N * Sh^2} = 60,21$$

Donde:

N = tamaño de la población (648 productores)

n = unidades de la muestra

Sh = varianza muestra

e = error admisible (400)

K = constante (2)

Nh = número de productores por estrato

La afijación fue calculada por la fórmula:

$$nh = \frac{Nh * Sh}{\sum Nh * Sh} * n$$

La muestra quedó constituida por 60 productores. Se realizó una afijación óptima, que es el método de reparto para un tamaño de muestra dado n que produce resultados más precisos, quedando así constituidos los estratos; los productores fueron tomados al azar por el método de los números aleatorios. Sin embargo, al recabar la información de estos productores algunos adicionaron o vendieron terrenos o bien habían emigrado, de manera que se recolectó información adicional, consultando finalmente 69 productores.

A efecto de caracterizar estos productores se aplicó una encuesta técnica y se entrevistó a 18 de los entes cua-

-lificados de las instituciones financieras, siendo aplicados ambos instrumentos a finales del 2003. Adicionalmente se realizaron entrevistas con expertos en la materia de financiamiento y el cultivo del arroz.

Dada la limitación para aplicar el modelo a cada explotación se realizó una tipología de las explotaciones bajo estudio, basada en las características de un productor innovador hacia sus decisiones de financiamiento. Las variables consideradas fueron: diversificación del número de fuentes, dominancia de los criterios económicos frente a los personales, menor costo total por hectárea, menor costo financiero, menor porcentaje de financiamiento externo, deseo de explorar otras fuentes y mayor rendimiento. Estas variables fueron introducidas en el programa *Statgraphics plus 5*, para establecer el *cluster*, utilizando el método de la distancia máxima (*Furthest Neighbor*) y la medida de distancia *Squared Euclidean*.

La tercera fase estuvo centrada en el diseño de un modelo de programación multicriterio que representa el funcionamiento económico de las explotaciones de la tipología, usando como datos el promedio de las explotaciones de cada grupo. El modelo se plantea matemáticamente en el lenguaje Gams y se desarrolla por medio de la programación no lineal, adicionando unos escenarios para ver el comportamiento del modelo frente algunos cambios en sus variables.

4. RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN DE LA ZONA BAJO ESTUDIO Y RESULTADOS DE LA ENCUESTA

El grupo de productores de arroz seleccionados para el estudio fueron los del estado Portuguesa por su alta competitividad, el uso de financiamiento externo para la producción y su organización. De los resultados de las encuestas aplicadas a los productores de arroz se desprende que los problemas más importantes fueron los siguientes: limitaciones de acceso al crédito privado de los pequeños productores, alta dependencia de la producción con el financiamiento externo y escasez de créditos a mediano y largo plazo. Los beneficios del cultivo se muestran altamente influenciados por la inflación, el tipo de cambio, la fijación de precios por parte del Estado y las condiciones políticas existentes en el momento de la encuesta.

En la producción de arroz se evidencia una integración horizontal entre productores y entre fuentes de financiamiento, así como integración vertical entre el productor y las fuentes a través de la cosecha; escasos problemas de información asimétrica, diferencias de condiciones de crédito en relación con las tasas de interés, cantidades concedidas, tiempo de otorgamiento, cercanía al cliente, asistencia técnica y responsabilidad, entre otros

rasgos. Los criterios para la elección de la fuente más usada por los productores fueron: la oportunidad (referida al otorgamiento de crédito en el tiempo requerido), la tasa de interés, el monto (cuantía), el ser cliente, la confianza, la disponibilidad de insumos, la asistencia técnica, el plazo, la organización y la cercanía. Las instituciones de financiamiento más usadas fueron las asociaciones, seguidas por las casas comerciales, los bancos, las instituciones públicas y la agroindustria.

4.2. TIPOLOGÍA DE LOS AGRICULTORES

Se conformaron tres grupos llamados explotación innovadora, conservadora e intermedia por su actitud hacia el financiamiento. Los resultados se muestran en el Cuadro N° 1 y sus características son, sucintamente, las siguientes:

4.2.1. Explotación Intermedia: poseen valores medios con respecto a los otros grupos en variables tales como los rendimientos, los ingresos, el costo financiero por pago de intereses, el beneficio, la depreciación y el costo total. Con respecto a los criterios de elección de la fuente de financiamiento, otorgan buen peso a la confianza, al hecho de ser cliente de la institución financiera, a la oportunidad y el interés. Por tener estos dos primeros valores más altos que el resto de los tipos, se puede decir que le dan un peso importante a los criterios personales y son los menos dados a explorar nuevas fuentes. Por otro lado en este grupo se encuentran los que siembran en forma escalonada y diversifican fuente (1,65). Se puede concluir que desde el punto de vista técnico son innovadores o no tienen limitaciones para realizar un mayor número de siembras, pero en contraste, son más reacios para explorar nuevas fuentes.

4.2.2. Explotación Innovadora: en este grupo el ingreso es mayor pero también son mayores los costos variables, los costos de financiamiento, el beneficio y la depreciación. Para este tipo los criterios más importantes

son: la oportunidad, el monto, la asistencia técnica y el interés, prevaleciendo el criterio económico. También valoran el riesgo compartido al preferir la asistencia técnica; además, los datos sugieren una disposición abierta a las innovaciones.

4.2.2. Explotación Conservadora: presentan bajos rendimientos, ingreso, costo total, beneficio y media de depreciación. Los intereses son más importantes que la oportunidad y en relación con los otros criterios muestra valores bajos. En relación con los ratios este grupo muestra las más grandes relaciones, por lo que se puede decir que son eficientes desde el punto de vista económico.

4.3. DISEÑO DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

Los rasgos fundamentales del modelo pueden resumirse como sigue: descriptivo, con variables cualitativas y cuantitativas, económico-productivo, incorpora funciones lineales y no lineales, a corto plazo, con elementos aleatorios y objetivos múltiples, donde se incluyen los criterios de elección de los agricultores con respecto a su fuente de financiamiento.

Para el modelo se asumen los siguientes supuestos: las actividades alternativas las constituyen las fuentes de financiamiento; no se propone la introducción de otros cultivos, ni tecnologías; sólo se considera la producción de arroz con dos siembras al año; se usa igual variedad de arroz y con el mismo precio. El productor es solvente y cuenta con las garantías necesarias para tomar créditos, no toma seguros agrarios y paga los intereses establecidos; no existen cobros adicionales por asistencia técnica, seguro o fondos de contingencia. Las restricciones de crédito son tomadas de acuerdo con la información suministrada por las fuentes financieras, los créditos se solicitan al inicio de la siembra y se pagan al final. El modelo se representa en los Cuadros N° 2 y N° 3.

Cuadro 1

Resultado del cluster y centroides										
Cluster	Nº de productores	%	NF	OPO	CLI	CT	CFI	FEX	CA	REN
1	37	53,62	1,65	0,86	0,62	1,2793	0,094	67	0,54	5,212
2	17	24,64	1,82	0,82	0,06	1,4412	0,143	64,7	0,88	5,735
3	15	21,74	0,8	0,33	0	1,0968	0,039	34	0,8	4,81

Fuente: elaboración propia, usando el programa *Statgraphics*.

Legenda:

NF: número de fuentes, OPO: oportunidad; CLI: cliente; CT: costo total; CFI: costo de financiamiento; FEX: porcentaje de financiamiento ajeno; CA: deseo de explorar otras formas de financiamiento; REN: rendimiento de arroz (kg/ha).

Cuadro 2 Objetivos y restricciones agronómicas

Optimizar:

1) Objetivo maximización del beneficio en millones de bolívares³:

$$Z = \left(\sum_p^{12} (IT_p - CVT_p - Cfi_j_p) \right) - CFT \quad (1)$$

2) Objetivo satisfacción de las preferencias del productor respecto a la fuente de financiamiento:

$$W = \sum_{f=1}^{12} \sum_{s=1}^{12} (Ef_f * X_{fs}) \quad (2)$$

3) Objetivo minimización del riesgo:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^7 (ZN_n - Z)^2 \quad (3)$$

Sujeto a:

Restricciones de ocupación de la superficie por período:

$$\sum_{s=1}^{12} usosu_{sp} * NHA_s \leq d \text{ sup} \quad (4)$$

Restricciones de ocupación de la totalidad de la superficie por siembra:

$$\sum_{s=1}^{12} NHA_s = 2 * d \text{ sup} \quad (5)$$

Ecuación del Cálculo Beneficio Aleatorio:

$$ZN_n = \left(\sum_{s=1}^{12} \sum_{p=1}^{12} (ren_s * pr_{pn}) * NHA_s \right) - \left(\sum_{p=1}^{12} (CVT_p + Cfi_j_p) \right) - \left(\sum_{f=1}^5 \sum_{s=1}^{12} \sum_{p=1}^{12} (Vs_{ps} * X_{fs} * ti_{fn} * vu_s) \right) \quad (6)$$

Donde: **Z:** beneficio total de la explotación, **IT_p:** ingresos totales, **CVT_p:** costo variable total; **Cfi_j:** costo fijo por período; **CFT:** costo financiero total y p: período, **W:** medida que establece el orden de las fuentes de financiamiento en función de las preferencias del productor; **Ef_f:** distancia L₁ del peso del puntaje dado por los productores a cada criterio por la calificación de cada fuente normalizada; **X_{fs}:** cantidad de crédito que se solicita por fuente; **V:** varianza del beneficio; **ZN_n:** beneficio en cada estado de la naturaleza (n); **usosu_{sp}:** período de tiempo en el cual cada siembra de arroz ocupa la superficie del suelo; **NHA_s:** superficie a sembrar; **dsup:** disponibilidad máxima de superficie en hectáreas; **ren_s:** rendimientos del arroz en kg/ha por siembra; **pr_{pn}:** precio de venta de la producción de arroz para cada estado de la naturaleza (millones Bs./kg); **Vs_{ps}:** mes de venta de la producción; **vu_s:** vida útil del crédito el cual corresponde a los meses (períodos); y, **ti_m:** tasa de interés mensual para cada estado de la naturaleza.

Fuente: elaboración propia.

3 A partir del 01/01/2008 circula en Venezuela el *Bolívar Fuerte*, cuyo símbolo es Bs.F. o VEF, resultado de la reconversión monetaria instaurada según Decreto N° 38.638 del 06/03/2007. A partir de entonces, el nuevo signo monetario elimina tres ceros de la vieja denominación (i.e., 1 Bs.F. = 1.000 Bs.). En este trabajo se utiliza la denominación vigente al momento de su realización, el bolívar antiguo (Bs.).

Cuadro 3
Restricciones financieras

Restricciones de la cantidad total de crédito a solicitar por siembra:

$$\sum_{f=1}^{12} X_{fs} < CVT_p \quad (7)$$

Restricciones de cantidad máxima otorgada por fuente de financiamiento:

$$X_{fs} \leq mf_f * d \text{ sup} \quad (8)$$

Costo financiero período:

$$CFp_p = \left(\sum_{f=1}^5 \sum_{s=1}^{12} V_{s,sp} * X_{fs} \right) * (tr_f * Vu_s) \quad (9)$$

Pago del crédito por período:

$$AMOR_p = \left(\sum_{f=1}^{12} \sum_{s=1}^{12} V_{s,sp} * X_{fs} \right) * (1 + (tr_f * Vu_s)) \quad (10)$$

Costo financiero total:

$$CFT = \sum_{p=1}^{12} CFp_p \quad (11)$$

Balance general por período:

$$\left(\sum_{f=1}^{12} \sum_{s=1}^{12} X_{fs} * is_{sp} \right) + liq0_p + LIQ_{(p-1)} + IT_p = CVT_p + CONS_p + LIQ_p + AMOR_p + Cfij_p \quad (12)$$

Ecuación de balance financiero a corto plazo por período:

$$\left(\sum_{f=1}^5 \sum_{s=1}^{12} X_{fs} * is_{sp} \right) + liq0_p + LIQ_{(p-1)} \geq CVT_p \quad (13)$$

Restricciones de los montos cubiertos por las fuentes de financiamiento, siembra y período:

Para el caso del financiamiento por Agrocomercio:

$$X_{agrocomercio,s} \leq CVL_{s,cmprod,p} + CVL_{s,cpprod,p} + CVL_{s,fprod,p} + CVL_{s,rprod,p} \quad (14)$$

Para el caso del financiamiento por la agroindustria:

$$X_{agroindustria,s} \leq CVL_{s,semilla,p} + CVL_{s,cmprod,p} + CVL_{s,cpprod,p} + CVL_{s,fprod,p} + CVL_{s,rprod,p} \quad (15)$$

Donde: X_{fs} : cantidad de crédito que se solicita por fuente y por siembra; CVT_p : costo variable total; mf_f : cantidad a financiar por la fuente (millones Bs./ha); $V_{s,sp}$: mes de la venta de la producción en cada siembra; tr_f : tasa de interés por período para cada fuente porcentaje mensual; Vu_s : vida útil del crédito el cual corresponde a los meses (períodos) que transcurren entre el otorgamiento y su pago; CFp_p : costo financiero período, $liq0_p$: liquidez inicial por siembra; LIQ_{p-1} : liquidez del período anterior; IT_p : ingresos totales; CVT_p : costo variable total; $CONS_p$: consumo familiar mensual; LIQ_p : liquidez del período; $AMOR_p$: pago del crédito; $Cfij_p$: costo fijo, $X_{agrocomercio,s}$: cantidad de crédito que se solicita al agrocomercio; Cvl_{slp} : costo variable por labor; $cmprod$: costo por productos para el control de malezas; $cpprod$: costo por productos para el control de plagas; $fprod$: costo por productos para la fertilización; $rprod$: costo por productos para el reabono; $X_{agroindustria,s}$: cantidad de crédito que se solicita por la agroindustria; y, $CVL_{s,semilla,p}$: costos variables por compra de semillas para la siembra del arroz.

Fuente: elaboración propia.

Como el medio exclusivo de financiamiento externo que utilizan los productores es el crédito, las alternativas presentadas corresponden a las fuentes de crédito existentes. Se establecen cinco tipos de instituciones (banca, asociación, pública, agrocomercio y agroindustria), al tiempo que los datos que se asumen para el modelo se calculan haciendo uso del promedio o de la moda de las características de las dieciocho fuentes encuestadas.

Los objetivos son: maximizar el beneficio ($max Z$), satisfacción de las preferencias del productor con respecto a la fuente de financiamiento ($min W$) y minimizar el riesgo ($min V$). Estos aportan igual peso. El objetivo de $min W$ se utiliza como una condición ordinal (es un objetivo ficticio), con el fin de establecer una medida que refleje el orden de las fuentes de financiamiento, en virtud de las preferencias del productor. Para ello se usan las cantidades de créditos a ser solicitados, multiplicados por el peso que le atribuye el productor a cada fuente elegida según sus criterios; por lo tanto, mientras más pequeño sea su valor (minimización) más se aproxima a las preferencias observadas del productor con respecto a su fuente de financiamiento.

El procedimiento para llevar los criterios de elección cualitativos a variables cuantitativas fue el siguiente: identificación de las opiniones relacionadas con las fuentes de financiamiento, cuantificación del atributo según la cantidad de productores que votan a cada una de ellas, introducción de la distancia entre los valores asignados y el valor ideal. Se considera cada elección o alternativa no dominada como un punto extremo eficiente. Cálculo de las distancias existentes entre cada alternativa o punto extremo eficiente con respecto al punto ideal, para la métrica L_1 .

El modelo incorpora el riesgo en el cultivo del arroz, el cual está afectado por algunas variables, entre ellas las climatológicas (precipitaciones), las productivas (ataque de malezas y plagas), las económicas por el cambio del precio del producto y las financieras por la variación de la tasa de interés crediticia. En el modelo el riesgo es medido por medio de la varianza del beneficio, incorporando la variación de la tasa de interés (como riesgo financiero) y del precio del arroz (como riesgo del negocio) utilizando para ello sus series históricas de los últimos siete años.

El productor puede mejorar su financiamiento si mejora su gestión y su proceso productivo; por tanto fueron considerados varios escenarios y análisis de sensibilidad, como sigue:

Escenario E_1 : Modelo Base. Se considera el modelo multiobjetivo de explotación descrito anteriormente.

Escenario E_2 : Créditos por Períodos. Se introduce en el modelo base una modalidad de crédito, en la cual el productor puede disponer del crédito en el mes que lo

necesite y pagar intereses según los meses transcurridos, desde su otorgamiento hasta la fecha de pago. La diferencia de esta modalidad de crédito, dado por partidas, es que la tasa de interés es la misma que al inicio de la siembra cuando lo solicitó. Sin embargo, en este caso, el período para el cálculo del pago del crédito más intereses será la de los meses que transcurran desde cuando lo haya retirado hasta la fecha de su pago.

Escenario E_3 : Siembra Escalonada. Se incorpora la posibilidad de seleccionar hasta doce siembras de arroz al año, una para cada mes. La siembra escalonada es recomendada por los técnicos de la zona, pues genera una periodicidad en los ingresos que favorecerá al productor y disminuye los requerimientos de financiamiento ajeno. Se logra haciendo períodos de forma circular donde la siembra trece (s_{13}) vuelve a ser la siembra uno (s_1).

Análisis de Sensibilidad: se introducen unos precios nuevos de modo que se aprecien dos posibilidades, a saber: un aumento del 10% en los precios, que debe mejorar los resultados en el modelo base y una disminución del precio en un 10%. De esta forma se identificó la sensibilidad del modelo base ante este cambio.

4.4. RESULTADOS DEL MODELO

Para la resolución del modelo base se parte del supuesto de que la explotación se cultiva en su totalidad, para todas las explotaciones, en las dos siembras (verano e invierno), esto se introduce a fin de lograr que el análisis del comportamiento de elección de las cantidades y fuentes de financiamiento, sean comparables para los tres objetivos. El modelo calcula los ingresos y costos totales según el costo financiero que generan los intereses devengados por los créditos solicitados a la fuente de financiamiento considerada óptima por el modelo (Cuadro N° 4).

Cuadro 4

Cálculos económicos del Modelo Base para la maximización del beneficio				
Explotación	Ingreso	Costos	Costos Financieros	Beneficio
Intermedia	3,06749069	2,01549069	0,097	0,955
Innovadora	3,39127349	2,38327349	0,128	0,88
Conservadora	2,7983504	1,9173504	0,096	0,785

Fuente: elaboración propia.

La matriz de pagos de los objetivos del modelo base se presenta en el Cuadro N° 5. Allí el conflicto que representa la variación entre el ideal (en negritas) y el anti-ideal (subrayado) entre los objetivos cuando se $max Z$, para la explotación INTERMEDIA, es de un 30,6% y $min W$ representa el 118,05%; en cambio, en $min V$ el conflicto es de 17,15%. Para el caso de la explotación INNOVADORA

max Z presenta un conflicto del 32,56%; en cambio, *min W* del 167,1% y el riesgo de 16,39%. No obstante, la explotación CONSERVADORA presenta un conflicto de 39,04% en el beneficio mayor que el resto de explotaciones, mientras que para el caso de *min W* presenta un conflicto menor que el resto de 63,89% y de 17,97% para *min V*.

Cuadro 5

Matriz de pagos del Modelo Base				
Explotación	FO	Z (Mill. Bs.)	W	V
INTERMEDIA	Max Z	72,173	5.659,38	2.703,21
	Min W	59,75	2.595,46	2.474,31
	Min V	<u>55,239</u>	4.231,38	2.307,53
INNOVADORA	Max Z	45,436	5.240,81	1.545,05
	Min W	34,933	1.962,09	1.418,11
	Min V	<u>34,277</u>	3.659,84	1.327,44
CONSERVADORA	Max Z	79,005	5.087,96	3.950,88
	Min W	78,973	4.862,32	3.950,58
	Min V	56,822	7.968,72	3.349,02

Fuente: elaboración propia.

Leyenda: FO: función objetivo; Z: beneficios; W: medida de preferencia; V: riesgo.

A pesar del poco conflicto manifestado en la minimización del riesgo, su incorporación en el modelo introduce cambios en la elección de la fuente, pues el riesgo es un elemento fundamental en la concesión de un crédito. El bajo conflicto se debe a que la variación de la tasa de interés afecta el costo financiero, que es una parte de los costos totales. Por tanto, su magnitud es pequeña en relación con los beneficios aleatorios, a pesar de que más adelante se evidencia la influencia de este pequeño aporte proporcional (que afecta el conflicto en la matriz de pagos) en la elección de la fuente de financiamiento.

Partiendo de la matriz de pagos se procedió a obtener los puntos extremos más cercanos al ideal a través de la programación compromiso. Se calculó el conjunto compromiso, el cual define el conjunto eficiente restringido en el cual se pueden obtener soluciones eficientes de *max Z*, *min W* y *min V* conjuntamente. En relación con el beneficio, la solución compromiso por hectárea mostrada en el Cuadro N° 6 está comprendida entre 0,795 a 0,802 millones de Bs./ha para la explotación INTERMEDIA, en 0,707 millones de Bs./ha para la INNOVADORA y entre 0,761 y 0,710 millones de Bs./ha para la CONSERVADORA; por lo tanto, es más alta en la explotación INTERMEDIA.

Si se observan las fuentes de financiamiento elegidas en el modelo base por objetivo (Figura N° 1) donde la franja de color más gruesa constituye la primera elección

Cuadro 6

Resultados para L ₁ y L ₂ en el Modelo Base			
Métrica y explotación	Z (millones)	W	V
Métrica L₁			
INTERMEDIA	60,042	2.595,46	2.481,22
INNOVADORA	36,508	1.966,61	1.405,12
CONSERVADORA	76,568	4.891,05	3.814,29
Métrica L₂			
INTERMEDIA	60,591	2.668,39	2.464,87
INNOVADORA	36,508	1.966,61	1.405,12
CONSERVADORA	71,38	5.373,19	3.702,58

Fuente: elaboración propia.

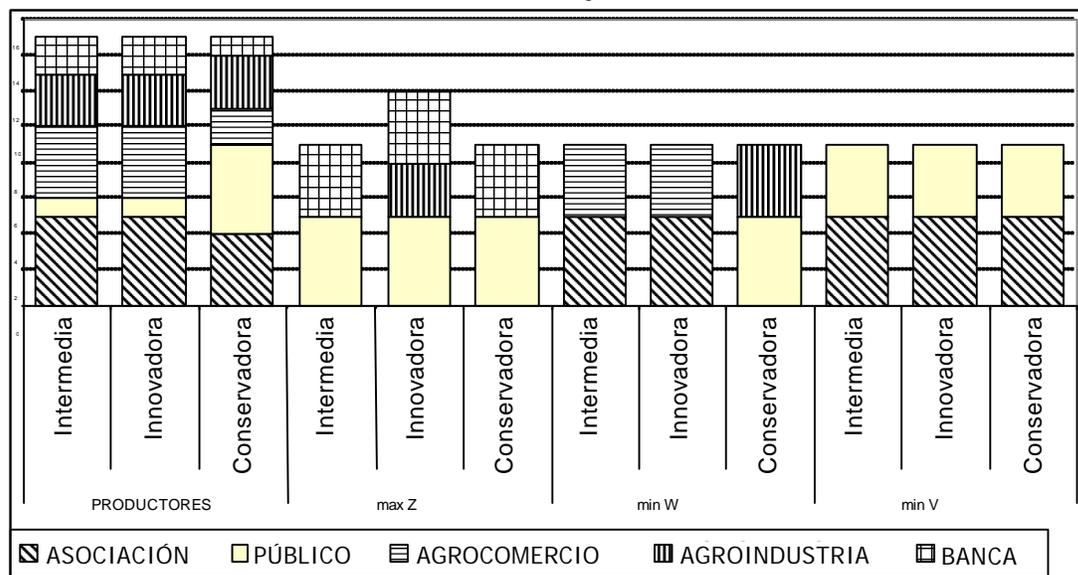
Leyenda: L₁: distancia uno. L₂: distancia infinito

y la más fina la última, se tiene para la *max Z* que la explotación INTERMEDIA primero elige la fuente pública y luego la banca, para INNOVADORA el orden será pública, banca y agroindustria; para la CONSERVADORA será pública y banca, cosa que contradice a la realidad en este objetivo. Para *min W*, las explotaciones INTERMEDIA e INNOVADORA usan la fuente asociación y agrocomercio, en tanto la CONSERVADORA las fuentes pública y agroindustria. En el objetivo *min V* usan asociación y pública. El modelo reproduce el comportamiento del productor en el segundo objetivo cuando establece la satisfacción de preferencias del productor con respecto a la fuente de financiamiento, excepto en el caso de la CONSERVADORA, que usa en segundo lugar la agroindustria en vez de la asociación como ocurre a los productores.

Otra variable importante a destacar son los costos financieros (CF) que involucran estas decisiones, lo cual se presenta el Cuadro N° 7. El costo financiero cuando se maximiza el beneficio (CFZ) es menor que en la realidad (CFO) para las explotaciones INTERMEDIA e INNOVADORA, pero es mayor en la CONSERVADORA, esto es debido a que el modelo toma la fuente de menor tasa de interés, minimizando así el costo financiero.

Evidentemente si se comparan los resultados de la incorporación de los escenarios al modelo mostrado en el Cuadro N° 7, se observa que un aumento del 10% del precio tiene un valor mayor en los beneficios, seguido por la técnica escalonada, el crédito por período, el modelo base y por último la reducción del precio. La excepción es el objetivo *min V* donde el crédito por período ocupa el segundo lugar y la técnica escalonada el cuarto lugar. En general la explotación INTERMEDIA obtiene los mejores resultados que el resto de las explotaciones. En cambio la CONSERVADORA para *max Z* y *min V* es la que tiene menor valor, excepto en *min W* cuyos resultados

Figura 1
Comparación de la elección de la fuente de financiamiento entre los productores y el Modelo Base para los distintos objetivos



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7

Costo Financiero total por objetivos en el Modelo Base (en millones de Bs.)				
Explotación	CFZ/ha	CFW/ha	CFV/ha	CFO/ha
INTERMEDIA	0,097	0,262	0,32	0,225
INNOVADORA	0,128	0,231	0,344	0,246
CONSERVADORA	0,096	0,097	0,317	0,077

Fuente: elaboración propia.

Leyenda: CFZ: costo financiero para la maximización de beneficios;
CFW: costo financiero para la minimización de la medida de las preferencias;
CFV: costo financiero para la minimización del riesgo;
CFO: costo financiero observado.

superan a la INNOVADORA. En general, para todos los escenarios, los resultados muestran que los beneficios son mayores en la *max Z*, seguido por la *min W* y *min V*; es decir, que si se consideran las preferencias y el riesgo, el beneficio se reduce. Con respecto al beneficio observado es mayor al valor obtenido por *Z* del modelo para todas las explotaciones. En cambio, en la *min W* sólo la explotación CONSERVADORA tiene un valor mayor. Además, se observa que la explotación INTERMEDIA tiene mayor beneficio por hectárea que el resto de las explotaciones.

La solución compromiso mostrada en el Cuadro N° 9 mantiene la misma tendencia que el cuadro anterior, donde se evidencia que el aumento de precio contribuye más

al beneficio, seguido de la siembra escalonada, el crédito por períodos, el modelo base y la reducción del precio. Sólo en *L* infinito para la INTERMEDIA el crédito por períodos es menor que el modelo base. La INTERMEDIA obtiene valores mayores en todos los escenarios, menos en el caso de la CONSERVADORA cuando hay disminución de precios, por lo que se puede decir que esta última soporta mejor una reducción de precios o que tienen un menor impacto en la reducción del beneficio.

En el Cuadro N° 10 destaca que existe una reducción en la cantidad de crédito solicitada al año por los productores de arroz en el escenario «crédito por período» menor aún en «aumento de precios», pero más notoria en «siembra escalonada», por ello se puede decir que este último es propicio si el fin fuera la minimización de la cantidad de crédito a ser solicitada durante el año de siembra. En cambio, si existe una disminución de precio se solicitarán más créditos. Entre las explotaciones se puede notar que la INNOVADORA solicita más crédito en todos los escenarios. Quiere decir que estos productores requieren, con su base productiva, solicitar más créditos, por ello obtienen un menor beneficio en relación con el resto de las explotaciones.

La otra variable comparativa corresponde a los resultados de la elección de la fuente de financiamiento para la solución compromiso mostrada en el Cuadro N° 11. El modelo base prácticamente elige las mismas cantidades a

Cuadro 8

Comparación de los resultados para el beneficio por Escenarios y Variaciones de Precios (en millones de Bs./ha)						
Explotación	F O	Z/ha Base	Z/ha créditos períodos	Z/ha escalonada	Z/ha + precio	Z/ha precio
INTERMEDIA	Max Z	0,955	0,986	1,077	1,300	0,618
	Min W	0,791	0,854	0,976	1,155	0,435
	Min V	0,731	0,735	0,702	1,065	0,405
INNOVADORA	Max Z	0,880	0,917	1,025	1,264	0,503
	Min W	0,676	0,760	0,906	1,081	0,309
	Min V	0,664	0,669	0,598	1,035	0,303
CONSERVADORA	Max Z	0,785	0,824	0,913	1,111	0,486
	Min W	0,785	0,809	0,854	1,110	0,484
	Min V	0,565	0,578	0,553	0,880	0,276

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9

Solución Compromiso por Escenarios y Variaciones de precios para la maximización del beneficio (millones Bs./ha)					
Explotación	Z/ha Base	Z/ha créditos	Z/ha escalonada	Z/ha + precio	Z/ha - precio
L₁					
INTERMEDIA	0,795	0,803	0,991	1,155	0,435
INNOVADORA	0,707	0,713	0,939	1,106	0,309
CONSERVADORA	0,761	0,764	0,835	1,076	0,446
L_{infinito}					
INTERMEDIA	0,802	0,798	0,963	1,170	0,435
INNOVADORA	0,707	0,786	0,910	1,106	0,314
CONSERVADORA	0,710	0,820	0,840	1,020	0,408

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10

Comparación de los resultados por Escenarios y Variaciones de precios para la cantidad solicitada en créditos cuando se Maximiza Z (en millones de Bs./ha)					
Explotación	Créditos Base	Créditos períodos	Créditos escalonado	Créditos + precio	Créditos - precio
INTERMEDIA	1,414	1,399	0,0569	1,216	1,614
INNOVADORA	1,828	1,810	0,0755	1,638	2,019
CONSERVADORA	1,419	1,404	0,0676	1,216	1,576

Fuente: elaboración propia.

ser solicitadas en crédito para L_1 y L_2 , excepto para la INTERMEDIA en verano que solicita más crédito en L_1 . En relación con la elección existen diferencias en la INTERMEDIA en invierno para L_1 , que elige asociación y agrocomercio; en cambio, para L_2 elige asociación, pública y agrocomercio. Para CONSERVADORA en verano en

L_1 solicita todo a pública; en cambio, para L_2 elige asociación y pública, la primera en mayor proporción. La solución compromiso referida a la elección de la fuente es similar a la preferencia de los agricultores, que quiere decir que W y V influyen en la selección. Esta conclusión acerca el modelo a la realidad. En relación con los esce-

Cuadro 11

Selección de la Fuente de Financiamiento según la Solución Compromiso (en millones de Bs./ha)

Explotación	L ₁				L ₂			
	asociación	pública	agroco	agroindu	asociación	pública	agroco	agroindu
MODELO BASE								
INTERMEDIA/inv.	0,85		0,146		0,85	0,071	0,076	
INTERMEDIA/ver.	0,518				0,512			
INNOVADORA/Inv.	0,85			0,334	0,85			0,334
INNOVADORA/ver.	0,735				0,735			
CONSERVADORA/inv.	0,354	0,6			0,354	0,6		
CONSERVADORA/ver		0,497			0,488	0,009		
Crédito Período								
INTERMEDIA/inv.	0,85		0,147		0,85	0,02	0,126	
INTERMEDIA/ver.	0,511				0,484			
INNOVADORA/Inv.	0,85		0,046	0,287	0,85			0,335
INNOVADORA/ver.	0,73				0,697			
CONSERVADORA/inv.	0,354	0,6			0,01	0,6		0,344
CONSERVADORA/ver		0,497				0,454		
Siembra Escalonada								
INTERMEDIA/s1					0,503			
INNOVADORA/s1					0,488			
CONSERVADORA/s1						0,237		
Aumento Precio								
INTERMEDIA/inv.	0,85		0,147		0,85	0,05		0,097
INTERMEDIA/ver.	0,347				0,513			
INNOVADORA/Inv.	0,85			0,335	0,85			0,335
INNOVADORA/ver.	0,544				0,734			
CONSERVADORA/inv.	0,354	0,6			0,354	0,6		
CONSERVADORA/ver		0,34			0,47	0,027		
Reducción de precio								
INTERMEDIA/inv.	0,85		0,147		0,85	0,05	0,097	
INTERMEDIA/ver.	0,69				0,513			
INNOVADORA/Inv.	0,85			0,335	0,85			0,335
INNOVADORA/ver.	0,85		0,076		0,734			0,076
CONSERVADORA/inv.	0,354	0,6			0,354	0,6		
CONSERVADORA/ver	0,055	0,6			0,47	0,027		

Fuente: elaboración propia.

Leyenda: Agroco: Agrocomercio; Agroindu: Agroindustria; Inv: invierno; ver: verano.

narios, el de la «siembra escalonada» es el que toma sólo una fuente. El resto de los escenarios se asemejan al modelo base.

En resumen se puede señalar que, si bien es cierto que los escenarios no modifican los atributos de las fuentes ni sus dimensiones, pueden mostrar que debido a un mayor o menor uso de la cantidad de crédito sea necesario acudir a una fuente de crédito adicional: como en la tipología INNOVADORA la «disminución de precio» para *min W*, CONSERVADORA, en «crédito por período» cuando *min W* y «aumento de precio» en *min W*; y como el caso de la «siembra escalonada» es notorio que se quedará con la fuente a la que más solicita, siendo ésta la más ventajosa

para responder a ese objetivo por la poca cantidad de crédito que requiere. La elección está más influenciada por los objetivos que por los escenarios, por lo que este cuadro sirve más para comparar el comportamiento del beneficio como una variable que privilegia el financiamiento interno que la actuación de la elección de las fuentes ante los distintos escenarios.

5. CONCLUSIONES

Los productores estudiados le otorgan gran valor a sus criterios de elección de la fuente de financiamiento, entre ellos a la oportunidad (tiempo de concesión del crédito) y el riesgo compartido (evidenciado a través de los criterios

de ser cliente, la asistencia técnica y la confianza con la fuente).

No siempre los productores más innovadores -con respecto al financiamiento- obtienen mayores beneficios. Probablemente por no tenerlos buscan mejores oportunidades financieras. Las alternativas resultantes privilegian a la fuente pública y a la banca en la maximización del beneficio; hacen lo propio con la fuente asociación y al agrocomercio en la satisfacción de las preferencias y con la fuente asociación y la pública en la minimización del riesgo.

Las soluciones compromiso de las diferentes explotaciones y los distintos escenarios señalan que el objetivo referido a las preferencias del productor con respecto a la fuente de financiamiento fue altamente influyente en el resultado, ya que coloca al modelo ante un orden de selección de la fuente similar a la realidad estudiada. Esto representa mejor a la explotación para analizar los cambios sugeridos a través de los escenarios o la introducción de nuevas políticas. En general, cuando se incorporan las preferencias de los agricultores con respecto a su fuente de financiamiento y el riesgo, se usa más crédito.

El modelo muestra resultados que responden positivamente a un aumento de los beneficios cuando se introduce el aumento de precio, la siembra escalonada, el crédito por período y, negativamente a la disminución de precios. Los beneficios son altamente afectados por las variaciones de precios. Como los escenarios y las variaciones analizadas pueden ser utilizadas conjuntamente, cabe esperar que un productor que obtenga créditos periódicos y escalone, en un aumento de precios, alcance el máximo beneficio. Ante una reducción de precios los productores del tipo conservador tienen un menor impacto en la reducción del beneficio.

La siembra escalonada es el escenario más atípico, pues solicita crédito a una fuente pública para la maximización del beneficio y para la minimización del riesgo a la asociación. El resto de los escenarios muestran un comportamiento similar en relación con la diversificación de la fuente de financiamiento, solicitándolo de entre dos a tres fuentes. La cantidad de crédito se reduce por la siembra escalonada, por lo que esta técnica sería recomendada si se pretende disminuir las cantidades de crédito a solicitar. Las políticas de precios y de financiamiento son fundamentales. Se muestra que con un buen precio se pueden generar mayores beneficios, que pueden luego ser usados para aumentar el financiamiento propio; por lo tanto, el financiamiento ajeno puede disminuir.

El modelo permite la incorporación de nuevas instituciones de financiamiento, de manera que se puedan evaluar sus efectos sobre los resultados, pues se representan las relaciones más importantes dentro de la explotación.

Incluso se puede hacer la introducción de una cooperativa u otro tipo de institución financiera, estableciendo previamente sus condiciones según las variables que demanda el modelo. Adicionalmente pueden evaluarse nuevos escenarios o determinar los efectos de políticas de financiamiento en la elección de su fuente por parte de los productores de arroz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARREDO, J. 1996. *Sistema de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid: RA-MA Editorial.
- BARRY, P.; ROBINSON, L. 2001. «Agricultural finance: credit, credit constraints, and consequences». En: *Handbook of Agricultural Economics*, 18, Vol. 1: 513-571.
- BERBEL, J.; RODRÍGUEZ-OCAÑA, A. 1998. «A MCDM approach to production analysis: an application to irrigated farms in Southern Spain». En: *European Journal of Operational Research*, 107: 108-118.
- BOCCO, M.; SAYAGO, S.; TARTARA, E. 2002. «Modelos multicriterio: una aplicación a la selección de alternativas productivas». En: *Agricultura Técnica* (Chile), 62 (3): 450-462.
- CABANES, M. 2000. *La Empresa Agraria, su Planificación Mediante Programación Matemática*. España: Edición UNICAZA, Analistas Económicos de Andalucía.
- FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA REGIÓN CENTROCCIDENTAL, FUDECO-FUNDARROZ. 2000. *Censo Arroceros Nacional. Ciclo Norte Verano (1999-2000)*. Barquisimeto: FUDECO.
- HAZELL, P.; NORTON, R. 1986. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. New York: Mac Millan Publishing Company. (Disponible en <http://www.ifpri.org/Pubs/otherpubs/mathprog.htm>).
- KALLBERG, J.; WHITE, R.; ZIEMBA, W. 1982. «Short term financial planning under uncertainty». En: *Management Science*, 28 (6): 670- 682.
- KATCHOVA, A. 2005. «Factors affecting farm credit use». En: *Agricultural Finance Review*. 65: 17-29.
- POGUE, G.; BUSSARD, R. 1972. «A linear programming model for short term financial planning under uncertainty». En: *Sloan Management Review*, 13: 69-98.
- ROBICHECK, A.; TEICHOREW, D.; JONES, J. 1965. «Optimal short term financing decision». En: *Management Science*. 12:1-36.
- ROMERO, C. 1993. *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones*. Madrid: Alianza Editorial.
- ROMERO, C. 1996. *Análisis de las decisiones multicriterio*. Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, Nº 14. Madrid: ISDEFE.

ROMERO, C.; AMADOR, F.; BARCO, A. 1987. «Multiple objectives in agricultural planning: a compromise programming application». En: *American Journal of Agricultural Economics*, 67: 513-520.

SOLER, P.; ALONSO, R.; IRURETAGOYENA, T. 1991. «Programación multicriterio de variables comerciales: una aplicación al sector vinícola». En: *Investigación Agraria: Economía*, 6 (1): 75-93.

ZELNY, M. 1973. «Compromise programming». En: Cochrane J. L. y Zeleny (Eds.), *Multiple criteria decision making*, South Carolina, University of South Carolina Press: 262-301.

ZELNY, M. 1982. *Multiple criteria decision making*. New York: Mc Graw-Hill.