

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa
Universidad de Zaragoza
1992, Zaragoza

EL EMPLEO DE LA PROGRAMACION LINEAL EN GEOGRAFIA, Y SU APLICACION AL CALCULO DE LA DIMENSION OPTIMA DE LA EXPLOTACION AGRARIA EN ALGUNAS COMUNIDADES AUTONOMAS ESPAÑOLAS.

Pascual RUBIO TERRADO

*Profesor de Análisis Geográfico Regional
Colegio Universitario de Teruel*

Carlos HERNANZ PEREZ

*Profesor de Matemática Aplicada
Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Teruel*

La finalidad de la comunicación que presentamos se centra en mostrar las posibilidades que ofrece en Geografía el uso de la técnica de "programación lineal" para aquellos casos en los que se busca un punto óptimo (PO), derivado de la combinación de dos o más variables, que maximice, o minimice, una función objeto sujeta a unas restricciones o limitaciones previstas de antemano.

En el caso concreto que nos ocupa, el objetivo central de nuestra comunicación se fundamenta en calcular, mediante la técnica mencionada y para algunas comunidades autónomas españolas, *los valores que optimizan la función Z o Margen Bruto (MB) de la explotación agraria media de cada una de ellas*¹, obtenido a través de la combinación

$$^1 Z = C_1 * X_1 + C_2 * X_2$$

Z: margen bruto de la explotación.

X₁: actividad agraria (Has de S.A.U.).

X₂: actividad ganadera (U.G.).

C₁: margen bruto por unidad de X₁.

de una determinada cantidad de Superficie Agraria Util (SAU), en Has, con una cierta cantidad de ganado, en Unidades Ganaderas (UG). Consideramos que la función Z está sujeta a una serie de restricciones, o limitaciones, entre las que se han elegido dos:

- La primera supone que *la mano de obra total exigida por la explotación no debe superar 1 Unidad de Trabajo Año (UTA)*, por ser ésta, si excluimos las explotaciones a tiempo parcial, la oferta real a la que tienden las explotaciones.

No obstante, y puesto que como más tarde se tendrá oportunidad de comprobar hay una Comunidad Autónoma, concretamente la de Cantabria, en la que la cantidad de trabajo mínimo por explotación excede de 1 UTA, para ella la restricción se lleva hasta el nivel de 2 UTA, nivel que se calcula también para el resto de comunidades, lo que permite establecer la variación entre la localización de los PO y MB según se consideren 1 o 2 UTA.

- La segunda se basa en suponer que *en aquellos casos en que exista combinación agroganadera no podrá haber una relación superior a 2 UG por cada Ha de SAU*, límite máximo de densidad previsto en la reforma de la Política Agrícola Común para tener acceso al cobro de primas por disminución de precios².

Del modelo aplicado, a veces se deriva que el máximo beneficio se alcanza dedicando la explotación únicamente a ganadería o a agricultura, por separado, como luego veremos.

C₂: margen bruto por unidad de X₂.

² En realidad, la reforma de la PAC preve 2 UG (de bovinos u ovinos) por Ha forrajera de la explotación, sin embargo, dado el objetivo de la comunicación hemos decidido trasladar esta restricción al total de la explotación, puesto que al igual que en nuestros cálculos no diferenciamos la especie o especies a que pertenecen las UG consideradas, tampoco se hace lo propio en relación al tipo de aprovechamiento que soporta la superficie de SAU. Por lo demás, se trata de un nivel máximo de densidad que no afecta a las pequeñas explotaciones, entendiéndose por ellas aquellas que tienen menos de 15 UG.

En última instancia se estudia también hasta que grado el MB obtenido como óptimo en cada comunidad autónoma es suficiente o no para remunerar adecuadamente a la actividad, ello considerando por separado 1 ó 2 UTA.

En el proceso de trabajo, para buscar la dimensión óptima de una explotación agroganadera, como primera exigencia, necesitamos conocer la cantidad media de mano de obra por explotación y Comunidad Autónoma necesaria en función del nº de Has de SAU y del nº de UG.

Para ello, como fuente documental básica se ha utilizado la información contenida en la publicación del MAPA "Red Contable Agraria Nacional. Metodología y resultados empresariales 1989", concretamente la correspondiente al grupo "todas orientaciones técnico-económicas", una entre las setenta que aparecen en la mencionada publicación, a partir de cuyos datos, tabulados en relación a diferentes tamaños de Unidades de Dimensión Europea (UDE)³, hemos formulado la hipótesis previa de que *el incremento de mano de obra es proporcional al incremento del nº de Has de SAU (independientemente del aprovechamiento cultural o no que soporte) y al incremento del nº de UG (independientemente de la especie, o combinación de ellas, a la que puedan pertenecer).*

Partiendo de esa hipótesis se ha efectuado un *ajuste por mínimos cuadrados* para obtener las diferentes funciones, una en cada una de las comunidades, que explican la distribución de la mano de obra como función lineal del nº de Has y de UG. Así, $Z = a \cdot x_1 + b \cdot x_2 + c$, donde $x_1 = \text{nº Has}$, $x_2 = \text{nº UG}$. La cantidad c representa el coste fijo necesario por el mero hecho de mantener activa una explotación agraria⁴.

³ La UDE, o Unidad de Dimensión Europea, corresponde a 1.200 ECU de Margen Bruto Total de la explotación

⁴ Es precisamente en esta cantidad fija, por ser superior a 1 UTA en la Comunidad Autónoma de Cantabria, en donde se encuentra la razón que nos ha determinado a desdoblar la primera restricción en dos.

Cuadro 1. Estructura de las explotaciones según UDE.
<2 2-<4 4-<6 6-<8 8-<1212-<1616-<4040-<100 >=100

MANO DE OBRA (UTA):									
Canarias	0,94	1,20	1,52	-	-	-	-	-	-
Cantabria	-	1,39	1,43	1,45	1,82	1,97	2,48	-	-
Castilla-La Mancha	0,71	0,76	0,92	0,97	1,07	1,30	2,33	-	-
Castilla-León	0,49	0,70	0,68	0,79	0,88	1,11	1,10	2,05	7,14
La Rioja	0,66	0,82	0,86	0,92	1,13	1,41	1,73	-	-
Madrid	0,45	0,79	0,85	-	-	-	-	-	-
País Vasco	1,01	1,40	1,61	1,79	2,02	2,02	3,15	-	-
SAU TOTAL (Has):									
Canarias	0,71	1,32	2,11	-	-	-	-	-	-
Cantabria	-	4,30	6,82	9,89	11,92	13,98	23,57	-	-
Castilla-La Mancha	13,32	22,94	35,85	51,86	64,89	85,76	164,32	-	-
Castilla-León	2,47	6,21	11,85	17,46	26,01	37,52	75,75	207,67	575,22
La Rioja	1,38	3,41	6,26	8,73	14,57	20,69	30,43	-	-
Madrid	7,84	12,24	22,73	-	-	-	-	-	-
País Vasco	7,48	7,49	10,56	15,70	19,88	31,10	68,98	-	-
GANADOS TOTAL (UG):									
Canarias	0,66	1,26	1,76	-	-	-	-	-	-
Cantabria	-	8,39	12,99	17,44	24,05	34,04	52,32	-	-
Castilla-La Mancha	0,98	2,90	5,03	2,13	5,78	9,64	27,71	-	-
Castilla-León	4,65	9,37	6,41	6,34	5,32	6,81	9,50	38,40	213,24
La Rioja	4,97	9,46	10,15	10,05	3,91	1,71	0,00	-	-
Madrid	0,49	5,79	3,28	-	-	-	-	-	-
País Vasco	11,78	15,78	18,87	26,48	34,21	22,86	55,84	-	-

FUENTE: MAPA: Red Contable Agraria Nacional. Metodología y resultados empresariales 1985 Madrid.

Cuadro 2. Mano de obra necesaria (UTA) por Ha y por UG.

	FLJA	POR HA	POR U.G.
Canarias	0,64	0,367	0,06
Cantabria	1,126	0,029	0,013
Castilla-La Mancha	0,576	0,005	0,031
Castilla-León	0,568	0,004	0,02
La Rioja	0,621	0,036	0,002
Madrid	0,288	0,018	0,05
País Vasco	0,86	0,013	0,026

FUENTE: Elaboración Propia.

Si bien son siete las comunidades autónomas que consideramos en este trabajo, en un principio se partió de la idea de extender el estudio a todas las existentes, sin embargo, al analizar cada uno de los ajustes fue necesario desechar los correspondientes a las restantes, en algunas ocasiones porque el coeficiente R no era lo suficientemente alto, en otras porque la propia estructura de los datos nos hacía pensar que nos encontrábamos ante una situación peculiar que ponía en cuestión la hipótesis de linealidad. En este contexto, las comunidades que utilizamos presentan un coeficiente R siempre superior a 0,95, que permite aceptar la citada hipótesis de linealidad.

De forma gráfica, la optimización de la función Z consiste en representar dos rectas, cada una de ellas correspondiente a una de las restricciones propuestas, que sobre un plano cuyos ejes de coordenadas serían los valores de x_1 y x_2 , definan el conjunto de puntos en el cual las restricciones se verifican. El cruce de esas rectas restringe de forma sucesiva esa área factible tal y como puede observarse en la Fig. 1.

Así, el PO que maximiza la función Z se encontrará, según el "método del simplex" en uno de los extremos de la recta sobre la que coinciden las dos restricciones propuestas. Para precisar donde se encuentra, y puesto que tan solo hemos empleado dos restricciones, puede utilizarse un método gráfico basado en el "vector de máximo crecimiento del beneficio". Este se traza trasladando al eje de coordenadas los valores de MB medio/Ha de SAU y MB medio/UG y uniendo el punto resultante con el origen de los ejes de coordenadas.

Cuadro 3. MB medio por Ha de SAU y por UG.

	POR HA	POR U.G.
Canarias	1.964,7	65,34
Cantabria	24,14	82,97
Castilla-La Mancha	48,17	50,35
Castilla-León	39,89	51,67
La Rioja	178,3	45,68
Madrid	40,54	46,84
País Vasco	54,92	138,21

FUENTE: Elaboración propia.

Una vez trazado este vector, que aparece en la Fig. 1, la búsqueda del PO se resuelve trazando una línea que corte perpendicularmente dicho vector, y desplazandola de forma que se aleje lo más posible del origen sin salirse del todo del conjunto factible, de tal manera que el PO coincidirá con el último punto del conjunto factible que sea cortado por dicha recta, que para cada una de las comunidades autónomas consideradas queda como aparece en el Cuadro 4.

Obtenido el PO, y puesto que los valores medios de MB por Ha de SAU y por UG son conocidos de antemano, es sencillo calcular el MB total de la explotación agraria que maximiza la actividad en función de las restricciones utilizadas, que para cada una de las Comunidades Autónomas queda como aparece en el Cuadro 4.

Cuadro 4. PO y MB por explotación según se consideren 1 ó 2 UTA de mano de obra (MO). X en Has, Y en UG y MB en pesetas.

	M O ≤ 1 UTA			M O ≤ 2 UTA		
	P. O.		MB	P. O.		MB
	X	Y		X	Y	
Canarias	0,97	0,0	1.905,7	3,7	0,0	3.634,7
Cantabria	--	--	--	15,89	31,78	1.510,0
Castilla-La Mancha	124,0	0,0	5.973,0	324,0	0,0	7.822,0
Castilla-León	108,0	0,0	4.030,8	358,0	0,0	7140,0
La Rioja	9,4	18,8	2.534,8	34,45	68,9	4.644,9
Madrid	39,5	0,0	1.601,3	95,1	0,0	1.927,0
País Vasco	2,15	4,3	712,0	17,5	35	2.899,0

FUENTE: Elaboración propia.

Los resultados plantean *situaciones claramente contrastadas entre unas comunidades y otras*. Así, hay tres, Cantabria, La Rioja y País Vasco, en las que el PO de máximo beneficio es resultado de una combinación de las actividades agrícola y ganadera. Mientras, en las otras cuatro el PO que maximiza el MB de la explotación procede de la actividad agrícola, disminuyendo éste con la incorporación de ganado en función de las limitaciones introducidas.

En lo relacionado con el **MB para 1 UTA**, las variaciones oscilan entre los 5,973 millones de pesetas de Castilla-León y los 0,712 del País Vasco, resultando en general, con la excepción de La Rioja, *más elevado en aquellas comunidades en las que es la actividad agrícola la que maximiza el MB de la explotación*. Con todo, sobre todo en las dos comunidades mesetarias, se trata de un MB que precisa el manejo de una cantidad muy elevada de superficie, 108 Has de SAU en la septentrional y 124 en la meridional, superficies ambas que quedan muy lejos de las 23,5 y 23,3 Has de SAU respectivamente que, según información aportada por el Censo Agrario de 1989, corresponden a la explotación media en cada una de esas comunidades. Es en esa diferencia, a lo que se une la escasa rentabilidad por Ha de SAU (39.890 y 48.170 pesetas respectivamente), donde radica la explicación según la cual, aunque sea más rentable la dedicación exclusiva a la actividad agrícola, las explotaciones presentan casi siempre una combinación de actividades agropecuarias como sistema para incrementar el MB de la explotación ante el déficit de tierras en relación el mínimo requerido; diferentes, aunque en un mismo contexto general, son los casos de la Comunidad de Madrid, en la que la explotación media de 18,1 Has de SAU se encuentra mucho más próxima a las 39,5 requeridas, y Canarias, en la que incluso las 1,7 Has de SAU de la explotación media superan a las 0,97 requeridas, dada la alta rentabilidad unitaria de aquella parte de SAU correspondiente a tierras labradas que se observa en esta comunidad (1,9647 millones de pesetas Ha).

Con todo, llegados hasta este punto cabe plantearnos una pregunta, *¿hasta que punto son suficientes o no los MB óptimos por explotación en cada Comunidad Autónoma?*. Para responderla, algunos autores proponen que lo ideal es suponer que el MB obtenido será suficiente cuando pague adecuadamente al factor trabajo, si bien a éste hay que añadirle una cierta cantidad destinada a remunerar los capítulos de

riesgo y dirección empresarial, y los intereses de las inversiones y capitales circulantes gastados. Pero, ¿cómo considerar cuando esa remuneración al factor trabajo es suficiente?; para ello se supone que el MB debe ser igual o superior a la suma de las rentas obtenidas por los trabajadores pertenecientes a otros grupos de actividad⁵, más el resto de los capítulos de remuneración. En el caso concreto que nos ocupa vamos a considerar que la retribución media de las rentas obtenidas por esos otros trabajadores suma 1.249.282 pesetas año⁶, que los capítulos de riesgo y dirección empresarial cabe estimarlos en un 10 % del MB, y que los intereses de los capitales invertidos y gastados pueden calcularse en un 8 % anual.

Una vez realizados los cálculos precisos, el MB en pesetas requerido por la explotación para remunerar adecuadamente todos los capítulos citados queda como sigue: Cantabria, 2.939.470; Castilla-La Mancha, 6.026.106; Castilla-León, 3.776.013; La Rioja, 3.519.719; Madrid, 2.647.923; País Vasco, 1.504.947; y Canarias, 2.567.348,5. La conclusión es obvia, *con la excepción de la Comunidad Autónoma de Castilla-León, en ninguna otra el MB resultado del PO obtenido es suficientemente para remunerar adecuadamente la actividad económica agraria*, resultando el % de MB realmente obtenido respecto al necesario de un: 51,4 % en Cantabria, 99,1% en Castilla-La Mancha, 72,0 % en La Rioja, 60,5 % en Madrid, 47,3 % en el País Vasco y 74,2 % en Canarias. Únicamente el correspondiente a Castilla-León supone un 106,7 %.

De las cifras precedentes se deduce *la escasa rentabilidad de la actividad agraria comparándola con otras actividades productivas, y más dada la alta inversión requerida por explotación*, que para el PO en cada

⁵ CAMILLERI, A. et al. (1977): *Situación y perspectivas de la agricultura familiar en España*. Ministerio de Agricultura. Madrid. Vid. pp. 29-165. En este trabajo la remuneración del agricultor familiar es comparada con los salarios de peón de la construcción, peón especializado en el sector de industrias metálicas básicas y oficial de tercera en el sector del comercio. La elección de estas alternativas se justifica por el hecho de constituir el grupo prioritario de alternativas reales de trabajo que se ofrecen al agricultor cuando por la circunstancia que sea decide abandonar la actividad agraria.

⁶ Se trata de la media de los salarios/año percibidos por los trabajadores citados en la nota 6.

comunidad oscila entre entre los casi 51 millones de Castilla-La Mancha y los 13,5 de Canarias.

Con todo, los anteriores son cálculos que plantean el manejo de una explotación agraria como si de una empresa comercial se tratase, algo que en realidad no es así, ya que, por lo menos en el contexto de la agricultura familiar, la dominante en el conjunto de nuestro país, el agricultor, en sus cálculos empresariales, difícilmente considera la retribución a ese capítulo del riesgo y dirección empresarial, y otro tanto puede decirse en lo relacionado con la correspondiente a la inversión tierra, y más cuando la ha recibido por herencia. Lo cierto es, que un refrán muy común entre los agricultores viene a decir: "si el labrador contara, no sembrara", seguramente que hace referencia a la imposibilidad real de plantear la contabilidad de la actividad tal y como lo hemos hecho en este trabajo.

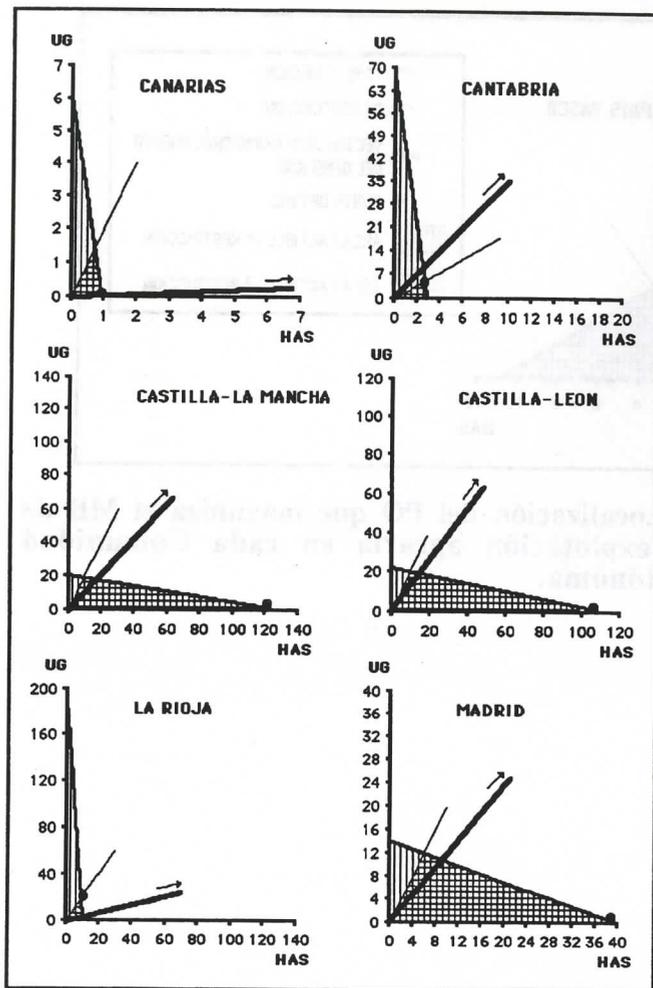
Pasando al análisis del MB considerando el aporte de 2 UTA por explotación, lo primero que destaca es que, casi sin excepción, *duplicar la oferta de mano de obra implica triplicar, y en ocasiones más, la cantidad de Has y UG que pueden manejarse en la explotación.* Sin embargo, no es lo anterior lo más importante, sino más bien *el incremento per cápita del MB, que es superior al precisado en relación a la superficie y cantidad de ganado*, algo lógico ya que los costes fijos tienden a disminuir por unidad de superficie o UG al aumentar su cantidad. En este contexto, como por otra parte era de esperar, mejora sustancialmente la proporción existente entre el MB obtenido en la explotación y el necesario para remunerar adecuadamente todos los factores productivos, que queda en un: 69,6 % en Cantabria, 103,9 % en el País Vasco, 85,9 % en La Rioja, 130,2 % en Castilla-León, 65,7 % en Madrid, 104,4 % en Castilla-La Mancha y 96,6 % en Canarias.

Es por lo anterior que puede afirmarse que, *en la coyuntura actual, si existiese disponibilidad ilimitada de tierras, y sin tener en cuenta las limitaciones en las subvenciones que introduce la reforma de la PAC cuando el tamaño de las explotaciones aumenta por encima de un determinado nivel, cabe afirmar que el factor limitante más importante del MB de las explotaciones agrarias es la oferta de mano de obra*, siendo posible aumentarlo con la incorporación de una mayor cantidad de mano de obra, aumento que resulta porcentualmente superior al de ésta.

Seguramente sea también por este motivo que normalmente en las explotaciones familiares existe un palpable sobreempleo de la mano de la obra disponible.

Para acabar nuestra aportación, a modo de conclusión entendemos que el modelo aplicado con sólo dos variables *es útil* para explicar la rentabilidad de la actividad agropecuaria. Con todo, somos plenamente conscientes que *lo sería mucho más si se desglosaran cada una de ellas*, como por ejemplo: tierras de secano, tierras de regadío, superficie forrajera, especies concretas de ganado, ..., ello permitiría aplicar las restricciones de una forma más precisa entre el tipo de ganado y la agricultura que requiere, en el caso de aquellas explotaciones de complementariedad agroganadera, o avanzar conclusiones más precisas sobre la combinación de cultivos más rentable en el caso de aquellas exclusivamente agrícolas. Pero, para ello necesitaríamos tener desagregada la información necesaria en la fuente base utilizada, lo que no es así. Pese a lo anterior, para demostrar la utilidad del modelo creemos suficientes las conclusiones extraídas.

Por otra parte, entendemos que *esa utilidad depende también de las propias restricciones o limitaciones que se empleen, de su calidad y número*. En este caso hemos empleado dos, que creemos suficientemente explicativas en función del objetivo propuesto, si bien, es evidente que de haber utilizado más la precisión en el cálculo del PO que maximiza el MB hubiese sido mayor.



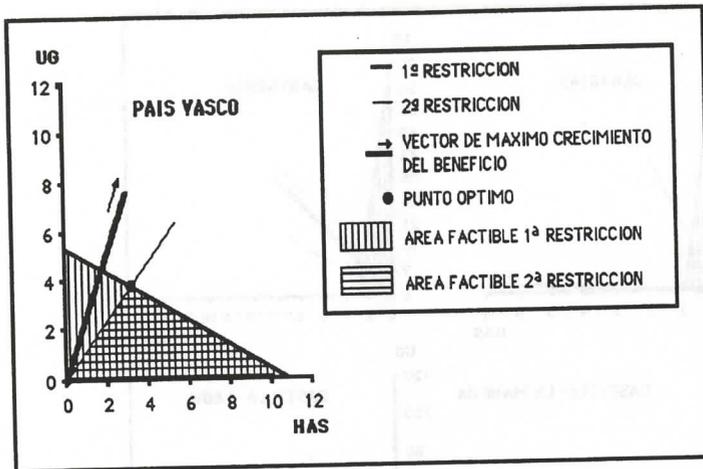


Fig. 1. Localización del PO que maximiza el MB de la explotación agraria en cada Comunidad Autónoma.