

Situación del sector caprino lechero en la Región de Murcia

Análisis cualitativo y mapas autoorganizados

C. Fernández, M. L. Mocé, C. Mata • Dpto. de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Ciencias Experimentales y de la Salud. Universidad Cardenal Herrera CEU

E. Soria, A. J. Serrano, J. D. Martín • Dpto. Ingeniería Electrónica. E.T.S.E. Universidad de Valencia

Estudio del sector caprino

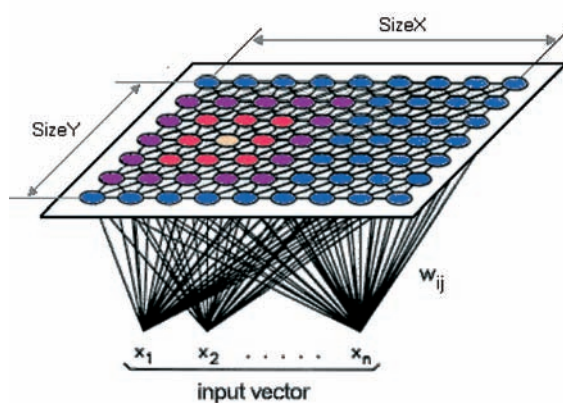
La cabra, después de la vaca y la búfala, es la tercera especie productora de leche a nivel mundial. La mayor población de cabras lecheras en la Unión Europea la encontramos en los países mediterráneos, siendo Grecia, España, Francia, Italia y Portugal los más importantes. Dentro de la UE, España es el segundo país en importancia censal y ocupa el tercer lugar en producción de leche después de Francia y Grecia (Daza et al. 2004). Y dentro de España es en el sur donde encontramos un mayor censo. Concretamente la Región de Murcia es la sexta Comunidad Autónoma en cuanto a la presencia de efectivos caprinos y la quinta en cuanto a producción de leche.

No son muchos los estudios que encontramos en ganado caprino si lo comparamos con otras especies rumiantes. En general cuando se abordan estudios en explotaciones ganaderas desde un punto de vista de la teoría de sistemas, se realiza un primer análisis de su entorno general, para a continuación abordar el estudio más detallado de la explotación y, una vez finalizada esta fase, volver a alejarse de la explotación como entidad individual para estudiar la colectividad. En este proceso se dispone de herramientas básicas como son la encuesta.

Algunos trabajos realizados al sector caprino se basan en una primera información obtenida a partir de encuestas realizadas a los ganaderos. Ello incluye abundante información que suele hacer referencia al tamaño y manejo de la explotación, manejo reproductivo, índices técnicos y reproductivos, instalaciones, ingresos, etc. Una vez obtenida dicha información el técnico se encuentra con un gran número de variables cualitativas y cuantitativas que hacen difícil su análisis matemático. Lo más usual es utilizar técnicas de análisis multivariante en la que separamos variables cualitativas y cuantitativas y en ocasiones convertimos las cualitativas en cuantitativas. Una vez realizadas estas operaciones, y debido a la alta dimensión, es

decir, el alto número de variables, el técnico utiliza procedimientos de reducción de la dimensión, con lo cual elimina aquellas variables de "escasa" relevancia y después suele emplear procedimientos de clasificación o conglomerados con el objeto de estudiar prototipos o tendencias. Es decir, los resultados estadísticos obtenidos del análisis de las encuestas pueden dar indicios sobre las actividades productivas y las conductas de las explotaciones caprinas.

Figura 1
Arquitectura de un Mapa Autoorganizado (SOM) con una entrada n-dimensional



La metodología que se plantea aquí es la de trasladar nuestro problema n-dimensional (según el número de variables estudiadas) a un espacio de dos dimensiones sin perder la información de partida y teniendo en cuenta al mismo tiempo variables cualitativas y cuantitativas. En la **Figura 1** se representa un vector de entrada de dimensión n que queda convertido en un plano bidimensional X-Y. Para obtener un conocimiento cualitativo del problema se plantea el uso de mapas autoorganizados (Kohonen, 1997) que es un tipo de sistema neuronal artificial ampliamente usado en otras disciplinas para la extracción de conocimiento a partir de datos. Así pues, su objetivo es determinar de una manera visual las relaciones que existen entre las diferentes variables de interés dentro de nuestro estudio. Es decir, se trata de trasladar toda la información de nuestros datos al plano bidimensional donde las relaciones quedan claramente expuestas. Un

hacen difícil su análisis matemático. Lo más usual es utilizar técnicas de análisis multivariante en la que separamos variables cualitativas y cuantitativas y en ocasiones convertimos las cualitativas en cuantitativas. Una vez realizadas estas operaciones, y debido a la alta dimensión, es

La Región de Murcia es la sexta Comunidad Autónoma en cuanto a la presencia de efectivos caprinos y la quinta en cuanto a producción de leche

trabajo previo realizado por Fernández et al. (2005; 2006) plantea esta metodología para estudiar el manejo del sistema de producción en pequeños rumiantes en la Región de Murcia. El objeto de este estudio es describir esta metodología para un caso simplificado de tres variables y así poder detallar cual es la información que podemos obtener de estos mapas autoorganizados.

Definición de la metodología de estudio

Se han realizado 95 encuestas a ganaderos repartidas homogéneamente entre las seis comarcas de la Región de Murcia (Altiplano, Campos de Cartagena, Noroeste, Río Mula, Valle del Guadalentín y Vega del Segura). En la **Figura 2** se puede observar cada comarca y el número de ganaderías encuestadas. Las encuestas se realizaron sobre el 15% del total del censo oficial de cabras Murciano-Granadinas en la Región de Murcia. Se ha tenido en cuenta únicamente 2 variables con el objeto de poder evaluar la complejidad del manejo de este tipo de información y de la aplicabilidad de los mapas autoorganizados. Por tanto, se ha tenido en cuenta el Tamaño de Explotación caprina (que oscilaba entre 25 y 1450 cabezas) y, los Ingresos obtenidos por Cabra y Lactación (que oscilan entre 0 y 600 euros/cabra y año).

Situación del caprino lechero basándonos en el tamaño de la explotación y los ingresos por leche: interpretación del mapa autoorganizado

Mapa Autoorganizado obtenido; visión integral

Una vez realizadas las encuestas se representa gráficamente la información obtenida. En la **Figura 3** se ha representado tridimensionalmente las tres variables; comarca,

Figura 3
Representación tridimensional de las tres variables a estudio; comarca, tamaño de explotación e ingresos obtenidos por la venta de leche (variables tipificadas), para los 95 ganaderos encuestados

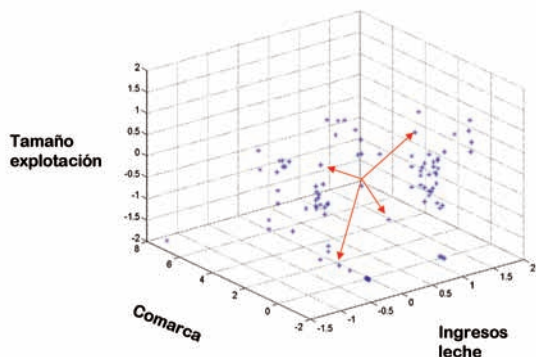
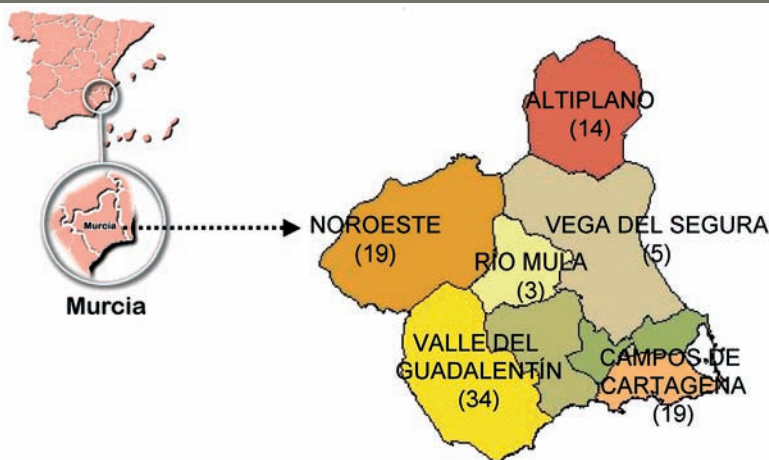


Figura 2
Área de estudio. Seis comarcas de la región de Murcia. Entre paréntesis se indica el número de ganaderías por comarca.



ca, tamaño de explotación e ingresos por leche. Las variables se han tipificado con el objeto de evitar el sesgo como consecuencia de la diferente escala de medida entre las variables (seis comarcas, número de animales e ingresos en euros). En una primera aproximación podemos observar que es muy difícil detectar una tendencia en la nube de puntos, a pesar de haber considerado únicamente tres variables. Es decir, en una primera representación gráfica de las 95 ganaderías, no se observan perfiles característicos bien definidos, con lo cual es difícil dar valoraciones concluyentes con esa información. Es decir, la **Figura 3** nos representa 95 casos (que son las encuestas a los ganaderos) y su situación espacial según la comarca, tamaño de explotación e ingresos por leche, y sólo observamos, con una representación en tres dimensiones, una elevada dispersión. Por lo tanto, en primer lugar en nuestra situación no necesitamos reducir la dimensión pues sólo estamos considerando tres variables y, en cuanto a los métodos de análisis multivariante de clasificación como es el análisis por conglomerados, no obtenemos ningún prototipo o tipología característica. La situación considerando más variables, como suele suceder en condiciones prácticas, es más compleja y no podríamos representar gráficamente más de tres dimensiones. Por eso, vamos a trabajar con Mapas Autoorganizados (SOM) que lo que hacen es trasladar esa nube de puntos a un plano bidimensional, y de esta manera podremos visualizar la distribución de las ganaderías para cada variable objeto de estudio.

El mapa autoorganizado obtenido consta de 48 neuronas dispuestas en una estructura bidimensional (6x8) hexagonal (cada neurona tiene 6 vecinos), y cada hexágono es una neurona (ver **Figura 4**). Se denominan neuronas pues tienen como base fisiológica el funcionamiento del cerebro, en el que tareas comunes ocupan áreas más próximas en el cerebro, y por lo tanto ganaderías con características parecidas estarán más próximas en el mapa. El objetivo de estos mapas es visualizar la situación, en nuestro caso ganaderías, según el número de variables

Figura 4

Mapa Autoorganizado (SOM) para las variables tamaño e ingresos (estructura bidimensional), y localización de cada neurona

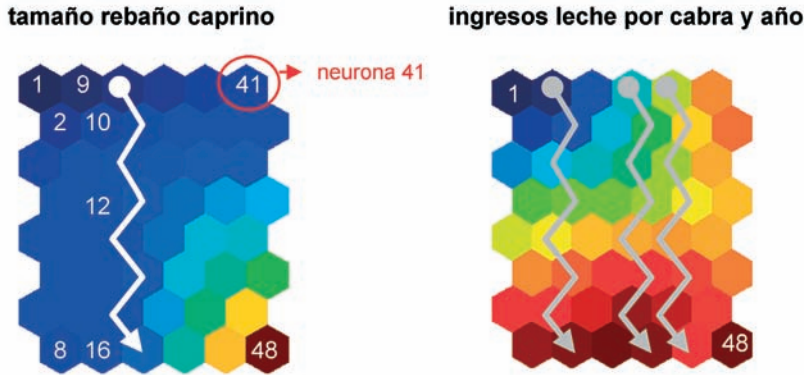


Figura 5

VISUALIZACIÓN DE UN MAPA AUTOORGANIZADO; encontramos mayores tamaños del rebaño en aquellas ganaderías con mayores ingresos por leche. Color azul indica valores más bajos y colores claros hacia rojo/marrón valores más elevados.

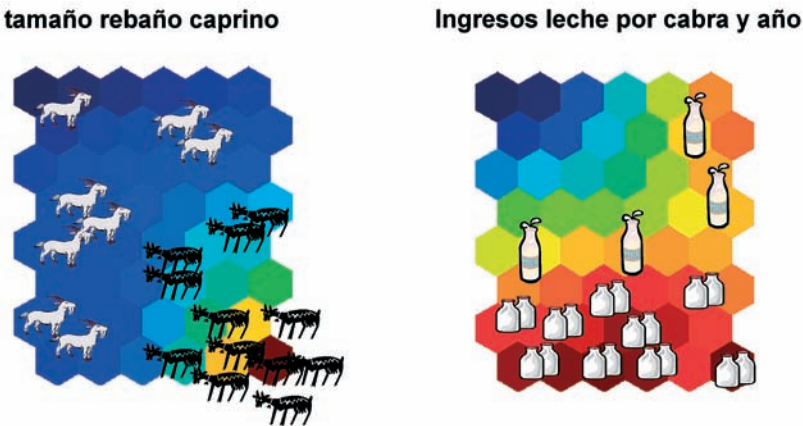
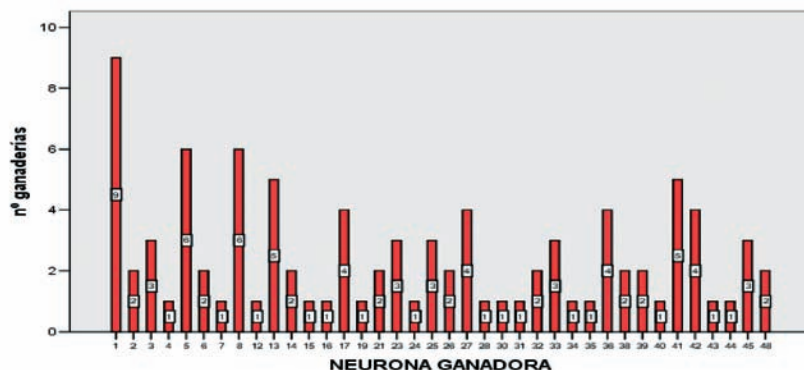


Figura 6

Las neuronas ganadoras son aquellas que presentan "características similares" a alguna de las explotaciones estudiadas

NÚMERO DE GANADERÍAS POR CADA NEURONA GANADORA



del mapa explotaciones con características parecidas, y como observamos en la **Figura 4**, están representados tantos mapas como variables estudiadas (en este caso solo hemos representado el tamaño de explotación y los ingresos por leche) y las neuronas siempre están numeradas de la misma forma, es decir, no cambia la distribución de las neuronas en el mapa para cada variable.

Como podemos observar, a diferencia de otras metodologías de análisis multivariante, no se hacen grupos de explotaciones a priori ni se reduce la dimensión del problema, es decir, los mapas autoorganizados se construyen a partir de toda la información que consideremos de partida y nos permite visualizar las tendencias o el comportamiento de nuestras ganaderías.

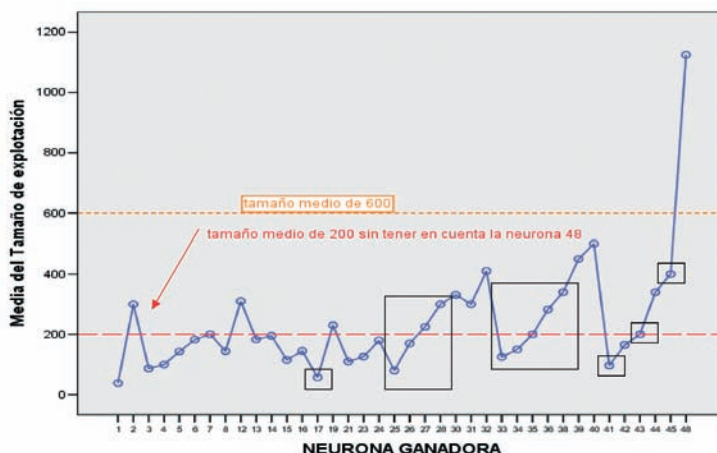
En realidad, cada neurona está representada por un vector que tiene tantas componentes como preguntas tenemos en nuestra encuesta (en nuestro caso tres preguntas; comarca, tamaño e ingresos). Una representación de las diferentes componentes siguiendo una escala de colores vendría dada por esta misma **Figura 4** como sigue; las zonas marrón/roja se corresponde con valores altos y las zonas azules del mapa se corresponden con valores bajos. Por tanto, en una visual rápida en la **Figura 5**, observamos que para la variable tamaño del rebaño las neuronas situadas en la parte inferior derecha tienen tonalidades rojiza/marrón y se corresponden con las neuronas donde hay mayor número de animales (y concretamente la neurona 48 es la que tiene una coloración marrón oscura y por tanto más número de animales). Para la variable ingresos por leche y año, los colores marrones rojizos los encontramos en la parte inferior del mapa (mayores ingresos por leche) y en la parte superior izquierda aparece coloración azul indicando menores ingresos por leche.

Otro concepto que tenemos en los mapas autoorganizados es el de "neurona ganadora"; que es aquella que mejor representa a un determinado patrón de entrada con todas sus variables. Realmente lo que hacen las neuronas ganadoras es indicarnos donde se encuentran las ganaderías con características similares. Recordamos que ca-



Figura 7

Medias tamaño rebaño por neurona ganadora. Las neuronas que encontramos en el Valle del Guadalentín las marcamos con cuadros

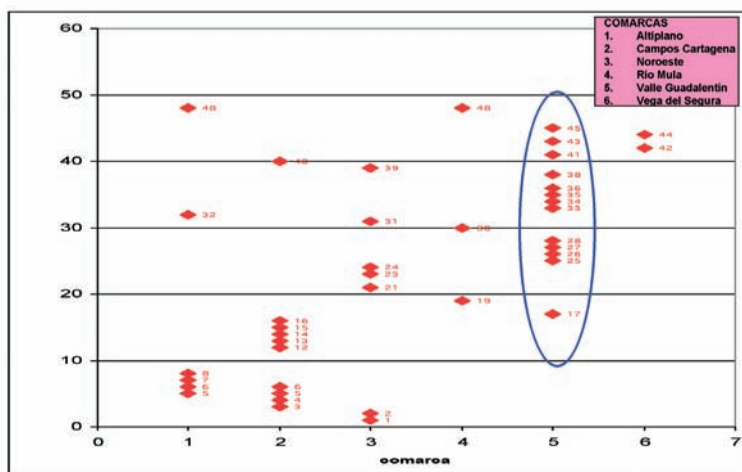


da celdilla o hexágono es una neurona y puede “representar” varias ganaderías, una o ninguna y, las neuronas ganadoras representan un prototipo que explica varias ganaderías. Para que esta definición no quede demasiado abstracta, en la **Figura 6** hemos representado el número de ganaderías incluidas en cada neurona ganadora, como hay neuronas que no incluyen ganaderías no están todas representadas, es decir, sólo representamos las neuronas con características similares a las ganaderías (y por eso hemos llamado a esas neuronas ganadoras). Así podemos observar que la neurona 1 incluye 9 ganaderías, seguida de la neurona 5 y 8 que incluyen cada una seis ganaderías. En los mapas autoorganizados no existe el concepto de “mejor/peor”, “bueno/malo”, etc. Es decir, no significa que la neurona 1 por incluir un mayor número de ganaderías es la mejor o peor, solo nos indica que las características de tamaño de explotación e ingresos de la neurona 1 es compartida por nueve ganaderías. Si queremos cuantificar este concepto en la **Figura 7** observamos que la neurona 1 se corresponde con ganaderías de tamaño medio de explotación de 38 cabras y cero ingresos por leche, es decir, ganaderías pequeñas que no ordeñan ni venden leche. Y en la Figura 5, como comentamos con anterioridad, esto se visualiza con colores azules oscuros (valores bajos).

También es importante tener en cuenta que una vez construido el mapa, las ganaderías se relacionan con neuronas y siempre ocupan estas ganaderías los mismos lugares en el mapa, es decir, las ganaderías no van cambiando para cada variable representada. Las neuronas están numeradas como hemos indicado y las ganaderías asociadas también son siempre las mismas. Por eso, insistimos que aunque se pueda visualizar e incluso cuantificar información puntual, el verdadero poder de esta herramienta es la comodidad de poder “observar todas las variables correspondientes a esas 95 ganaderías a la vez”, y poder analizar todas las interacciones posibles. El mapa autoorganizado nos traslada la información “real” a un plano “bidimensional” sin mostrarnos a priori ninguna

Figura 8

Número de neuronas ganadoras incluidas en cada comarca. La comarca del Valle de Guadalentín es la que tiene más neuronas ganadoras e incluye más ganaderías (marcado en círculo azul)

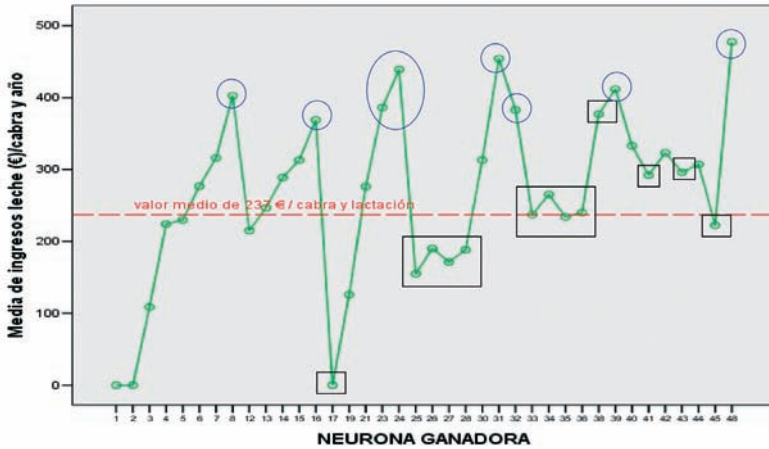


ley, prototipo, caracterización o tipología. Por lo tanto, nos da libertad a la hora de analizar o estudiar la información obtenida. Es decir, nos podemos limitar a estudiar la tendencia de los “colores” (más rojizos o azules) e identificar qué ganaderías están implicadas y en nuestro caso describir su tamaño de explotación e ingresos por producción de leche, o estudiar por ejemplo una comarca en concreto o aquellas neuronas en las que los ingresos por leche son más altos.

Las posibilidades de interpretación de los mapas son múltiples en función de la información que queramos estudiar. En la **Figura 8** aparecen el número de neuronas ganadoras que representan cada comarca, y observamos que el Valle del Guadalentín es la que incluye un mayor número de neuronas ganadoras (en concreto 13). En la Figura 7 se ha representado el tamaño medio de explotación por neurona ganadora. El tamaño medio es de 600 cabras por explotación pero ello es debido a

Figura 9

Representación de los ingresos por venta de leche (cabra y año). En recuadros están las neuronas incluidas en el Valle del Guadalentín y en círculos las neuronas donde se observa mayor producción de leche (que están repartidas en diferentes comarcas)



que la neurona 48 (que incluye dos ganaderías) tiene una media de 1125 cabras (en el mapa autoorganizado de la Figura 6 correspondía al color marrón y esta situada en la parte inferior derecha). Si no consideramos la neurona ganadora 48 para este tamaño de explotación, entonces la media de las ganaderías sería de 200 cabras. Las ganaderías del Valle del Guadalentín están representadas en recuadros y la mayor parte se encuentran con valores próximos a los 200.

Pero además de estudiar la comarca del Valle del Guadalentín podemos también comparar cual es la situación de las ganaderías del Valle del Guadalentín con respecto a las neuronas ganadoras en las que se ha observado unos mayores ingresos por leche. Dicha situación está representada en la Figura 9 donde se muestran los ingresos medios por lactación y cabra para todas las neuronas ganadoras (el valor medio de ingresos es de 237 euros por cabra y lactación). En recuadros de esta misma gráfica se muestran los ingresos en el Valle del Guadalentín y en círculos aquellas neuronas ganadoras con mayores ingresos por leche. Dentro del Valle del Guadalentín observamos que la neurona 17 (que según se mostró en la Figura 6 incluye cuatro ganaderías)

no obtienen ningún ingreso por leche, las neuronas 25, 26, 27 y 28 tienen ingresos inferiores a la media, las neuronas 33, 34, 35, 36 y 45 tiene valores próximos a la media y, las neuronas 38, 41 y 43 tienen ingresos superiores a la media. Dentro de la comarca del Valle de Guadalentín observamos por tanto, que la neurona 38 (que inclu-

ye 2 ganaderías) es la neurona ganadora que dentro del Valle del Guadalentín más ingresos por leche obtiene (377 euros por cabra y lactación). Si en esta misma Figura 9 observamos las neuronas con más ingresos por venta de leche (marcadas en el gráfico con un círculo) encontramos que hay ocho neuronas ganadoras y que se encuentran repartidas en diferentes comarcas de la Región de Murcia. En la neurona 48 es donde más ingresos por leche obtenemos; 478 euros por cabra y lactación, la neurona 48 incluye dos ganaderías (ver Figura 6) que se encuentran en la comarca del Río Mula (ver Figura 8).

Toda esta información que hemos representado gráficamente la podemos “visualizar” en el mapa autoorganizado. La Figura 10 muestra el mapa autoorganizado obtenido a partir de las 95 ganaderías encuestadas y para las variables tamaño del rebaño e ingresos en leche por cabra y año. Aunque el mapa representa las 95 ganaderías ahora nosotros solo hemos marcado aquellas neuronas que nos interesa estudiar; la Comarca del Valle del Guadalentín y aquellas neuronas con mayores ingresos por venta de leche. Observamos en el mapa que las ganaderías del Valle del Guadalentín se encuentran todas en la parte superior derecha del cuadrante tendiendo hacia la parte inferior derecha; en la parte superior encontramos menores tamaños del rebaño e ingresos por leche mientras que a medida que descendemos, el tamaño e ingresos son superiores. Así observamos que las tonalidades en la parte superior son más “azuladas” (valores más bajos) tendiendo a ser más claras y “rojizas” (valores más altos) a medida que nos desplazamos hacia la parte inferior. Así por ejemplo, recordamos que la neurona 17 que está en la parte superior tiene un tamaño de explotación por debajo de la media (57 cabras) y cero ingresos por leche. Por tanto, la Comarca del Guadalentín incluye 13 neuronas ganadoras que representan un 36% de las ganaderías encuestadas, con un tamaño medio de explotación de 189 cabras y con unos ingresos medios de 208 por cabra

El uso de mapas autoorganizados es un tipo de sistema neuronal artificial ampliamente usado en otras disciplinas para la extracción de conocimiento a partir de datos



y lactación. Si comparamos esta situación con la que encontramos en aquellas ganaderías con mayores ingresos por leche, encontramos que todas se encuentran en la parte inferior del cuadrante con tonalidades tendiendo a colores claros y rojizo/marrones lo que indica mayor tamaño de explotación e ingresos por leche. Como hemos comentado estas ganaderías se encuentran situadas en diferentes comarcas y representan un 20% de las ganaderías encuestadas, con un tamaño medio de explotación de 360 cabras e ingresos de 400 por cabra y lactación. Si hacemos una comparación de medias para estos dos grupos estudiados (Valle del Guadalentín vs Ganaderías de Alta Producción) se observan diferencias significativas ($P < 0,001$) tanto para tamaño de explotación como para ingresos por leche.

Por tanto, el mapa autoorganizado nos ha descrito la situación en la que se encuentra la ganadería caprina en la Región de Murcia, basada en el tamaño de explotación y los ingresos por leche. Las situación observada en estos mapas sigue las mismas tendencias que las encontradas por otros autores en Andalucía (Castel et al., 2003; Delgado-Pertiñez et al., 2003) donde se produce una mayor intensificación de la ganadería en explotaciones de leche. Y concretamente en la Región de Murcia, los sistemas de producción caprina se caracterizan por una tendencia a la intensificación respecto a la producción lechera (utilizando la raza Murciano-Granadina) siendo la introducción de la máquina de ordeño y el tanque de refrigeración de leche indicadores de los avances en la intensificación de los sistemas de producción (Falagán et al. 1995; Navarro 2005). En nuestro estudio tanto el tamaño del rebaño como los ingresos por leche también nos indican esa tendencia hacia la intensificación del sistema de producción.

Al trabajar los mapas autoorganizados podemos estudiar la información desde aquella perspectiva que más nos pueda interesar, o en función de un tipo de información que nos pueda resultar relevante, por ejemplo en nuestro caso (partiendo de los mapas creados a partir de

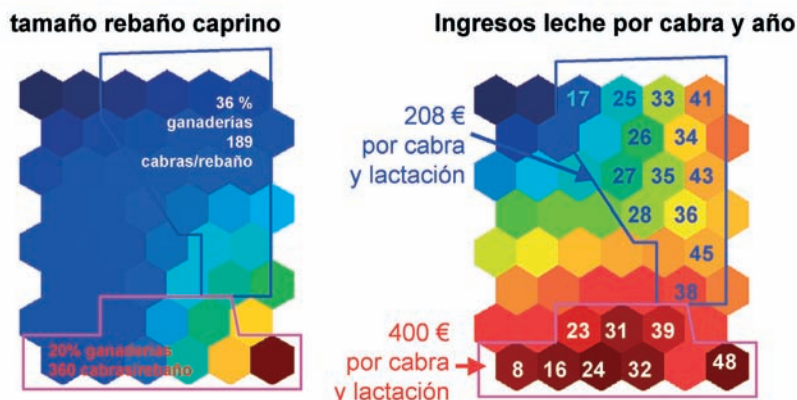
las 95 ganaderías) hemos estudiado una comarca en concreto y aquellas ganaderías donde los ingresos por leche eran más elevados. Si trabajáramos con tipologías no tendríamos la misma flexibilidad para dirigir el estudio ya que al transformar los datos "reales" en unos prototipos solo podríamos describir los mismos sin llegar a la versatilidad de un mapa autoorganizado. Es decir, el objeto de las tipologías es simplificar, reduciendo el número de casos individuales a una diversidad expresada por un número más reducido de tipos, mientras que un mapa autoorganizado trabaja con información espacial que mantiene las relaciones desde un punto de vista geométrico o topológico. En resumen podíamos comentar que los mapas autoorganizados;

- Permite visualizar las relaciones en-



Figura 10

Localización de las neuronas pertenecientes al Valle del Guadalentín (n° en azul) y las neuronas con más ingresos por leche (n° en blanco). Se detallan los valores medios por grupos



datos que los algoritmos clásicos. Así, hemos visto que se pueden agrupar varias ganaderías en una neurona, con lo que podríamos reducir el número de datos representativos como sucede cuando se trabaja con tipologías.

- Otra ventaja es que se permite visualizar la forma como van cambiando las relaciones entre las variables conforme van cambiando de agrupamientos en el mapa.

Referencias bibliográficas

Castel, J.M., Mena, y., Delgado-Pertiñez, M., Carmuñez, J., Basalto, J., Caravaca, F., Guzmán-Guerrero, J.L., Alcalde, M.J. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Rum. Res.* 47: 133-143.

Daza, A., Fernández, C., Sánchez, A. 2004. La importancia del ganado caprino. En *Ganado Caprino: producción, alimentación y sanidad*. Ed. Agrícola Española. 312pp.

Delgado-Pertiñez, M., Alcalde, M.J., Guzmán-Guerrero, J.L., Castel, J.M., Mena, Y., Caravaca, F. 2003. Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi-extensive systems in Spain. *Small Rum. Res.* 47: 51-61.

Falagán A., Guerrero, J.E., Serrano, A. 1995. Systèmes d'élevage caprin dans le sud de l'Espagne. In: *Goat production systems in the Mediterranean*. EAAP Publication N° 71. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Pers, 38-50.

Fernández C., Soria E., Navarro M.J., Magdalena R. Y Martín J.D. 2005. Qualitative analysis of feed management practice on goat herds by self organizing maps in Murcia-Region. 5th International FAO-CIHEAM Seminar "Technico-economics analysis of the sheep and goat productions systems: methodology and appraisal for development and prospect". Sevilla (España).

Fernández, C., Soria, E., Martín, J.D., Serrano, A.J. 2006. Neural network for animal science applications; two case studies. *Expert System with Applications*, 31:444-450.

Kohonen, T. *Self-Organizing Maps*. Springer-Verlag. 1997.

Navarro, M.J. 2005. Caracterización socio económica de explotaciones caprinas lecheras en la Región de Murcia. Tesis Doctoral.