



Estudio de los factores que determinan la longevidad en una población de conejo de carne

J. P. SÁNCHEZ, R. PEIRÓ, C. TORRES, M. BASELGA

Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia (UPV),
Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.

mbaselga@dca.upv.es

■ RESUMEN

Se ha llevado a cabo un análisis de los factores que determinan la longevidad en conejas de producción cárnica. La población objeto de estudio la forman los animales de las trece primeras generaciones de un núcleo de selección. La metodología empleada en este estudio es la del análisis de supervivencia. La supervivencia mediana, estimada teniendo en consideración la información de los datos censurados fue de 392 días. La estimación de la heredabilidad fue de 0.08. En cuanto a los factores no genéticos, se estimó que el aumento del número de ciclo en el que una hembra se encuentra reduce el su riesgo de eliminación o muerte; las conejas en estado fisiológico gestante y lactante fueron las que menos riesgo de eliminación tuvieron, seguidas de las lactantes, las gestantes y por último las vacías; en general se apreció que los animales con un tamaño de camada mayor tuvieron un menor riesgo de eliminación, aunque este efecto tuvo diferente comportamiento en función del nivel de estado fisiológico dentro del cual se estudió.

■ ABSTRACT

A study of the factors affecting the longevity of rabbit does for meat production was carried out. The population was animals belonging to the first thirteen generations from a selection nucleus. The statistical methodology used was the survival analysis. The median survival time was 392 days. The estimated heritability was 0.08. With regard to the non-genetic factors, it was estimated that by increasing the number of cycle in which the doe lives the risk to be culled is reduced; does in physiological state pregnant and lactating had the lowest risk to be culled, followed by lactating, pregnant and finally empty does; a general pattern was that animals with higher litter size had a lower risk, however this effect depended on the level of the physiological state.

■ INTRODUCCIÓN

La tasa de reposición en cunicultura de producción cárnica es muy elevada, 120 % (Ramón y Rafel, 2002). Una consecuencia directa de este hecho negativo es que los costes directos por reposición (compra de reproductoras) pueden ser especialmente elevados. Además, existen otros factores negativos, indirectos, derivados de esta elevada tasa de reposición y del tipo de animales que hay que reponer. En primer lugar la mayoría de los animales que hay que reponer son animales muertos o enfermos, por lo que no se le da la opción al cunicultor de hacer una eliminación selectiva en función de las producciones de las conejas. En segundo lugar está el hecho de que en su mayoría se trata de animales jóvenes. Rosell (2003) cifra las bajas antes del tercer parto en un 50 % del total de las bajas; por lo que se trata en muchos casos de animales que no han llegado a amortizarse con sus producciones. En tercer lugar está el hecho de que la propia reposición es un punto negativo en la producción, pues desde que un animal cae enfermo hasta que finalmente es sustituido por otro pasa un periodo de tiempo en el que se ha mantenido en granja un animal poco productivo.

Todos los argumentos anteriores tienen un carácter cualitativo, y es necesario un trabajo más detallado para derivar, teniendo en cuenta todos los factores anteriormente citados, el peso económico de la tasa de reposición en cunicultura. No obstante nos pueden dar una idea de la situación y de la problemática asociada a la elevada tasa de reposición.

Una manera de actuar sobre la tasa de reposición es hacerlo a través de la longevidad de los animales, es decir, aumentando la vida útil de las hembras. En este trabajo se estudia cuales son los factores ambientales y de manejo más influyentes en la determinación de la longevidad, así como la determinación genética del carácter.

■ MATERIAL Y MÉTODOS

Animales

La base de datos procede de un núcleo de selección, en el que el manejo es semi-intensivo, las cubriciones se hacen a 11 días postparto, el control de gestación se hace por palpación abdominal a los 12 días de la cubrición (monta natural) y el destete se hace a los 35 días. Se hace un control del número de animales vivos por camada a los 28 días, ya que este es el criterio de selección. Las generaciones son discretas, sin solape reproductivo. En total se tienen datos de 2400 hembras, que representan las 13 primeras generaciones de selección de este núcleo. El fichero de genealogía consta de 3031 animales.

Un dato importante que hay que destacar es que en el núcleo, para la correcta evaluación genética de los animales, no se hace eliminación por cuestiones productivas, de ahí que esta base de datos sea especialmente adecuada para el estudio de lo que se conoce como longevidad funcional, longevidad independiente del nivel de producción y que sólo se ve influenciada por la eliminación de los animales debido a causas involuntarias como muerte o enfermedad.

Método estadístico

El carácter estudiado es el número de días desde la primera palpación positiva hasta la muerte o eliminación de los animales por alguna causa patológica.

Este tipo de caracteres, el tiempo hasta un acontecimiento de interés, tiene una serie de peculiaridades.

La primera, y quizás más importante, es que puede haber individuos que, una vez finalizado el periodo de observación no hayan sufrido el acontecimiento de interés; en nuestro caso la muerte o eliminación por problemas patológicos, o bien que hayan sufrido otro acontecimiento incompatible con el acontecimiento de interés, en nuestro caso que se eliminen porque se llegue al fin de la generación y haya que reemplazarlos por los animales de la generación siguiente. Los datos correspondientes a estos individuos son los que se conocen como datos censurados, pues aportan información parcial al análisis, y el no tratarlos como tales implica incurrir en sesgos en las estimaciones. Otra peculiaridad de este tipo de datos es que no son normales. Por último, como son datos que proceden de observaciones que se llevan a cabo durante un periodo de tiempo más o menos largo, pudiera ocurrir que ciertas variables independientes de los modelos de regresión, que se proponen para estudiar los efectos que determinan el carácter, cambien de nivel con el que afectan a lo largo de la vida del individuo que produce el dato.

Por lo tanto, dadas las peculiaridades de los datos de longevidad, el empleo de técnicas estadísticas estándar como los modelos lineales no son las más adecuadas para su análisis y, así, se ha desarrollado toda una metodología que se llama análisis de supervivencia (Kalbfleisch y Prentice, 1980) para estudiar específicamente este tipo de datos.

Dentro del marco del análisis de supervivencia existen métodos empleados para hacer análisis descriptivos de los datos, mediante la estimación de una serie de funciones (función de supervivencia, función de riesgo, etc). Existen, también, otros métodos que sirven para el estudio de cómo ciertos factores determinan la manifestación del carácter o una función de éste. De entre los primeros, el método más popular es el estimador de Kaplan-Meier (Kalbfleisch y Prentice, 1980) de la función de supervivencia. De entre los segundos, los modelos de regresión más comunes son los modelos de riesgos proporcionales (Kalbfleisch y Prentice, 1980), con los que se estudia la asociación entre diferentes variables independientes, que actúan de manera multiplicativa, y una variable dependiente que es el riesgo, función del tiempo que es la variable observada.

Modelos

Los modelos estadísticos empleados, para la estimación de los efectos que determinan la longevidad en conejas de carne, fueron modelos de COX de riesgos proporcionales (Ducrocq, 2001). En ellos se modela el riesgo de que se produzca la eliminación de un animal como el producto de una función de riesgo base, que describe el proceso de envejecimiento de la población en su conjunto y que actúa como una media general, y una serie de factores específicos para cada animal que modulan esta función de riesgo base. En este tipo de análisis la estimación se hace por métodos bayesianos.

En el primer modelo, empleado para estimar la determinación genética del carácter, los efectos que se incluyeron fueron:

- i.- Efecto año-estación (AE), con 37 niveles, definiendo los cambios de nivel el 1 de enero, el 1 de abril, el 1 de julio y el 1 de octubre de cada año.
- ii.- Efecto de la combinación entre el número de ciclo (NC), definido por las fechas de las palpaciones positivas, con 3 niveles, (1,2 y ≥ 3) y el estado fisiológico (EF), con 4 niveles (gestante, lactante, gestante&lactante y vacía).
- iii.- Efecto de la combinación entre el estado fisiológico (EF) y el número de nacidos vivos (NV). El número de nacidos vivos se categorizó en 9 niveles, el primero incluyó a las hembras cuando son nulíparas, el segundo los partos con cero nacidos vivos, el tercero los partos con 1 o 2 nacidos vivos, y así hasta el nivel noveno que incluyó los partos con 13 o más nacidos vivos.
- iv.- Efecto del padre de la hembra que produce el dato.
- v.- La mitad del efecto del abuelo materno de la hembra que produce el dato.

Los tres primeros fueron efectos fijos mientras que los dos últimos fueron efectos aleatorios incluidos para estudiar la determinación genética de la longevidad. La estimación de la varianza debida a macho se hizo sobre su distribución marginal posterior.

Una vez estimada la varianza de macho se planteó otro modelo mixto de COX, en el que los efectos fijos fueron los mismos, pero los efectos aleatorios de padre y de abuelo materno se sustituyeron por el efecto animal. Así se tenían en cuenta todas las relaciones de parentesco entre los animales a la hora de estimar los efectos de los factores fijos. La estimación de éstos se hizo sobre la distribución posterior conjunta de todos los efectos fijos y aleatorios dada la varianza genética aditiva (cuatro veces la varianza de padre), estimada previamente.

El programa empleado para resolver ambos modelos fue el Survival Kit (Ducrocq y Sölkner, 1998).

■ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 50% de los datos eran censurados y ello hay que tenerlo en cuenta a la hora de realizar el análisis, pues, de no ser así, se puede incurrir en un importante sesgo. En la tabla I se puede apreciar que la media para los datos completos fue de 188 días, mientras que para los datos censurados fue de 378. Tanto si se contemplan los datos censurados como datos completos, como si sólo se contemplan los datos completos estaremos sesgando los resultados a la baja y diremos que la media para la supervivencia es menor que la real.

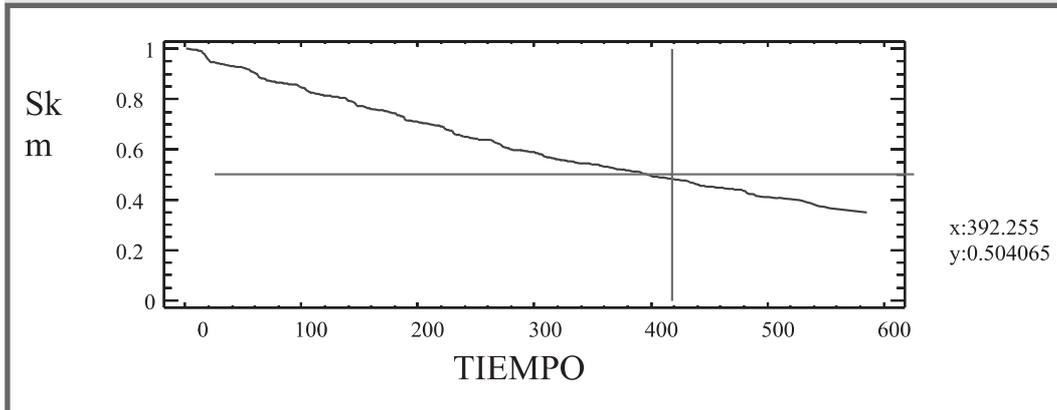
Tabla I. Estadísticos descriptivos por grupos de datos (censurados y completos). Número de días desde la primera palpación positiva hasta la muerte, eliminación o censura de los animales

	Censurados (50%)	Completos (50%)
Media	378	188
Mínimo	13	1
Máximo	614	586

El estimador de Kaplan-Meier de la función de supervivencia tiene en consideración la información parcial de los datos censurados. Un gráfico de este estimador se presenta en la figura 1. En este gráfico está representada la supervivencia mediana, es decir el valor de tiempo en el que han sido eliminadas el 50% de las conejas, y su valor es de 392 días, lo que con un intervalo entre partos de 49 días, supone una mediana para la supervivencia de 8 partos.

En cuanto a la determinación genética de la longevidad, la media de la distribución marginal posterior de la varianza de macho fue de 0.034 y su desviación típica de 0.015, lo que da una heredabilidad, definida en escala logarítmica (Korsgaard y col. 2002), de 0.08. La escala en la que se define la heredabilidad es diferente a la escala observada (tiempo) y, por tanto, este resultado no es comparable con la heredabilidad de otros

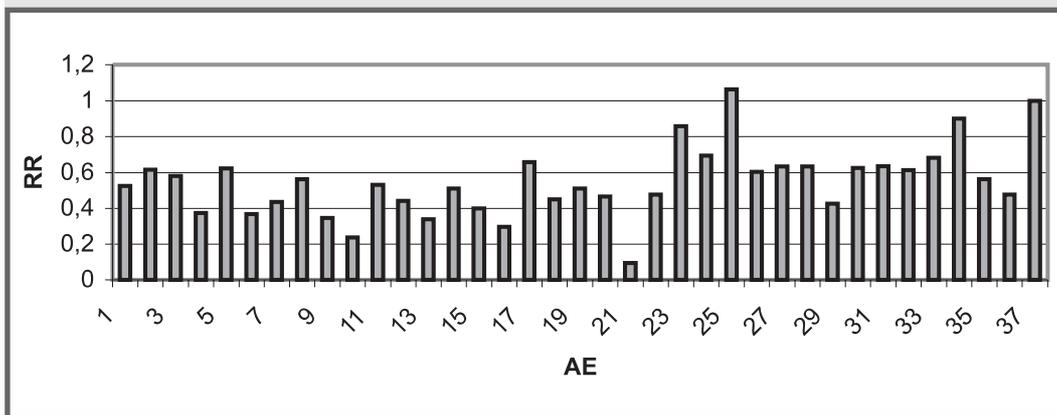
Figura 1. Estimador de Kaplan–Meier de la función de supervivencia (Sk_m) frente al tiempo en días



caracteres que se modelan en la misma escala que se observan. No obstante se puede concluir que el carácter tiene una heredabilidad baja. Otros autores, igualmente, han estimado la heredabilidad de la longevidad en conejo de carne, usando diferentes métodos, modelos y definiciones de longevidad, pero sus estimas han sido generalmente bajas (Garreau y col. 2001, Youssef y col. 2000).

Para el efecto AE la figura 2 muestra que el comportamiento fue un tanto errático, aunque se puede apreciar que, en los últimos niveles, el riesgo de eliminación de los animales fue en general mayor que en los primeros. El máximo ratio de riesgo se dio entre el AE 21 (verano de 1997) y el AE 25 (verano de 1998). Así, era 11.3 veces más probable la eliminación de una coneja que viviera en el verano de 1998 que otra que lo hiciese en el verano de 1997.

Figura 2. Riesgo relativo (RR) para los diferentes niveles del año-estación (AE)



En cuanto al efecto de la combinación entre el número de ciclo y el estado fisiológico la tabla 2 muestra que para un nivel dado de estado fisiológico (EF), NC-1 fue siempre el nivel con el riesgo relativo más alto, seguido por NC-2 y finalmente NC-3. En esta tabla también se puede apreciar que para un nivel dado de NC el estado fisiológico vacía fue siempre el nivel con más riesgo, seguido por gestante, lactante y finalmente gestante&lactante. Aunque debido al efecto de la interacción entre estos dos factores la magnitud de la diferencia entre los diferentes niveles de EF es diferente para los distintos niveles de NC y similarmente la magnitud de la diferencia entre niveles de NC es diferente para los distintos niveles de EF.

Los resultados de la tabla 2 tienen sentido en su interpretación como cocientes. Por ejemplo, la eliminación de una coneja gestante en el primer ciclo es 3.5 (0.51/0.14) veces más probable que la eliminación de una coneja gestante en el segundo ciclo.

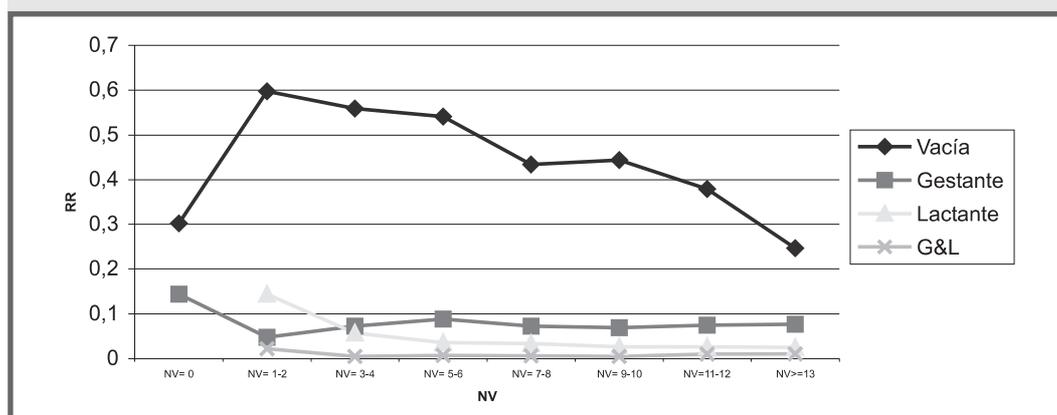
Tabla 2. Riesgo relativo para los diferentes niveles de la combinación entre número de ciclo y estado fisiológico (NC*EF)

	Gestante	Lactante	Vacía	G&L
NC-1	0.51 ^g	0.07 ^d	0.61 ^g	—
NC-2	0.14 ^e	0.04 ^{cd}	0.36 ^f	0.02 ^{bc}
NC-3	0.04 ^{cd}	0.02 ^b	0.34 ^f	0.003 ^a

NC-1: ciclo 1; NC-2: ciclo 2; NC-3: ciclo ≥ 3 ; G&L: gestante y lactante; dos niveles que no tienen en común ninguna letra en sus superíndices son estadísticamente diferentes ($\alpha=0.05$).

Para el estudio de la combinación entre estado fisiológico y número de nacidos vivos, el efecto de la interacción hace que se produzcan cambios en los rankings según el nivel que se estudie, por lo que es más ilustrativo una figura que una tabla. Así en la figura 3 se muestran los riesgos relativos para cada uno de los niveles de la combinación EF*NV. En general, esta figura muestra el mismo comportamiento que la tabla 2 para los diferentes niveles de EF, en el sentido de que para un nivel dado de NV el riesgo relativo más alto se obtiene para el nivel vacía de EF, seguido de gestante, lactante y finalmente gestante&lactante. Solo para NV = 1-2 el nivel de EF con el riesgo relativo más grande es vacía seguido de lactante. Esto puede ser un signo de hembras enfermas que, después de un parto malo, el hecho de entrar en lactación supone un gran esfuerzo fisiológico que hace que aumente su riesgo de eliminación. A continuación comentamos los efectos de los diferentes niveles de NV dentro de nivel de EF. Para EF = vacía, el riesgo relativo más grande es para el tercer nivel de NV (NV = 3-4) seguido del segundo nivel de NV (NV = 1-2). Para niveles mayores que 3 se aprecia una tendencia a decrecer el riesgo a medida que aumenta el número de nacidos vivos. Un poco sorprendente es el hecho que el riesgo para el nivel de 0 nacidos vivos es relativamente bajo. Para EF = gestante el nivel de NV con el riesgo relativo más grande fue NV = 0, y para niveles diferentes de NV los riesgos relativos fueron bastante estables, (las diferencias entre niveles no fueron significativas estadísticamente). Para EF = lactante se aprecia que el riesgo relativo decrece a medida que aumenta el número de nacidos vivos, pero en este caso si son estadísticamente significativas las diferencias. Para EF = gestante&lactante el riesgo relativo asociado con los diferentes niveles de NV fue muy bajo y bastante estable (las diferencias entre niveles no fueron estadísticamente significativas). El patrón observado para EF = lactante, decrecimiento del riesgo al aumentar el número de nacidos vivos, ha sido observado previamente en otros estudios (Garreau y col. 2001).

Figura 3. Riesgo relativo (RR) para los diferentes niveles de la combinación entre estado fisiológico y nacidos vivos (EF*NV)



CONCLUSIONES

En cuanto a los factores no genéticos que determinan la longevidad, se puede concluir que el efecto de AE es importante por existir variación en cuanto al riesgo de eliminación entre los diferentes niveles del factor.

Para el efecto NV, aunque el comportamiento fue diferente en función del estado fisiológico en el que se estudiara, lo más destacado es que se apreció una tendencia (para EF = lactante y EF = vacía) a disminuir

el riesgo a mediada que aumentaba el tamaño de la camada. Esto contradice la extendida creencia de que camadas grandes implican un gran esfuerzo fisiológico en la lactación y por tanto un mayor riesgo de eliminación o muerte. Por la naturaleza de estos datos, en los que no hay eliminación por cuestiones productivas, este resultado hay que interpretarlo como que las conejas más productivas son las más sanas y no como que las conejas menos productivas son eliminadas por este hecho.

Para el número de ciclo se aprecia que los animales con mayor riesgo son los que se encuentran en su primer ciclo y, a medida que aumenta el número de ciclo el riesgo disminuye, lo que está en total concordancia con el hecho de que la mayoría de las bajas se produzcan en los primeros ciclos (Rosell, 2003).

Para el efecto de estado fisiológico se apreció que siempre fue el estado vacía el de más riesgo. Esto era de esperar, pues si durante cualquier ciclo una coneja sufre una patología que pueda ser compatible con el mantenimiento de la camada, es lógico que se demore su eliminación hasta que el animal haya destetado. El siguiente nivel en cuanto a riesgo fue gestante, nivel en el que los animales están hasta que paren; de ahí el elevado riesgo de este nivel, pues el parto es un momento de especial riesgo por los problemas que pueden aparecer durante el mismo. El siguiente nivel de riesgo fue lactante, que engloba desde el parto hasta el final de la lactación si no hay solape gestación-lactación, o hasta que la coneja queda preñada para el siguiente ciclo. Por último, el nivel de menos riesgo fue gestante&lactante que es una situación de total normalidad, en la que los animales estarán si no hay problemas de fertilidad.

En cuanto a la determinación genética de la longevidad se puede concluir que existe variación genética aditiva para el carácter, aunque su heredabilidad es bastante baja. A la vista de este resultado y dado que para la correcta evaluación genética de este carácter es necesario un intervalo generacional bastante largo, pues hay que esperar a que una proporción no excesivamente baja de los animales hayan manifestado el carácter (hayan muerto o sido eliminados), la respuesta por unidad de tiempo sería muy reducida. Por lo tanto, se propone, como alternativa a la selección continua por longevidad, la aplicación de una gran presión de selección a la hora de fundar nuevas líneas, actuando sobre poblaciones muy grandes de candidatos a la selección, aunque en este proceso de selección la información para la evaluación sea únicamente la fenotípica. Este método de selección, aplicando grandes presiones de selección, ha sido previamente aplicado con éxito para mejorar la prolificidad, tanto en conejo (Cifre y col., 1998), como en cerdo (Bichard y Seidel, 1982).

■ BIBLIOGRAFÍA

- BICHARD M., SEIDEL C.M. 1982. Selection for reproductive performance in maternal lines of pigs. In: Proceedings of 2nd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vol. VIII, Madrid, Spain, pp. 565-569.
- CIFRE J., BASELGA M., GARCÍA-XIMÉNEZ F., VICENTE J.S. 1998. Performance of a hyperprolific rabbit line. I. Litter size traits. *J. Anim. Breed. Genet.* 115, 131-138.
- DUCROCQ V. 2001. Survival Analysis applied to animal breeding and epidemiology. Course notes.
- DUCROCQ V., SÖLKNER J. 1998. The survival kit V3.0, a package for large analyses of survival data. In: Proceedings of 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vol. 27, Armindale, Australia, pp. 447- 450.
- GARREAU H., LARZUL C., DUCROCQ V. 2001. Analyse de longévité de la souche de lapins INRA 1077. In: 9èmes Journ. Rech. Cunicole, Paris, France, pp. 217 - 220.
- KALBFLEISCH J. D., PRENTICE R. L. 1980. The statistical analysis of failure time data. John Wiley and Sons, New York.
- KORSGAARD I.R., ANDERSEN A.H., JENSEN J. 2002. Prediction error variance and expected response to selection, when selection is based on the best predictor - for Gaussian and threshold characters traits following a Poisson mixed model and survival traits. *Genet. Sel. Evol.* 34:307-333.
- RAMÓN J., RAFEL O. 2002. 1991-2000. Diez años de gestión global en España. In: Expoaviga 2002, X jornada cunícola, Barcelona, España, pp. 113-117.
- ROSELL J.M. 2003. Health status of commercial rabbitries in the Iberian peninsula. A practitioner's study. *World Rabbit Sci.* 11:157-169.
- YOUSSEF Y.M.K., KHALIL M.H., AFIF, E.A., EL - RAFFA A.M.E., ZAHEDS M. 2000. Heritability and non genetic factors for lifetime production traits in New Zealand White rabbits raised in intensive system of production. In: Blasco, A. (Ed.), Proceeding of 7th World Rabbit Congress, Vol. A, Valencia, Spain, pp. 497 - 503.