

**SIMULACIÓN Y AJUSTE DE LAS TASAS DE  
OCUPACIÓN PARA CASTILLA Y LEÓN DESDE UN  
MODELO PARA LA ECONOMÍA ESPAÑOLA**

**Garcillán García, J.J.**

juanjo@eco.uva.es

**Soto Torres, M.D.**

lolasoto@eco.uva.es

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Universidad de Valladolid

**RESUMEN**

Un modelo de una economía abierta que simulaba el comportamiento de las tasas de ocupación en el sector industrial y en el sector servicios, en el que se incorporaba la actuación de los sindicatos en las negociaciones salariales, siendo el tipo real de cambio entre bienes de ambos sectores una variable exógena que condiciona la realimentación entre las restantes variables, fue validado para la economía española durante el periodo entre 1990 y 1998.

Cuando se pretende que este mismo modelo, con los mismos parámetros, se valide para la economía de Castilla y León durante el mismo periodo, se comprueba que los resultados obtenidos no son del todo satisfactorios.

En este trabajo se estudia qué factores deben someterse a análisis para que los resultados proporcionados por la simulación del modelo se ajusten al comportamiento observado en la economía de Castilla y León.

**PALABRAS CLAVE:** MERCADO DE TRABAJO, DINÁMICA DE SISTEMAS.

**ÁREA TEMÁTICA:** Economía Regional y Local.

## 1.- INTRODUCCIÓN

En Garcillán et al. (2000) se desarrolló, utilizando la metodología de Dinámica de Sistemas, un modelo para una economía abierta con un mercado de trabajo dividido en dos sectores, el sector de bienes comerciables y el sector de bienes no comerciables, siendo su objetivo analizar si los resultados proporcionados por el modelo sobre tasas de ocupación sectorial podían ser validados para la economía española durante el periodo 1991-98.

El modelado de la economía bisectorial, basado en un desarrollo teórico propuesto por Agenor et al. (1998), asumía una interconexión entre trabajadores del sector de bienes comerciables y trabajadores del sector de bienes no comerciables y, aunque el planteamiento teórico llevaba a garantizar que en la economía no existía desempleo debido a que el salario del sector de bienes no comerciables se ajustaba para eliminar el posible desempleo, la versión final del modelo, sin embargo, incorporó la variable desempleo, al suponer la intervención de los sindicatos en el sector de bienes no comerciables. Los salarios en el sector de bienes comerciables se obtenían en función del número de trabajadores y considerando un factor de eficiencia, mientras que en el sector de bienes no comerciables, la intervención de los sindicatos genera un salario obtenido como una solución de equilibrio de Nash cooperativo al plantear un juego entre sindicatos y los empresarios del sector. El tipo real de cambio entre bienes comerciables y no comerciables era considerado como una variable exógena que daba lugar a la generación de ciclos de realimentación entre las variables, lo que nos permitía emplear la metodología propuesta.

Utilizando el mismo modelado e identificando bienes comerciables con bienes industriales y bienes no comerciables con bienes de servicios, el modelo soporta los correspondientes criterios para el análisis de las tasas de ocupación en ambos sectores y de desempleo en los dos sectores para la economía española durante el periodo entre 1991 y 1998, considerando como variable exógena el tipo real de cambio entre bienes industriales y bienes del sector servicios.

Después de la validación, el modelo, con los ajustes pertinentes que requiere un comportamiento distinto de la variable exógena, podría ser utilizado para simular otras

economías bisectoriales. El objetivo en este trabajo es analizar la capacidad del modelo para reproducir el comportamiento observado para la economía regional de Castilla y León durante el mismo horizonte temporal. Si los resultados de la simulación no soportan los correspondientes criterios de validación a que tiene que ser sometido el modelo, será necesario determinar qué factores generan estas dificultades y por tanto, las diferencias de comportamiento entre las dos economías.

## 2.- SÍNTESIS DEL MODELO

El planteamiento teórico considera una economía abierta con dos sectores productivos, el sector de bienes comerciables y el sector de bienes no comerciables, resultando la producción de cada uno de ellos función del número de trabajadores empleados. La producción del sector de bienes comerciables,  $Q_C(t) = Q_C(e(t)L_C(t))$  está determinada por el número de trabajadores en el sector  $L_C(t)$  considerando un factor de eficiencia  $e(t)$  definido por Agenor et al. por la expresión

$$e(t) = 1 - \Lambda \left( \frac{w_{NC}(t)}{w_C(t)} \right)^\delta,$$

donde,  $\Lambda$  y  $\delta$  son parámetros, satisfaciendo  $0 < \Lambda \leq 1$ ,  $\delta > 0$ ;  $w_{NC}$  y  $w_C$  son los salarios reales del sector de bienes no comerciables y de bienes comerciables, respectivamente, valorados en bienes comerciables.

El salario del sector de bienes comerciables se determina al tener en cuenta condiciones de optimalidad sobre la función de beneficios del sector

$$\pi_C(t) = Q_C(eL_C) - w_C L_C.$$

Mediante las condiciones necesarias de primer orden se establece la relación entre la demanda de trabajo y el salario en el sector

$$Q'_C(eL_C) = \frac{w_C}{e} \Rightarrow L_C(t) = \frac{1}{\bar{e}} (Q'_C)^{-1} \left( \frac{w_C(t)}{\bar{e}} \right), \text{ siendo } \bar{e} = \frac{\delta}{1 + \delta}.$$

El factor trabajo se considera homogéneo y se permite la perfecta movilidad entre sectores. Los salarios en el sector de bienes no comerciables, al intervenir los sindicatos, se determinan resolviendo el problema,

$$\min_{w_{NC}} (w_{NC} - \bar{w})^\rho (\bar{L} - L_C)^\rho (z(t))^{-1} Q_{NC}(L_{NC}^*) - w_{NC} L_{NC}^*$$

donde el parámetro  $\rho$  se interpreta como una medida del poder de los sindicatos en el proceso de negociación frente a los empresarios y  $\bar{w}$  es el salario de referencia que manejan los sindicatos.

Conocido el salario pactado en el sector de bienes no comerciables,  $w_{NC}(t)$ , es posible, desde las condiciones de primer orden al maximizar los beneficios del sector, determinar el empleo del sector de bienes no comerciables como función del salario alcanzado:

$$L_{NC}(t) = (Q'_{NC})^{-1} \left( \frac{w_{NC}(t)}{z(t)^{-1}} \right),$$

siendo  $z(t) = p_C(t) / p_{NC}(t)$  el tipo real de cambio entre sectores y  $p_C(t)$  y  $p_{NC}(t)$  los precios de los bienes comerciables y no comerciables, respectivamente.

El número de trabajadores activos que no participan en el proceso productivo de los dos sectores constituyen los trabajadores desempleados. El capital no se explicita en el modelo y la población activa permanece constante durante el periodo de análisis.

Desde el planteamiento teórico anterior se observan distintas relaciones causa efecto entre las variables que aparecen recogidas en la figura 1.

Fijado un tipo de cambio entre precios industriales y servicios, se determina el objetivo de salario para el sector de no comerciables, función del número de sus trabajadores y del número de trabajadores activos no empleados. Con este resultado, los sindicatos, conociendo el salario en el otro sector determinan el objetivo de salario para el sector en un proceso de negociación con los empresarios del sector. Pactado un salario se puede determinar el salario actual, que se supone no es inmediatamente adoptado, siendo obtenido mediante un proceso de ajuste.

El salario actual en los dos sectores, determina el factor de eficiencia que afecta al salario del sector de bienes comerciables, cuyas variaciones, de nuevo, se supone no siguen un ajuste instantáneo, si no que se implantan progresivamente a una determinada velocidad.

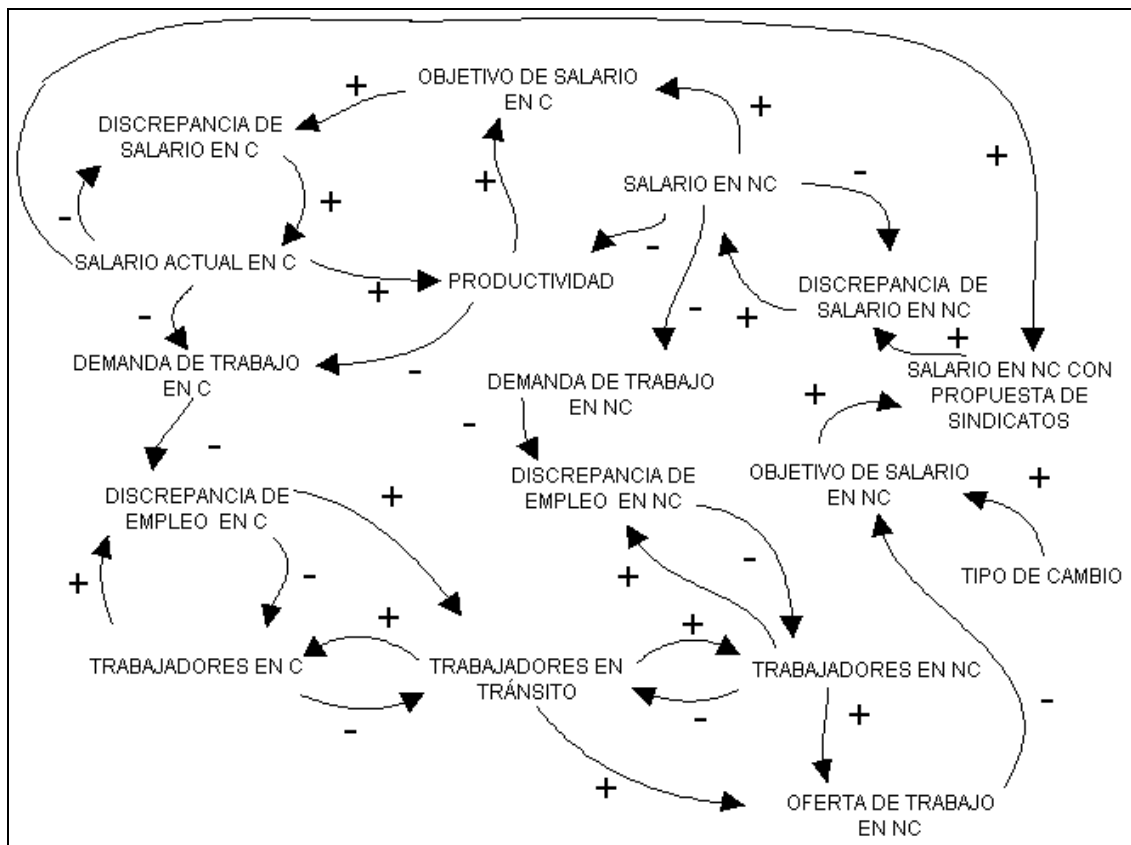


Figura 1.- Diagrama causal

El salario actual en el sector de bienes comerciables determina junto con el factor de eficiencia, la demanda de trabajo en el sector y la discrepancia de empleo en él, que de nuevo, mediante un proceso de alisado, abre los flujos de transferencia entre este sector y los trabajadores desempleados. Los trabajadores despedidos del sector entran a formar parte de los trabajadores sin empleo, trabajadores en tránsito, y si se necesitan más trabajadores en el sector son los trabajadores en tránsito los que abandonan esta variable y se incorporan al sector industrial.

Los trabajadores en tránsito, dado que el trabajo se supone homogéneo, fluyen en un sentido u otro al sector servicios pero también al sector de bienes industrial, cuya oferta de trabajo es determinada en función del número de sus trabajadores y del número de trabajadores en tránsito, siendo su demanda función del salario actual en el sector.

La discrepancia de empleo entre la oferta y la demanda en el servicios, genera otros flujos de trabajadores de este sector y los trabajadores en tránsito, que también se supone se realiza mediante un proceso de ajuste.

En el diagrama causal pueden apreciarse distintos ciclos de realimentación, en sentido positivo y negativo, que permiten analizar el modelo con la metodología, siendo el paso siguiente la clasificación de las variables en flujos, niveles, variables auxiliares y variables exógenas.

Se han considerado cinco variables de nivel, trabajadores en cada uno de los sectores, trabajadores en tránsito, que corresponde a la variable desempleo y dos niveles que recogen los salarios reales de ambos sectores. Se consideran dos variables exógenas, el tipo real de cambio y la población activa que se supone constante durante la simulación, referida a los valores reales del año 1991.

Para la comparativa de los resultados proporcionados por el modelo y estudio de su validez, se han tomado como referencia los datos, tanto a nivel nacional como regional, de ocupados por sectores y desempleados en los dos sectores proporcionados por la EPA para el sector industria y el sector servicios. Respecto al desempleo, el análisis se centró sólo en los trabajadores que están en esta situación en los dos sectores.

Para que el modelo generara resultados se estimaron los parámetros y condiciones iniciales de los niveles para que al comienzo de la simulación coincidieran con los valores de ocupación por sectores y de desempleo existentes en la economía española a comienzos de 1991 y que garantizaran que, manteniendo los impulsos exógenos constantes, el modelo se mantuviera en equilibrio durante todo el horizonte temporal.

El horizonte temporal para las simulaciones es de ocho años, obteniendo resultados para cada trimestre, esto es, con un paso de 0.25 siendo la unidad de tiempo el año. El software empleado fue Powersim Constructor 2.5 y el método de integración Runge-Khuta 4 a paso fijo.

### 3.- RESULTADOS PARA LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

La trayectoria descrita por el tipo real de cambio para la economía española se recoge en la gráfica de la figura 2.

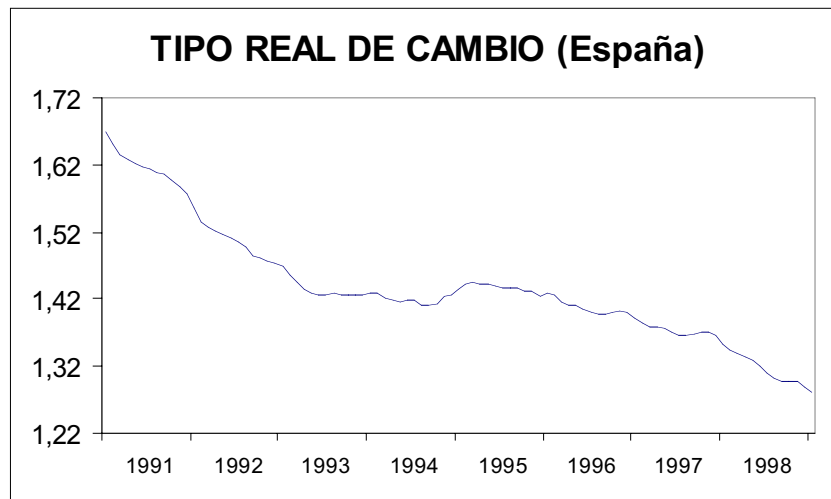


Figura 2

Incorporando estos valores a la variable exógena, se está en disposición de obtener los resultados para esta situación.

En las gráficas de las figuras de la 3 a la 5, se recogen las trayectorias de las tasas de ocupación por sectores y de desempleados proporcionadas por la simulación junto a la correspondiente serie histórica de referencia observada en la economía española entre 1991 y 1998.

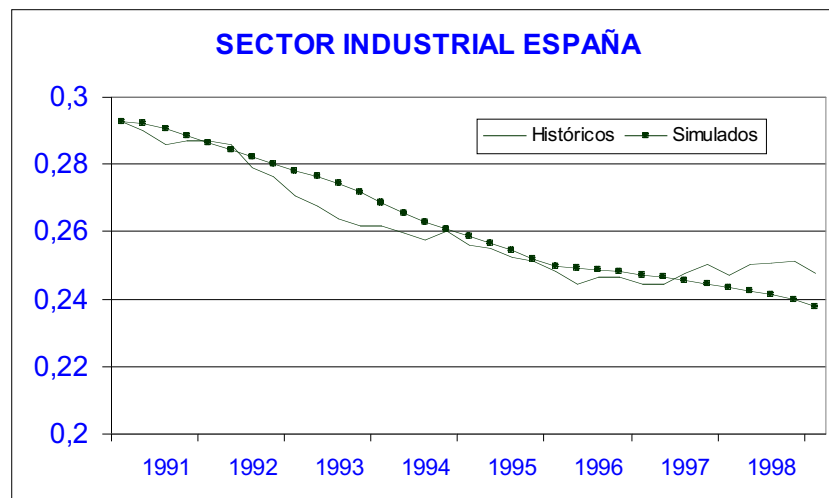


Figura 3

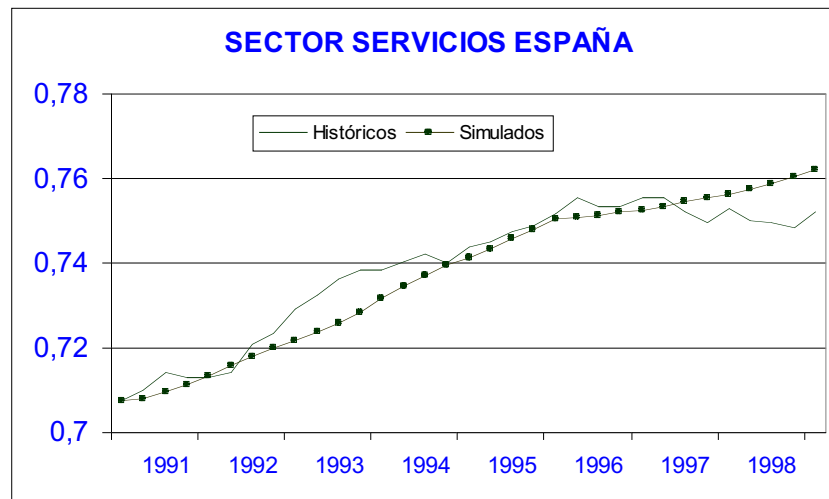


Figura 4

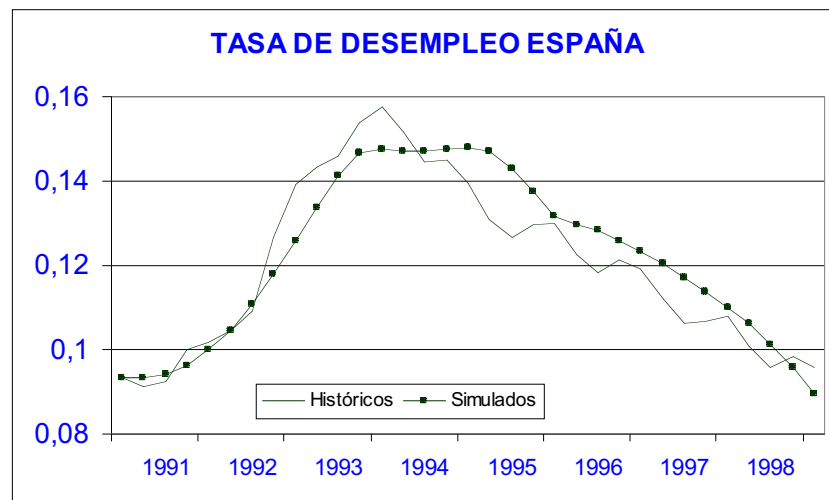


Figura 5

Las series simuladas presentan un comportamiento cualitativo similar al de las series de referencia. Pero esto no es suficiente para poder concluir la validez del modelado. Por esta razón se valoraron algunos estadísticos que aportan información sobre el grado de ajuste y la explicación de posibles desajustes entre las series por errores en la simulación: el error cuadrático medio (MSE), determinando el porcentaje de explicación de este error debido a diferencias entre las medias de las series o sesgo (UM), a diferencias entre varianzas (US) y diferencias entre covarianzas (UC); y también el porcentaje de error cuadrático medio (RMSPE) que elimina el efecto que supone trabajar en las mismas unidades que la variable a estudio.



El valor de estos estadísticos se recogen en la tabla 1.

Tabla 1.- *Resultados estadísticos*

**España**

	<i>INDUSTRIA</i>	<i>SERVICIOS</i>	<i>DESEMPLEO</i>
<i>MSE</i>	3,0011E-05	3,0011E-05	5,4293E-05
<i>U<sup>M</sup> (%)</i>	4,27903496	4,27903496	4,8556595
<i>U<sup>S</sup> (%)</i>	15,4622478	15,4622478	0,31933872
<i>U<sup>C</sup> (%)</i>	80,2587172	80,2587172	94,8250018
<i>RMSPE (%)</i>	2,12956563	0,73825311	5,89672914

El porcentaje de error cuadrático medio para las series de ocupación en industria y servicios es muy pequeño, inferior al dos y medio por ciento y para las series de tasas de desempleo no supera el seis por ciento. Si se observa la descomposición del error cuadrático medio según los índices de Theil, en los tres casos la explicación del error se debe, en casi su totalidad, a diferencias de covarianzas de las series, lo que indica que no se producen errores sistemáticos que pudieran comprometer la validez de los resultados. Además, teniendo en consideración que sólo incluimos una variable exógena, es importante resaltar cómo el modelo es capaz de reproducir el comportamiento real desde la interrelación de las variables consideradas como endógenas.

#### 4.- RESULTADOS PARA LA ECONOMÍA CASTELLANO LEONESA

Aceptada la validez del modelo para el objetivo perseguido para España, el siguiente objetivo fue valorar su capacidad de adecuación para la economía castellano leonesa. Se trata de estudiar el grado en el que el modelo desarrollado permite reproducir el comportamiento observado en las tasas de ocupación por sectores durante el mismo periodo de tiempo pero sólo para la economía regional.

Las condiciones de partida eran diferentes, por lo que se determinaron los valores iniciales de los niveles de salarios, que garantizaban partir de los valores de ocupación por sectores y desempleo iguales a los observados en 1991 en Castilla y León y en equilibrio.

El tipo real de cambio presenta una trayectoria diferente a la del caso español y se recoge en la gráfica de la figura 6. Incorporados al modelo estos nuevos valores, se simuló manteniendo idénticos supuestos sobre sindicatos y empresarios en el sector servicios a los de la simulación para España. Los resultados están recogidos en las gráficas de las figuras de la 7 a la 9.

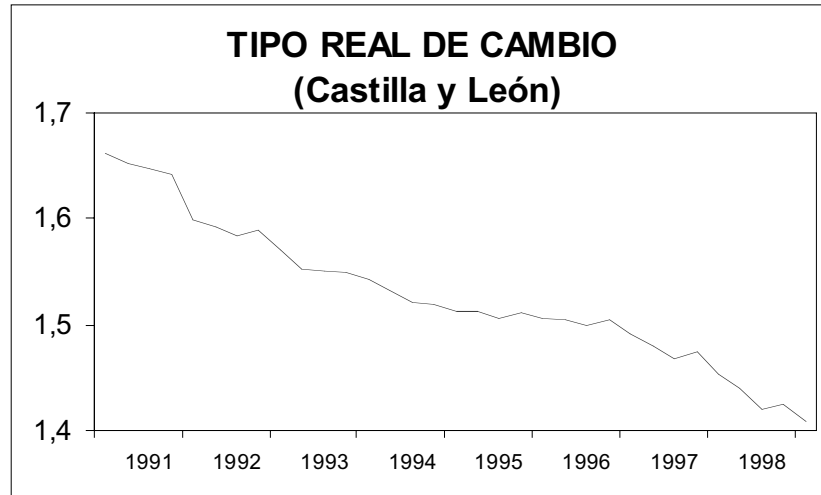


Figura 6

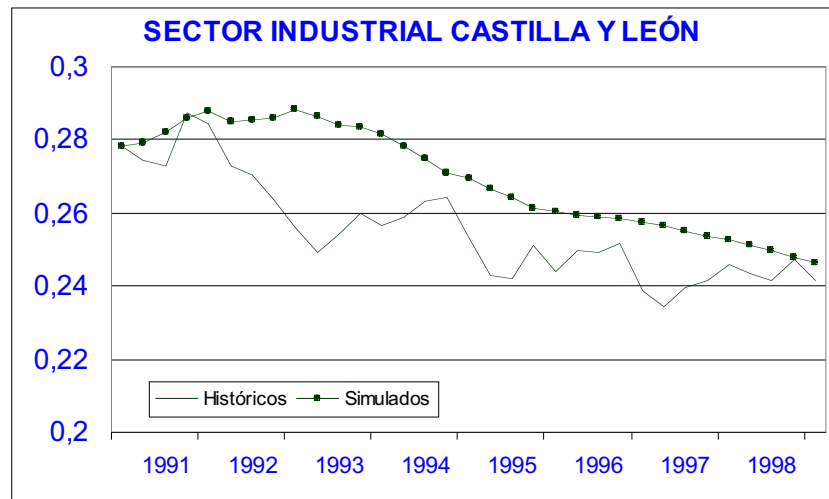


Figura 7

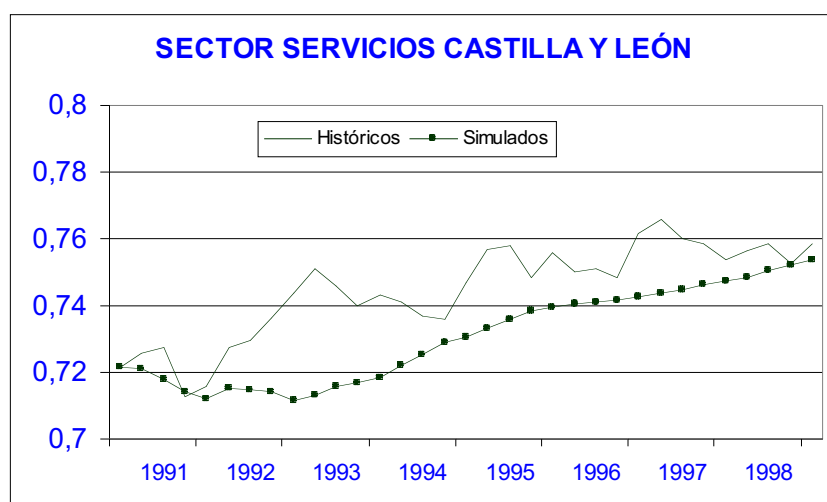


Figura 8

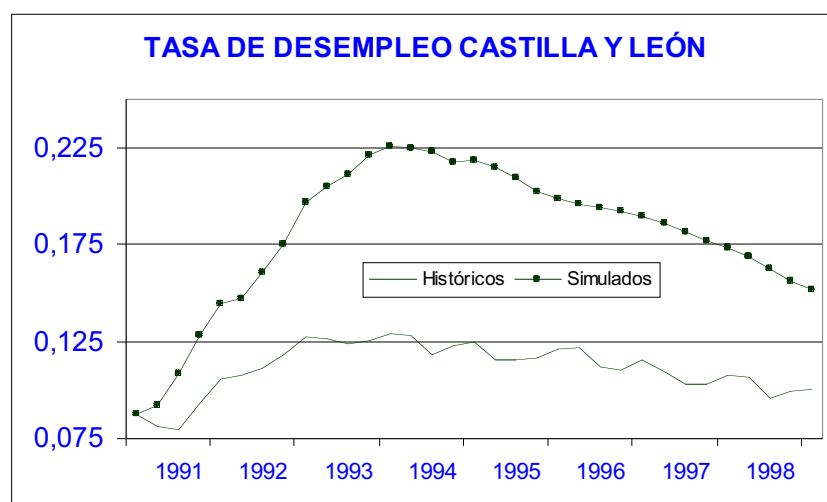


Figura 9

Observando las trayectorias en las gráficas, parece que el ajuste no es bueno. Esta suposición se confirma al someter los resultados a los criterios de validación. En las series de tasas de desempleo se evidencia un gran desajuste, con un 63,6 por ciento de porcentaje de error cuadrático medio. Además, para las tres variables, la explicación del error cuadrático medio es debida en su mayoría a diferencias en las medias de las series, lo que indica un gran sesgo entre las series simuladas e históricas, debido probablemente a que en la simulación se están arrastrando errores sistemáticos, no recogiendo la simulación los cambios de tendencia de los valores reales.

Tabla 2.- *Resultados estadísticos*

**Castilla y León**

	<i>INDUSTRIA</i>	<i>SERVICIOS</i>	<i>DESEMPLEO</i>
<i>MSE</i>	0,0002843	0,0002843	0,00539254
$U^M$ (%)	68,9249765	68,9249765	88,109233
$U^S$ (%)	0,00012375	0,00012375	10,2737812
$U^C$ (%)	31,0748998	31,0748998	1,61698585
<i>RMSPE</i> (%)	6,71077891	2,25397152	63,6760258

## 5.- AJUSTE PARA LA ECONOMÍA DE CASTILLA Y LEÓN

El comportamiento de las variables en las dos economías presenta diferencias, no siendo capaz el modelo, tal y como estaba formulado, de proporcionar valores ajustados para Castilla y León. Por esta razón se decidió ensayar posibles modificaciones de los parámetros del modelo, siempre manteniendo las mismas restricciones e hipótesis teóricas, que permitieran validar de nuevo los resultados para Castilla y León respecto a los datos de referencia.

Después de diferentes ensayos y simulaciones se obtuvieron los resultados que se recogen en las siguientes gráficas.

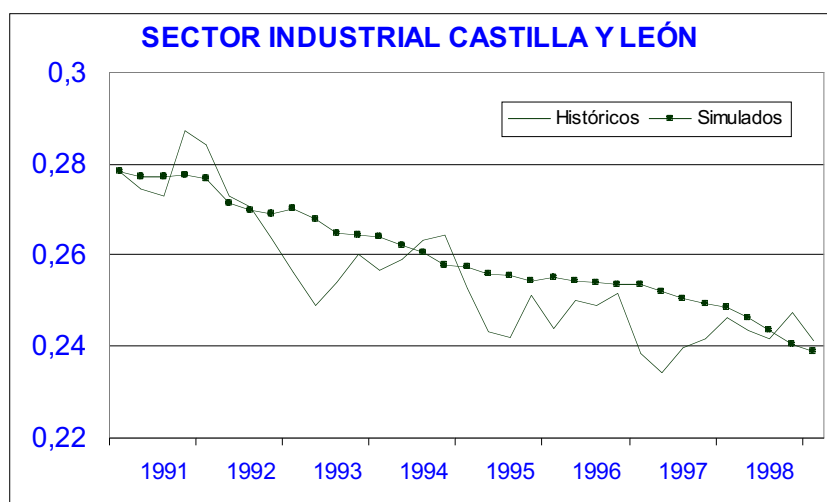


Figura 10

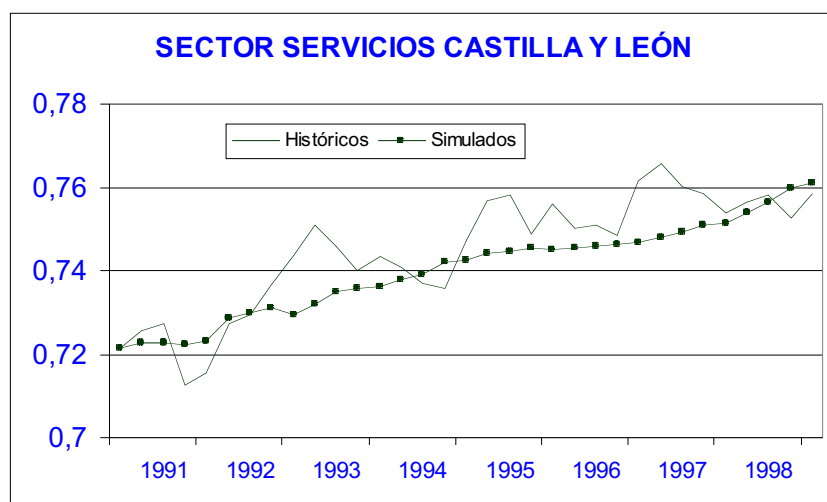


Figura 11

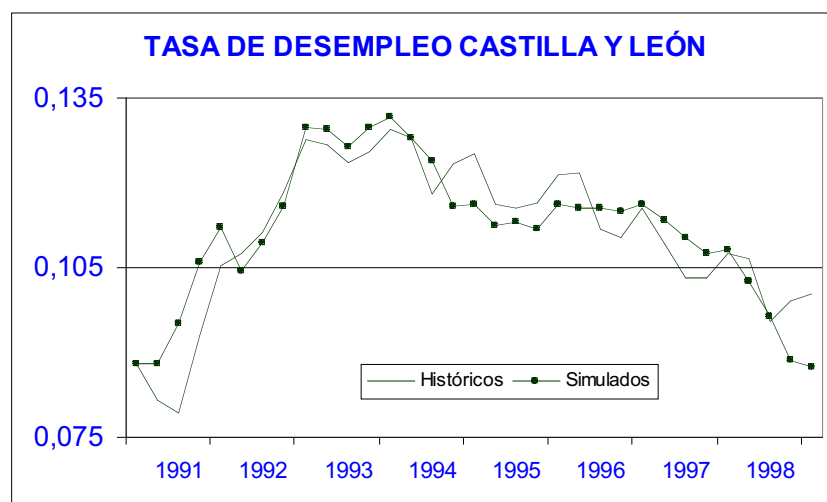


Figura 12

Sometidos estos resultados de nuevo a los criterios de validez, se aprecia cómo los valores de los estadísticos indican un buen ajuste. Para las variables de tasa de ocupación en industria y servicios, el porcentaje de error cuadrático medio es bajo, no superando el tres y medio por ciento, lo que de por sí valida la capacidad del modelo para simular los resultados, además la explicación del error es en su mayoría por diferencias en covarianzas. Respecto a las tasas de desempleo, el porcentaje de error cuadrático medio no llega al seis y medio por ciento, pero el error para esta serie se explica prácticamente en su totalidad (98%) por posibles ligeros comportamientos

aleatorios de la variable de referencia que la simulación no puede recoger, lo que no pone en cuestión la validez del modelo.

Tabla 3.- *Resultados estadísticos*

**Castilla y León con ajuste**

	<i>INDUSTRIA</i>	<i>SERVICIOS</i>	<i>DESEMPLEO</i>
<i>MSE</i>	7,086E-05	7,0857E-05	3,837E-05
<i>U<sup>M</sup></i>	28,288881	28,2888808	0,514876
<i>U<sup>S</sup></i>	10,863456	10,8634563	1,3514272
<i>U<sup>C</sup></i>	60,847663	60,847663	98,133697
<i>RMSPE</i>	3,4002482	1,12059802	6,3558676

Las modificaciones realizadas para conseguir este ajuste de las series se corresponden con dos aspectos: la negociación sindical y los flujos de trasvase de trabajadores entre los dos sectores.

Al considerar durante la primera mitad de la simulación una presión sindical sensiblemente inferior a la considerada para España y semejante para la segunda mitad, se consiguió mejorar los resultados, pero sin alcanzar los mínimos exigibles por los criterios de validación. Por esa razón se analizaron otros factores, y respecto al movimiento de trabajadores por sectores, se impuso una mayor rapidez tanto en el paso de la situación de ocupación a la de desempleo como a la inversa y para los dos sectores.

## 6.- CONCLUSIONES

El modelo desarrollado inicialmente para simular el comportamiento del empleo en España desde el enfoque y escenario original, ha sido validado para la economía castellano-leonesa, manteniendo íntegramente su estructura causal.

Únicamente se han modificado, para conseguir ajustar los resultados a la nueva situación, dos de los parámetros que intervienen en la formalización y que inciden en cómo se desarrolla la negociación de los salarios en el sector servicios y en la velocidad con la que los flujos que conexionan los niveles de empleo, mueven a los trabajadores y desempleados.

Los cambios mencionados no fueron los únicos que se ensayaron en el modelo. Algunos fueron descartados por no satisfacer lo que de ellos se esperaba y otros porque resultaban de procesos excesivamente artificiosos.

## BIBLIOGRAFÍA

Agénor, P.R. y Santaella, J.A. (1998): “*Efficiency wages, disinflation and labor mobility*”. *Journal of Economic Dynamic and Control*, 22, págs. 267-291.

Castillo, S. y Jimeno, J.F. (1997): “*Progreso tecnológico, empleo y dispersión salarial*”. *Papeles de Economía Española*, 72, págs. 214-230.

Garcillán, J.J. y Soto, M.D. (2000): “*Sindicatos y tipo de cambio: análisis en una economía abierta*” . XIV Reunión Asepelt- España. Actas del Congreso

Gual, J. (1997): “*El empleo y la desregulación de los mercados de bienes y servicios*”. *Papeles de Economía Española*, 72, págs. 326-341.

Harris, J. y Todaro, M.P. (1970): “*Migration, unemployment and development: A two-sector analysis*”. *American Economic Review* 60, págs. 126-143.

Layard, R., Nickell, S. y Jackman, R. (1994): “*La crisis del paro*”. Madrid. Alianza Editorial.

McDonald, I.M. y Solow, R.M. (1985): “*Wages and employment in a segmented labor market*”. *The Quarterly Journal of Economics*, 100, págs. 1115-1141.

Raymond, J.L. (1992): “*La inflación dual en España: comportamiento de los precios en los sectores industrial y de servicios*”. *Papeles de Economía Española*, 52/53, págs. 46-62.

Soto, M.D., Garcillán, J.J. y Pajares, M.M. (1999): “*Influencia del tipo de cambio sobre empleo y salarios en una economía abierta*”. Asepelt- España. Actas del Congreso.

Sterman, J. (1984): “*Appropriate summary statistics for evaluating the historical fit of system dynamics models*”. *Dynamica*, vol. 10 págs. 51-66.

Viñals, J. (1996): “*Job creation in Spain: a macroeconomic view*” en J. Gual (Ed.) , *The social challenge of job creation*, Edward Elgar, Cheltenham.

Yellen, J.L. (1984): “*Efficiency Wage Models of Unemployment*”. *The American Economic Review*, n. 2, vol. 74, págs. 200-205.