

Análisis Econométrico sobre el Sector Portuario en la Bahía de Algeciras

Juan Pablo Pallero Villar

Licenciado en Económicas y Empresariales

La justificación teórica del estudio que se desarrolla a continuación se sustenta en la utilización de la función de producción de Cobb-douglas y en las conclusiones que se derivan del uso de la misma en cuanto a la obtención directa de elasticidades de las variables trabajo y capital que figuran en el referido modelo, junto con el progreso técnico, como explicativas de la producción, considerada como endógena o variable a explicar.

Obviamente, en esta justificación subyace el interés práctico que animó a los autores citados a cuantificar el producto partiendo de los factores relevantes de producción; así, y dejando al margen las objeciones técnicas que el modelo puede plantear, o mejor, ponderando su capacidad explicativa con el uso que se le ha dado a este modelo a lo largo de su historia frente a aquellas es evidente que su aplicación contribuye a conocer, en cierta medida, algo más sobre una actividad cuya importancia para el desarrollo de la comarca está fuera de toda duda.

Entrando ya en el estudio del modelo en sí y de los datos utilizados como referencia de los conceptos mencionados, cabe reseñar que las variables empleadas son las que he considerado representativas de la evolución del sector, reflejada ésta, como destacaba anteriormente, en el uso histórico de los recursos esenciales de producción, capital y trabajo, y en el factor representativo del progreso tecnológico que englobará, en definitiva, el resto de factores responsables de la producción; por tanto, el criterio de elección de variables es el que implica la propia función de producción y de esta manera, en base a las estadísticas anuales publicadas por la Autoridad Portuaria, he tomado, como variable endógena del modelo o variable a explicar, la Producción cuantificada por el número de Toneladas de Registro Bruto anuales correspondientes a los mercantes que han operado en el puerto. El hecho de haber elegido esta variable en lugar de los ingresos globales, expresados en términos monetarios, es que al venir, a su vez, expresada en términos físicos es más apta para el cálculo de las estimaciones finales según indican los autores, a lo que cabría añadir el condicionante implícito en la deflatación de dichos términos monetarios y la más transparente cuantificación en físicos.

Por otro lado, como representativa del Capital he utilizado el inmovilizado neto afecto a explotación por año que recoge el stock de capital acumulado teniendo en cuenta las inversiones anuales y las amortizaciones, esta variable sí viene expresada en términos monetarios, actualizados al año 1992 según los índices medios anuales del coste de la vida elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, debido a que la he considerado como el mejor reflejo de la amplitud y diversidad de las inversiones productivas que se han llevado a cabo.

Con respecto al Empleo he utilizado la serie cuantificada mediante la media de personas empleadas por año y que, como ya apuntaba anteriormente, al igual que las otras dos variables, se obtienen de las Memorias Anuales de la Autoridad Portuaria.

Por último, en cuanto al Progreso Tecnológico he utilizado la cuantificación del factor residual de Solow, expresado de la forma $PT: e^{Tt}$, donde t es tiempo y T es la tasa de crecimiento anual de la tendencia residual. Este factor dota al modelo de carácter histórico y estocástico.

Para finalizar esta introducción simplemente reseñar que el período de retorno utilizado es de 15 años, yendo la serie desde 1978 hasta 1992, ambos inclusive, y que a lo largo del mismo, tal y como se muestra en los gráficos adjuntos, se observa en todas las variables una tendencia creciente y una evolución que podría interpretarse como reflejo de la historia de la economía en general dentro del referido período.

FUNCION DE PRODUCCION Y METODO DE TRABAJO:

La forma matemática de la función Cobb-Douglas es:

$$X_n = K \cdot W_n^w + C_n^c + e^{Tt}$$

en donde X , W y C representan, respectivamente el volumen de producción (en miles de TRBs/año), la cantidad de trabajo

(media de empleos/año) y el stock de bienes de capital (millones de pts./año); w y c corresponden a las elasticidades del trabajo y del capital respecto al producto, T es la tasa de crecimiento anual de la tendencia y t el tiempo, tal y como se mencionaba anteriormente; por último K es la constante del modelo cuando no está expresado en desviaciones a las medias. El subíndice n indica el número correspondiente a la observación (n=1, . . . ,15).

Una primera salvedad que surge es el carácter multiplicativo del modelo y la necesidad de convertirlo en aditivo para poder aplicar Mínimos Cuadrados Ordinarios como proceso de ajuste a la recta de regresión que se pretende encontrar, lo cual implica el tener que aplicar logaritmos neperianos a ambos términos de la función, obteniéndose:

$$\ln X_n = \ln K + w + \ln W_n + c \cdot \ln C_n + T \cdot t$$

De esta manera, además de haber convertido el modelo en aditivo, por definición de elasticada puede demostrarse como los parámetros w y c corresponden a las elasticidades del capital y del empleo, tal y como apuntaba más arriba.

Al mismo tiempo, para facilitar la manejabilidad matricial del modelo, calcularé los coeficientes de regresión mediante desviaciones a las medias, o, lo que es lo mismo, utilizaré matrices de varianzas y covarianzas.

CALCULOS MATEMATICOS:

Año (n)	Indice INE	Capital corriente	Capital 92	Empleos	TRBs	t.
1978	3.648	2043.731	7455.531	120	34486	-7
1979	3.156	3887.899	12270.209	131	43415	-6
1980	2.731	3231.088	8824.101	144	46117	-5
1981	2.383	3274.177	7802.364	142	46618	-4
1982	2.083	3304.366	6882.994	162	44040	-3
1983	1.858	5324.883	9893.633	186	47257	-2
1984	1.669	6004.008	10020.689	182	47841	-1
1985	1.533	11424.162	17513.240	192	46745	0
1986	1.410	12018.525	16946.120	205	54245	1
1987	1.339	13413.010	17960.020	199	58204	2
1988	1.278	14278.136	18247.458	170	57353	3
1989	1.197	15344.398	18367.244	227	65095	4
1990	1.121	15756.039	17662.520	237	73892	5
1991	1.059	16414.626	17383.089	247	72227	6
1992	1.000	16859.196	16859.196	272	71194	7

Transformación a logaritmos neperianos:

Año	lnCapital 92	lnEmpleo	lnTRB	t
1978	8.9167	4.7874	10.4483	-7
1979	9.4149	4.8751	10.6785	-6
1980	9.0852	4.9698	10.7389	-5
1981	8.9621	4.9558	10.7497	-4
1982	8.8368	5.0875	10.6928	-3
1983	9.1996	5.2257	10.7633	-2
1984	9.2124	5.2040	10.7756	-1
1985	9.7707	5.2574	10.7524	0
1986	9.7377	5.3230	10.9012	1

Año	lnCapital 92	lnEmpleo	lnTRB	t
1987	9.7959	5.2933	10.9717	2
1988	9.8117	5.1357	10.9569	3
1989	9.8183	5.4249	11.0836	4
1990	9.7792	5.4680	11.2103	5
1991	9.7632	5.5093	11.1875	6
1992	9.7326	5.6058	11.1731	7

A partir de esta transformación se llevan a cabo las operaciones necesarias para el cálculo de la regresión por MCO mediante la cual se calculan los coeficientes de regresión que, como se expone más arriba, corresponden a las elasticidades objeto del estudio, al parámetro del progreso técnico y a la constante del modelo, así, utilizando la nomenclatura mostrada en un principio: X: producto o TRBs; W:empleo; C:capital y t:tiempo, se obtienen los siguientes resultados:

Variables	Totales	Medias	Varianzas Desviaciones Covarianzas	Coefficiente de Correlación	Coefficie. de Determin.
lnXn	163.084	10.872	0.216240	-	-
lnWn	78.123	5.208	0.234721	-	-
lnCn	141.837	9.456	0.365986	-	-
t	0.000	0.000	4.320493	-	-
(lnXn) ²	1773.773	118.251	0.046767	1	1
(lnWn) ²	407.692	27.179	0.055094	1	1
(lnCn) ²	1343.192	89.546	0.133946	1	1
t ²	280.000	18.667	18.666667	1	1
(lnXn.lnWn)	850.043	56.670	0.045991	0.906118	0.821050
(lnXn.lnCn)	1543.043	102.869	0.064151	0.818530	0.657061
(lnXn.t)	13.155	0.877	0.876900	0.938600	0.880970
(lnWn.lnCn)	739.653	49.310	0.063448	0.738586	0.545510
(lnWn.t)	14.300	0.953	0.953300	0.940035	0.883667
(lnCn.t)	19.338	1.289	1.289200	0.815309	0.664729

Para el cálculo de varianzas, covarianzas, desviaciones y coeficientes de correlación se han utilizado las fórmulas usuales de estadística:

$$\text{VAR } X = \frac{\sum X_n^2}{n} - \bar{X}_n^2$$

$$\text{COVAR } XY = \frac{\sum X_n Y_n}{n} - \bar{X} \bar{Y}$$

$$\text{DESVIAC. } X = (\text{VAR } X)^{1/2}$$

$$\text{COEF. CORREL } XY = \text{COVAR } XY : [(\text{DESVIAC. } X) * (\text{DESVIAC. } Y)]$$

$$\text{COEF. DETERM.} = (\text{COEF. CORR})^{1/2}$$

Para hallar los coeficientes de regresión por MCO se emplea la fórmula matricial siguiente:

$$b = [X'X]^{-1} [X'Y]$$

$$\text{siendo } b = \begin{bmatrix} w \\ c \\ t \end{bmatrix}; [X'X] = \begin{bmatrix} \text{VAR (ln Wn)} & \text{COVAR (ln Wn, ln Cn)} & \text{COVAR (ln Wn, t)} \\ \text{COVAR (ln Wn, ln Cn)} & \text{VAR (ln Cn)} & \text{COVAR (ln Cn, t)} \\ \text{COVAR (t, ln Wn)} & \text{COVAR (t, ln Cn)} & \text{VAR (t)} \end{bmatrix}$$

$$[X'Y] = \begin{bmatrix} \text{COVAR (ln Xn, ln Wn)} \\ \text{COVAR (ln Xn, ln Cn)} \\ \text{COVAR (ln Xn, t)} \end{bmatrix}$$

Entonces sustituyendo en las matrices anteriores los valores calculados, se obtiene:

$$b = \begin{bmatrix} 0.055094 & 0.063448 & 0.9533 \\ 0.063448 & 0.133946 & 1.2892 \\ 0.953300 & 1.289200 & 18.6667 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} 0.045991 \\ 0.064151 \\ 0.876900 \end{bmatrix}$$

Operando se obtiene la matriz de los coeficientes de regresión:

$$b = \begin{bmatrix} w \\ c \\ T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.222714 \\ 0.091765 \\ 0.029265 \end{bmatrix}$$

Con lo cual el modelo queda de la forma:

$$\ln x_n(\text{estimada}) = 0.222714 \cdot \ln w_n + 0.091765 \cdot \ln c_n + 0.029265 \cdot t$$

que viene expresado en desviaciones a las medias y en donde $\ln x_n$ (estimada) indica el valor que se obtiene, al sustituir las explicativas por sus valores correspondientes, para la explicada. La obtención de la constante del modelo, K, se lleva a cabo de la forma:

$$\ln K = \ln X_n(\text{media}) - w \cdot \ln W_n(\text{media}) - c \cdot \ln C_n(\text{media}) - T \cdot t(\text{media})$$

sustituyendo

$$\ln K = 10,8722 - 0,222714 \cdot 5,2081 - 0,091765 \cdot 9,4558$$

$$\ln K = 8.844567; \text{ luego } K = \text{antiln} 8.844567 = 6936.6$$

Con lo que el modelo en forma multiplicativa será:

$$X_n(\text{estim.}) = 6936,6 \cdot W_n^{0.222714} \cdot C_n^{0.091765} \cdot e^{0.029652 \cdot t}$$

De esta forma concluyo la adaptación de la función de producción C-D a la actividad portuaria de la Bahía de Algeciras, obteniendo como resultados finales que el hecho de que la elasticidad producto-empleo sea mayor que la elasticidad producto-capital implica que un incremento de la tasa de variación del factor trabajo induce un incremento mayor de la misma tasa del producto que el que implicaría la variación del capital, así, en términos cuantitativos si se incrementa el empleo en un 1% la producción crece alrededor del 0.23%, mientras que si ese mismo incremento es del capital el crecimiento del producto supone algo más del 0.09%. Por último y en cuanto al progreso técnico, o mejor, al resto de factores que explican la producción, su participación es claramente inferior a las de los dos factores esenciales.

Para terminar quisiera resaltar el carácter de aplicación práctica que tiene este estudio y también el condicionamiento del mismo con respecto a los supuestos de partida adoptados: forma de la función de producción, formalización del progreso, elección de variables, amplitud del período de retorno, etc.

Como nota final apuntar que en los cálculos de estadísticos posteriores a la cuantificación del modelo, y que sirven para contrastar la bondad del ajuste, destacan tanto unos elevados coeficientes de correlación y determinación, en torno al 0.9, alcanzándose un valor para el de determinación corregido de 0.877, como un análisis de la varianza, mediante el empleo de la F de Snedecor, que permite rechazar la hipótesis nula de la insignificancia estadística de los parámetros calculados, lo cual, en principio, confirma la validez explicativa de las variables elegidas.

Como comentaba al comenzar, se añaden como anexo los gráficos de evolución histórica de las distintas series empleadas.

NOTAS:

. = Signo de multiplicación

^ = Signo de potenciación (elevado a)

VAR = Varianza

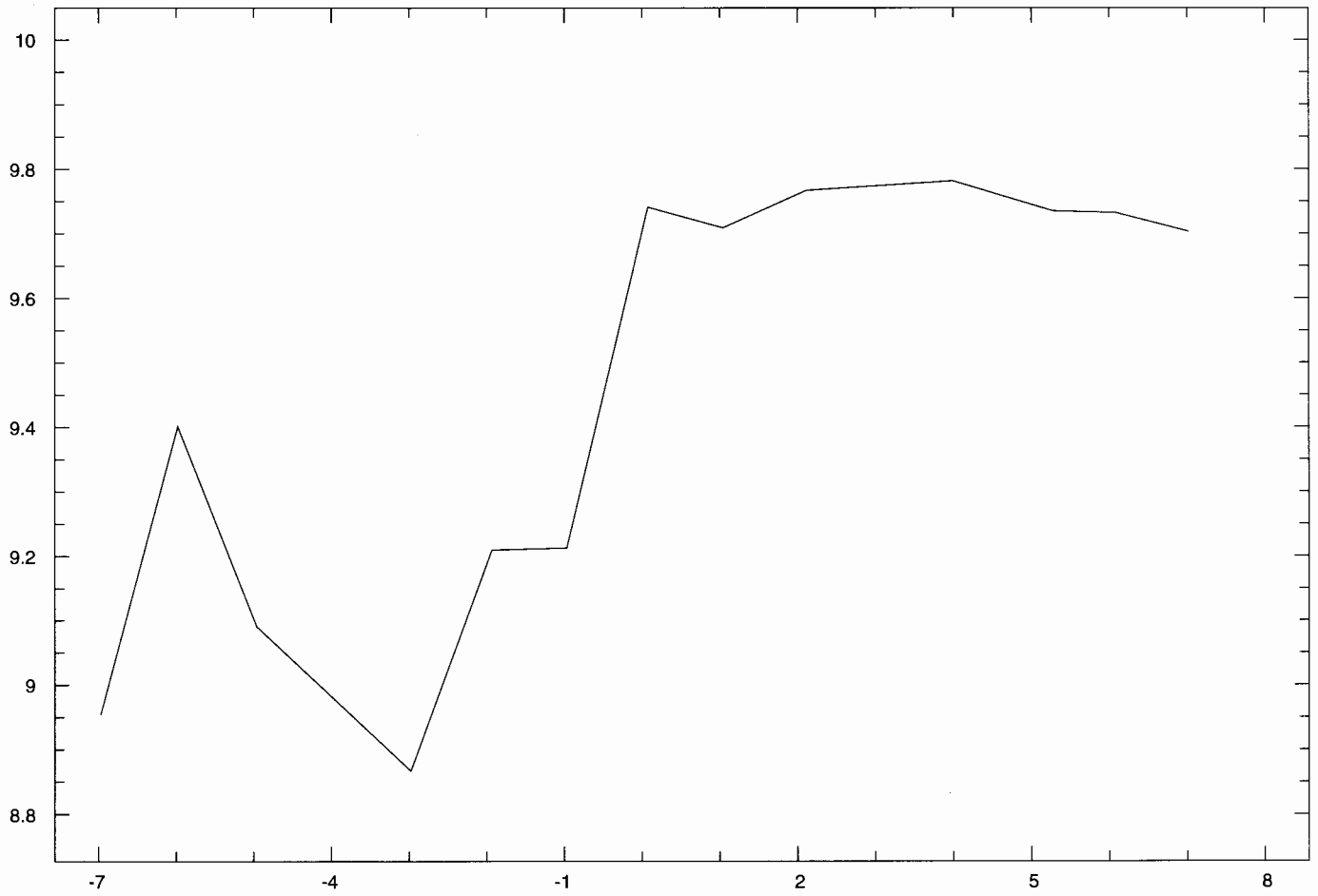
COVAR = Covarianza

COEF. CORREL = Coeficiente de correlación

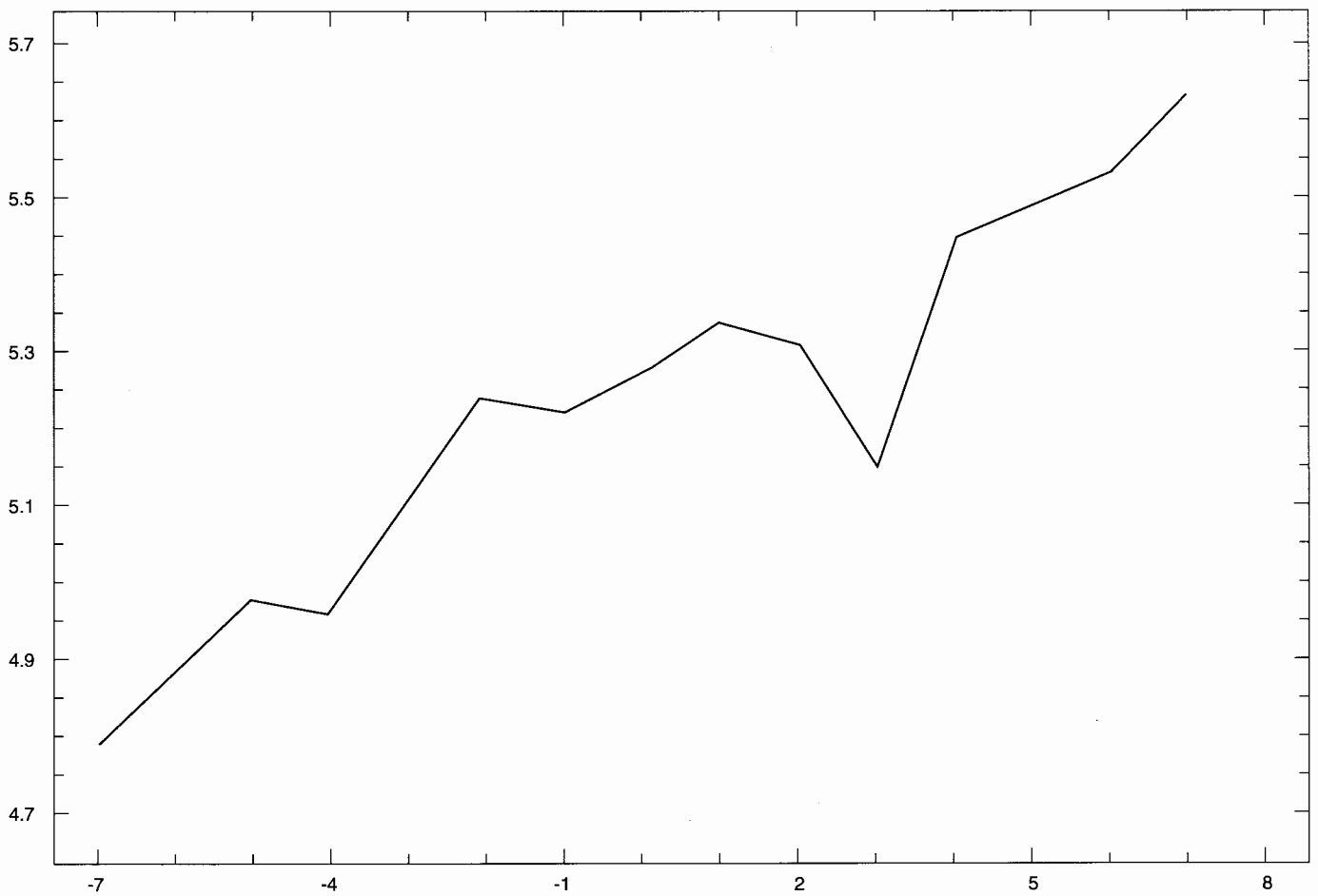
COEF. DETER = Coeficiente de determinación

INE = Instituto Nacional de Estadística

Plot of PUERTO 15. capital 15 vs PUERTO 15. tiempo 15



Plot of PUERTO 15. Empleo 15 vs PUERTO 15. tiempo 15



Plot of PUERTO 15. mercante 15 vs PUERTO 15. tiempo 15

