

Análisis de la eficiencia y la productividad del sector de la automoción en España 1994-2018

Justo de Jorge-Moreno y Fernando Merino

<https://doi.org/10.37610/dyo.v0i72.587>

Recibido: 23 de Julio de 2020

Aceptado: 8 de Octubre de 2020

Resumen

El objetivo de este trabajo es el análisis de la eficiencia y la productividad total de los factores del sector del automóvil en España en el periodo 1994-2018. Se emplea un análisis compuesto por dos fases. En la primera, se ha utiliza un análisis de la eficiencia individualizada para cada una de las siete principales empresas por medio de un análisis no paramétrico envolvente de datos (DEA). En la segunda, se estima la productividad, por medio de los índices de Malmquist y Hicks-Moorsteen. Los principales resultados revelan incrementos de la productividad relevantes, fundamentalmente en el caso de la propuesta Hicks-Moortensen.

Palabras clave

Eficiencia, Productividad, Sector de la Automoción, Índices Hicks-Moortensen.

1. Introducción

El sector de Fabricación de vehículos a motor en España ha sido y está siendo objeto de una importante atención a diferentes niveles institucionales. Por ejemplo, el presidente del gobierno español Pedro Sánchez informaba sobre próximas actuaciones de ayuda al sector consistentes en 3.750 millones de euros, asociadas a planes de formación, investigación e inversión (Expansión, 15.06.2020). También se informaba por diferentes medios (p.e El País 11.06.2020), del rescate necesario al sector del automóvil, con la intención de estimular la compra de vehículos eléctricos, el rejuvenecimiento del parque automovilístico, entre otras medidas. Se suele justificar el interés en este sector por su posicionamiento estratégico y la representatividad de este, además de ser un sector con una gran capacidad de innovación tecnológica. En todo caso, no debe olvidarse que supone más de 200.000 empleos (EPA 2019T4) y en torno al 15% de las exportaciones (Datacomex, 2018).

Uno de los últimos eventos ocurridos en el sector se refiere al anuncio de cierre de Nissan en la Zona Franca de Barcelona. El presidente de Nissan Europa, Gianluca

de Ficchy ha informado (La Vanguardia 8.06.2020) que el cierre de la planta de la zona Franca de Barcelona se debe al reducido grado de utilización de la factoría, que, en concreto, en el último año y medio (aproximadamente desde inicios de 2019), ha sufrido una pérdida continuada de modelos, hasta situarse en un 20% de su capacidad productiva. A ello se suma la decisión de no fabricar por parte de Mercedes-Daimler su pick up X Class.

El sector del automóvil ha generado una abundante literatura en el ámbito académico. En general podrían clasificarse los trabajos en dos ámbitos; 1) el global, abarcando al sector del automóvil en su conjunto y 2) el asociado a nivel de empresa o planta productiva, Como indican Sáenz y Salas (2012), algunos referentes a nivel global pueden ser Catalán (2000), Sudría y San Román (2000) entre otros. A nivel de empresa Catalán (2006), Tappi (2007) para Seat; Fernández de Sevilla (2010) sobre Fasa-Renault entre otros; Estape (1997) sobre Motor Ibérica, Garcia-Ruiz y Santos Redondo (2001) sobre Barreiros y Sáenz y Salas (2012) sobre la planta productiva de GM en Zaragoza. En el ámbito internacional, es posible encontrar trabajos interesantes que analicen el sector del automóvil, como por ejemplo (Darlington et al 1992) o Lieberman y Dhawan (2005). Estos autores utilizan métodos paramétricos con fronteras de producción y comparación de empresas a nivel internacional.

En este trabajo se analiza la eficiencia y la productividad total de los factores (PTF) de las empresas del sector del automóvil en España en el periodo 1994-2018, con una metodología que distingue dos fases. En la primera, se realiza un análisis Intra-empresa a partir de las siete principales empresas del sector en España Ford, Nissan, Volkswagen, Peugeot-Citroën, Seat, Opel, Renault., lo que representa cerca el 95% de las 17 fábricas de automóviles ubicadas en España, donde se fabrican 43 modelos de los

✉  Justo de Jorge-Moreno *
<https://orcid.org/0000-0002-8326-3046>

 Fernando Merino **
<https://orcid.org/0000-0002-4426-6623>

*Facultad de Ciencias Económicas, Empresariales y Turismo
Universidad de Alcalá. Plaza de la Victoria 2(Alcalá de
Henares-Madrid)

** Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Murcia
Campus de Espinardo. E-30100 Murcia (Spain)

que casi el 50% se realiza en exclusiva mundial y cerca del 50% de la cuota de mercado. Autores como Boussofiane et al. 1997 o recientemente De Jorge-Moreno y Rojas (2016) o De Jorge-Moreno y Huertas (2018) han trabajado de esta forma, con metodologías no paramétricas. En la segunda fase, se estimará la PTF a través de los índices de Malmquist (MALM) y Hicks-Moortesen (HM) comparando Inter empresas/años. En esta fase, se prestará atención a las ventajas de la configuración de los datos disponibles, trabajando con fronteras intertemporales y por subperiodo. Además, se considerarán dos procesos de decisión en la gestión de recursos según el horizonte temporal de cada uno. El relativo al corto plazo, los cambios que se produzcan en la gestión pueden ser sensibles a efectos exógenos y estos pueden tener respuestas desde el lado de los gerentes para ajustar los procesos productivos. El medio o largo plazo donde las decisiones tecnología de procesos, que determinan la capacidad productiva permanecen constantes en el tiempo. En este planteamiento se sigue la propuesta de Tribó, Surroca, y Prior (2016).

Este trabajo se organiza de la forma siguiente. En el apartado siguiente se informa sobre los datos y metodologías utilizadas. El apartado tercero se recogen los principales resultados. El apartado cuarto destaca la relevancia del trabajo y las implicaciones para el sector del automóvil.

2. Datos, Metodología y Métricas

Algunos autores como Sáenz y Salas (2012) señalan la importancia de medir la eficiencia en el nivel más detallado posible de la unidad de producción y realizar las estimaciones por separado, cuando se analicen diferentes empresas. Aunque trabajar tomando la fábrica como unidad de análisis hubiera sido lo óptimo desgraciadamente esta información no está disponible para agentes externos por lo que el análisis se ha realizado tomando la empresa como unidad. Otro rasgo del análisis es que, dado que es imposible realizar este con unidades físicas, el estudio se ha hecho, de la forma habitual tomando medidas monetarias de los outputs e inputs utilizados, deflactándolas, con el índice de precios más próximo al sector, para descontar los efectos derivados de la variación de precios. Como output, se han utilizado las ventas y como inputs el empleo, el inmovilizado material y los materiales. Estas variables, son las habitualmente empleadas en la literatura, recogidas en algunos de los trabajos ya citados.

En la primera fase de análisis propuesta, la estimación de la frontera de producción por empresa no genera especiales problemas de carácter técnico. Sin embargo, en la segunda fase al provenir los datos de empresas diferentes se multiplican los problemas de agregación y homogeneidad, en la misma dirección que la determinación del tipo de tecnología con los parámetros estimados Sáenz y Salas (2012), en este caso índices. Así mismo no es posible determinar si se han producido cambios relevantes, en los modelos a fabricar o en los procesos productivos en las empresas analizadas. Como es sabido, el sector de automóvil ha sido y es un referente en innovaciones de proceso y organizativas, que incluso han generado sus propios paradigmas como es el caso del fordismo o el toyotismo; en la misma línea se sitúan los efectos derivados de la utilización e incorporación de nuevos materiales.

Los datos utilizados en este trabajo provienen de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos), de la empresa Informa que recopila los estados financieros de los Registros Mercantiles de cada región. En particular el sector analizado es el que se corresponde con la Fabricación de Vehículos de Motor (2910) de la clasificación de Actividades Económicas, CNAE-2009.

Como se indicó en la introducción, la estrategia de análisis consiste en dos fases: en primer lugar, se estima la eficiencia intraempresa, por métodos no paramétricos DEA (Data Envelopment Analysis) y DEA Bootstrap (a modo de complemento), tomando los años con unidad de análisis (DMU decisión Making Unit por sus siglas en inglés). En segundo lugar, se calculan los índices MALM y HM comparando Inter empresas/años. En esta segunda fase, para poder estimar la PTF, se han agrupado todas las empresas, bajo una única frontera y dividido el periodo mencionado en dos subperiodos 1994-2006 y 2006-2018. Con ello se ha utilizado un criterio de análisis intertemporal y Windows a la vez, por lo que los resultados son consecuencia de diferentes observaciones.

La tabla 1 muestra la estadística descriptiva del output e inputs utilizados para las estimaciones de la eficiencia y productividad según empresa, para el periodo de análisis.

Tabla 1 Estadística descriptiva de los output e inputs utilizados en miles de euros. Valores medios 1994-2018.

Fuente: SABI y elaboración propia

Empresa		Ventas	Empleo	Inmovilizado Material	Materiales	Intensidad Capital
Nissan	Media	2.422.072	5.670	656049	1727452	115.69
	Dev. Est.	787.795	736	93651	590867	
Ford	Media	7.354.682	8.590	1069567	5931318	124.51
	Dev. Est.	3.732.496	1532	702249	3493887	
Seat	Media	6.137.920	12770	1043000	4391840	81.67
	Dev. Est.	1.904.723	1344	419820	1426661	
Renault	Media	5.201.017	11517	886959	4287141	77.01
	Dev. Est.	1.412.261	1329	299207	1282504	
Peugeot-Citröen	Media	4.886.176	10406	449371	3949462	43.18
	Dev. Est.	1.229.006	2352	144888	1058085	
Volkswagen	Media	2.286.468	4760	501351	1891216	105.31
	Dev. Est.	568.983	494	101115	524227	
Opel	Media	4.845.856	7392	585571	3904634	79.21
	Dev. Est.	941.830	1458	245117	829768	
Sector	Media	4.733.455	6895.9	741695	3726152	89.51
	Dev. Est.	1.389.921	1320.7	286578	1315143	

Como se puede observar, existe una gran heterogeneidad entre las siete empresas implantadas en España, tanto en lo que se refiere a su tamaño (Seat o Renault superan los 10.000 trabajadores de media, mientras que Volkswagen o Nissan se sitúan en el entorno de los 5.000), pero también atendiendo a la intensidad de capital (Inmov. Mat/Empleo) la empresa Ford tienen la mayor ratio seguida por Nissan y Volkswagen. Mientras que Peugeot_Citröen, Renault y Opel la menor. Una sencilla medida de productividad muestra que las ventas por trabajador de Ford son muy superiores a las del resto de empresas, con la excepción de Opel que se sitúa en una posición intermedia. En relación a la distancia de las siete empresas y los valores medios del sector, en general Nissan y Volkswagen, se encuentra por debajo de la media en el valor de output e inputs. Sin embargo, estas mismas empresas, se encuentran por encima de la media en intensidad de capital, además de la empresa Ford.

Eficiencia

El ejercicio matemático de cálculo de la eficiencia consiste en resolver, para cada observación, un programa lineal que determine la cantidad máxima de output a partir de los inputs utilizados. Este resultado proporciona una relación de eficiencia radial, que establece la ineficiencia de una empresa a partir de la cuál (Θ^*), es el incremento proporcional que puede producirse en su output con sus inputs. El modelo original fue desarrollado por (Charnes et al. 1978) asumiendo rendimientos constantes (RCE). Posteriormente, el modelo de (Banker et al. 1984) introduce rendimientos variables a escala (RVE).

El programa lineal (PL), que debe ser resuelto de acuerdo con (Charnes et al. 1978) utilizando la nomenclatura de Pastor (1995) es el siguiente:

$$\text{Max } \phi_{rs}^h \quad h = 1, \dots, H; \quad r, s = 1, \dots, T \quad (1)$$

s.a

$$\sum_{h=1}^H \lambda_h y_{nh}^r \geq y_{nh}^s \quad n = 1, \dots, N \text{ outputs} \quad (1.1)$$

$$\sum_{h=1}^H \lambda_h x_{mh}^r \geq \phi_{rs}^h x_{mh}^s \quad m = 1, \dots, M \text{ inputs} \quad (1.2)$$

$$\lambda_h \geq 0 \quad (1.3)$$

Donde H hace referencia a la empresas o unidades de análisis del periodo r que producen N outputs utilizando M inputs, por cada empresa del periodo s. La unidad de tiempo corresponde a un año efectivo en el que se construiría la frontera. En esta medición subyace una orientación a la producción (obtener el máximo producto a partir de los inputs utilizados) frente a la alternativa que sería la minimización de costes (reducción de los inputs para obtener el volumen de output deseado) lo cual es consistente con el objetivo de crecimiento y expansión internacional que pueden tener las empresas analizadas. El análisis empírico considerará tanto RCE como RVE, para prestar atención a la ineficiencia de escala. Por tanto, con RVE se considera una restricción adicional sobre la suma de pesos $\sum_{h=1}^H \lambda_h = 1$.

Recientemente Tribó, Surroca y Prior (2016) han desarrollado la idea de trabajar con estimaciones DEA a partir de un panel de datos. El planteamiento DEA intertemporal, Tulkens y Vanden Eeckaut (1995) supone trabajar con los datos de forma longitudinal. Este procedimiento, ofrece una ventaja considerable frente al análisis DEA contemporáneo, dado que en lugar de considerar una única observación por empresa (cada año) se considerarían tantas observaciones como años, lo que proporciona resultados más robustos. En línea con Tribó, Surroca y Prior (2016), se utiliza una observación (año) adicional para cada empresa de forma individual. Esta observación adicional sería la suma de los inputs y output de las observaciones (1994-2018), se estima el DEA y se atiende únicamente a la información que muestran los índices del año ficticio creado. Los resultados de esta estimación se pueden considerar como los que proporcionan una caracterización estructural de las distintas empresas en la medida en que no responden a la situación de un año específico, sino de un largo periodo. De algún modo, las diferencias entre las empresas podrían explicarse por factores organizativos o tecnológicos, su aprovisionamiento, la utilización y explotación de recursos intangibles como marca, reputación, acceso a suministradores, etc.

Productividad total de los factores

Para la estimación de la productividad, se utilizarán los índices de MALM propuesto inicialmente por Caves, Christensen y Diewert (1982), entre otros, que han proporcionado descomposiciones de la PTF basadas en este índice (Färe et al. 1994; Balk 2001; Lovell 2003). Como señalan (Aparicio et al. 2018) mencionado en (De Jorge-Moreno et al. 2020) a pesar de su gran popularidad en el ámbito científico, algunos autores indican dos

limitaciones a considerar con esta metodología; i) MALM no es multiplicativamente completo, ya que no puede expresarse como una relación entre un índice de cantidad de producción de MALM y un índice de cantidad de output de MALM (O'Donnell 2008). Este autor sugiere que no puede descomponerse satisfactoriamente en cambios técnicos significativos, cambios de eficiencia o componentes de cambio de eficiencia de escala ii) MALM no satisface la transitividad, O'Donnell (2011). En este sentido, autores como Russell (2018) mencionan que cuando se comparan los índices de MALM y HM, el primero es una medida del cambio tecnológico (cambio en la frontera de producción) mientras que el segundo es una medida (más amplia) del cambio en la productividad total de los factores (incorporando los efectos del movimiento a lo largo de la frontera, así como el cambio de la frontera) Grifell-Tatjé y Lovell [1995].

En este trabajo, en línea con O'Donnell (2011) al objeto de evitar cualquier suposición restrictiva y empíricamente probada acerca de la tecnología, se estiman MALM y HM asumiendo RCE que permiten tanto el progreso técnico como la regresión. De acuerdo con este autor el planteamiento matemático es el siguiente:

Las ecuaciones 2 y 3 muestran los vectores de outputs e inputs respectivamente

$$Y(y_{it}) = D_o^T(x_o, y_{it}) \quad (2)$$

$$X(x_{it}) = D_o^T(x_{it}, y_o) \quad (3)$$

Donde $x = (x_1, \dots, x_k) \in R_+^k$ y $q = (q_1, \dots, q_j) \in R_+^j$ denotan los vectores de los inputs y outputs respectivamente. Se asume que para cada periodo t se observan h observaciones con diferentes inputs y outputs, denotados como (y_j^t, x_k^t) cuya referencia tecnológica sería $D^t(y_j^t, x_k^t) \in R_+^k \times R_+^j$:donde x_k^t produce y_j^t .

La obtención de MALM de forma simplificada, se realiza desde la ecuación 4.

$$M_I^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (4)$$

La obtención de HM vendría definida por la ecuación 5

$$M_I^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{QI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})}{XI^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1})} \quad (5)$$

$$\frac{\left[\frac{D_o^t(x^t, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^t)} \right]^{1/2}}{\left[\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^t)}{D_o^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^{t+1})} \right]^{1/2}}$$

El numerador y denominador de la ecuación 5, se relaciona con los índices agregados de los outputs e inputs respectivamente. Valores obtenidos mayores/menores de

Tabla 2 Evolución de la eficiencia con RCE, RVE y escala para el conjunto de empresas analizadas

Fuente: elaboración propia

Años	NISSAN				FORD			
	RCE	RVE	Escala	Tipo	RCE	RVE	Escala	Tipo
1994	0.84	0.85	0.989	irs	0.65	1	0.648	irs
1995	0.83	1	0.828	irs	0.62	0.86	0.721	irs
1996	0.85	0.86	0.983	irs	0.53	0.6	0.872	irs
1997	0.98	1	0.98	irs	0.52	0.61	0.852	irs
1998	0.98	1	0.977	irs	0.52	0.59	0.883	irs
1999	0.98	1	0.978	irs	0.6	0.73	0.821	irs
2000	0.93	0.93	0.996	irs	0.66	1	0.658	irs
2001	0.84	0.85	0.991	drs	0.62	1	0.624	irs
2002	0.86	0.86	0.998	irs	0.59	0.83	0.709	irs
2003	0.78	0.81	0.962	irs	0.66	0.98	0.676	irs
2004	0.79	1	0.787	irs	0.74	0.83	0.894	irs
2005	0.83	0.89	0.93	drs	1	1	1	-
2006	0.82	0.93	0.88	drs	0.91	0.96	0.951	drs
2007	0.79	1	0.794	irs	1	1	1	-
2008	0.97	1	0.967	drs	0.87	0.87	0.996	drs
2009	0.9	0.9	0.993	irs	0.9	1	0.904	irs
2010	0.77	0.84	0.916	irs	0.85	0.9	0.943	irs
2011	0.9	0.95	0.949	irs	0.88	0.99	0.889	irs
2012	0.99	0.99	0.993	drs	0.73	0.79	0.932	irs
2013	1	1	1	-	0.75	0.76	0.982	drs
2014	0.93	0.93	0.997	irs	0.73	0.83	0.883	drs
2015	0.94	0.95	0.99	irs	0.86	0.95	0.901	drs
2016	1	1	1	-	1	1	1	-
2017	1	1	1	-	1	1	1	-
2018	1	1	1	-	1	1	1	-
Media	0.9	0.96	0.982		0.77	0.96	0.982	
DE	0.08	0.07	0.065		0.17	0.14	0.125	
Max.	1	1	1		1	1	1	
Min.	0.77	0.81	0.787		0.52	0.59	0.624	
% eficientes	16%	44%	16%		20%	36%	20%	
% irs				64%				60%
% drs				20%				20%

Tabla 2
(continuación)

Fuente:
elaboración
propia

Años	SEAT				RENAULT				PEUGEOT-CITROËN			
	RCE	RVE	Escala	Tipo	RCE	RVE	Escala	Tipo	RCE	RVE	Escala	Tipo
1994	0.97	1	0.974	irs	0.96	1	0.96	irs	0.99	1	0.993	irs
1995	1	1	1	-	0.984	1	0.984	irs	0.97	0.97	0.994	irs
1996	1	1	1	-	0.961	0.97	0.988	irs	0.97	0.97	0.996	irs
1997	0.95	0.95	0.998	irs	0.95	0.96	0.992	irs	0.98	0.98	0.997	irs
1998	0.94	0.94	0.998	irs	0.994	1	0.997	irs	1	1	0.995	irs
1999	0.89	0.89	0.992	drs	1	1	1	-	1	1	1	-
2000	0.89	0.9	0.993	drs	1	1	1	-	1	1	1	-
2001	0.89	0.9	0.993	drs	0.924	0.93	0.993	drs	0.97	0.97	0.999	irs
2002	0.92	0.92	0.998	drs	0.925	0.94	0.982	drs	0.94	0.95	0.998	irs
2003	0.92	0.92	1	drs	0.985	0.99	1	-	0.96	0.96	0.999	irs
2004	1	1	1	-	0.97	1	0.971	drs	0.98	0.98	0.997	irs
2005	0.92	0.92	0.999	-	0.959	0.98	0.981	drs	0.91	0.92	0.99	drs
2006	0.94	0.95	0.99	irs	0.939	0.95	0.994	drs	0.92	0.95	0.967	drs
2007	0.96	0.99	0.969	irs	0.981	1	0.981	irs	0.96	1	0.956	drs
2008	0.93	0.97	0.952	irs	0.923	1	0.923	irs	0.96	0.98	0.979	drs
2009	0.97	1	0.969	irs	0.956	0.97	0.986	irs	0.99	0.99	0.999	irs
2010	0.98	1	0.98	irs	0.987	1	0.987	irs	1	1	1	-
2011	0.96	0.97	0.983	irs	0.973	0.98	0.99	irs	0.95	0.96	0.998	drs
2012	0.93	0.97	0.96	irs	0.944	1	0.944	irs	0.95	0.95	0.997	irs
2013	0.94	1	0.935	irs	1	1	1	-	0.99	0.99	0.999	drs
2014	0.96	1	0.959	irs	0.966	1	0.966	irs	1	1	0.999	irs
2015	0.87	0.95	0.918	irs	0.984	0.99	0.998	irs	1	1	1	-
2016	0.97	0.97	1	irs	1	1	1	-	0.99	1	0.986	irs
2017	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	-
2018	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	0.999	irs
Media	0.95	0.96	0.982		0.971	0.96	0.982		0.97	0.96	0.989	
DE	0.04	0.04	0.023		0.026	0.02	0.019		0.03	0.02	0.989	
Max.	1	1	1		1	1	1		1	1	0.989	
Min.	0.87	0.89	0.918		0.923	0.93	0.923		0.91	0.92	0.989	
% eficientes	20%	36%	28%		24%	52%	28%		20%	36%	0.989	
% irs				52%				52%				56%
% drs				20%				20%				24%

Tabla 2 (continuación)

Fuente: elaboración propia

Años	VOLKSWAGEN				OPEL			
	RCE	RVE	Escala	Tipo	RCE	RVE	Escala	Tipo
1994	1	1	1	-	0.98	0.99	0.99	irs
1995	0.98	0.99	0.991	irs	0.99	1	0.99	irs
1996	1	1	1	-	0.98	0.99	0.99	irs
1997	1	1	1	-	1	1	1	-
1998	0.98	0.99	0.99	drs	1	1	1	-
1999	0.98	1	0.983	drs	0.95	0.95	0.999	drs
2000	0.96	0.99	0.978	drs	0.91	0.91	0.994	drs
2001	0.97	0.99	0.976	drs	0.89	0.9	0.992	drs
2002	0.96	0.98	0.984	drs	0.93	0.93	0.995	drs
2003	0.97	0.97	0.997	drs	0.95	0.97	0.978	drs
2004	0.98	0.98	0.999	irs	0.95	1	0.945	drs
2005	0.97	0.98	0.995	irs	0.95	0.95	0.995	drs
2006	0.97	0.98	0.989	irs	0.96	0.97	0.998	drs
2007	0.99	1	0.986	irs	1	1	1	-
2008	0.97	0.98	0.991	irs	0.93	0.95	0.985	irs
2009	0.96	0.97	1	-	0.95	0.98	0.966	irs
2010	0.98	0.99	0.991	drs	0.94	0.97	0.97	irs
2011	0.99	1	0.99	drs	0.94	0.98	0.962	irs
2012	0.99	0.99	0.999	drs	1	1	1	-
2013	1	1	0.998	irs	0.95	1	0.945	irs
2014	1	1	1	-	0.93	0.98	0.95	irs
2015	1	1	1	-	0.95	0.99	0.961	irs
2016	1	1	0.998	irs	0.91	1	0.912	irs
2017	0.99	0.99	1	-	0.91	0.96	0.949	irs
2018	1	1	1	-	1	1	1	-
Media	0.98	0.96	0.982		0.95	0.96	0.982	
DE	0.01	0.01	0.007		0.03	0.03	0.024	
Max.	1	1	1		1	1	1	
Min.	0.96	0.97	0.976		0.89	0.9	0.912	
% eficientes	24%	32%	32%		20%	36%	20%	
% irs				32%				48%
% drs				36%				32%

Como puede apreciarse los patrones de eficiencia de escala son diferentes. Por ejemplo Ford o Nissan muestran trayectorias oscilantes, en la primera mitad del periodo fundamentalmente. Sin embargo Volkswagen o Peugeot-Citröen tiene una pauta de comportamiento más lineal proximas a la frontera.

En la tabla 3 se analiza el efecto de la crisis económica de 2008 al comparar los resultados obtenidos para el primer subperiodo (1995-2006) con los del segundo (2006-2018). Para ello, se realiza un contraste ANOVA y KRUSKAL-WALLIS diferenciando el periodo crisis con una variable factor que toma el valor 1 o 0. Con la salvedad de la empresa Seat, que disminuye su eficiencia de escala, el resto no muestra diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 3 Efecto de la crisis en la eficiencia de escala
 Fuente: elaboración propia

	Periodo de crisis económica			
	No	Si	Estadístico	Pvalor
Nissan	0.947	0.973	0.266	0.606
Ford	0.845	0.932	1.264	0.261
Seat	0.990	0.962	9.953	0.002
Renault	0.990	0.970	2.936	0.087
Peugeot-Citroën	0.992	0.995	0.540	0.462
Volkswagen	0.992	0.995	0.418	0.518
Opel	0.982	0.968	2.406	0.121

Productividad

La tabla 4, muestra los valores de MALM y HM para las siete empresas. Se incluye el cambio en la eficiencia progreso técnico y productividad total de los factores (Δ_{eff} , Δ_{tech} y Δ_{ptf} respectivamente). Con la excepción de Renault y Seat que presentan pérdidas de PTF, el resto de las empresas muestra ganancias en su productividad total de los factores cuando se mide con el índice MALM. En concreto las empresas Ford, Nissan y Volkswagen, recogen

incrementos del 20,5; 19,4 y 18,6 por ciento respectivamente. Como puede verse, las causas de los incrementos de PTF son debidas tanto a las ganancias en eficiencia (Δ_{eff}), como al progreso tecnológico (Δ_{tech}) si bien el resultado es diferente entre empresas, mientras que Nissan es la empresa que más ha mejorado su eficiencia, el mayor progreso tecnológico lo ha experimentado Volkswagen.

Tabla 4 Índices de la PTF y sus componentes según metodologías Malmquist y Hicksmoortesen
Fuente: elaboración propia

Empresa	MALMQUIST			HICKSMOORTESEN				
	effch	techch	tfpch	Outputs	Inputs	effch	techch	tfpch
Ford								
Media	1.426	1.076	1.205	2.413	1.639	1.181	1.217	1.459
DE	0.290	0.055	0.310	1.044	0.596	0.284	0.202	0.469
Max.	1.805	1.169	1.574	4.323	2.792	1.701	1.788	2.176
Min.	0.931	0.985	0.416	0.289	0.477	0.606	1.000	0.606
Nissan								
Media	2.309	1.398	1.194	1.419	1.019	1.157	1.214	1.405
DE	0.412	0.291	0.197	0.501	0.175	0.341	0.048	0.408
Max.	3.046	1.921	1.485	2.618	1.332	1.911	1.280	2.220
Min.	1.776	1.066	0.687	0.685	0.742	0.435	1.161	0.514
Volkswagen								
Media	1.866	1.733	1.186	1.442	1.058	1.133	1.221	1.380
DE	0.427	0.578	0.099	0.249	0.148	0.222	0.074	0.265
Max.	3.165	3.412	1.349	2.124	1.263	1.786	1.280	2.112
Min.	1.566	1.168	0.987	1.143	0.845	0.817	1.043	1.045
Opel								
Media	1.186	1.025	1.055	0.950	0.854	0.962	1.235	1.206
DE	0.175	0.017	0.285	0.332	0.332	0.167	0.236	0.441
Max.	1.517	1.046	1.881	1.626	1.329	1.309	1.988	2.602
Min.	0.928	0.983	0.753	0.616	0.255	0.762	1.047	0.883
Peugeot-Citroen								
Media	1.304	1.061	1.104	1.466	1.207	0.847	1.444	1.191
DE	0.260	0.084	0.147	0.786	0.499	0.210	0.310	0.249
Max.	1.723	1.269	1.255	3.299	2.302	1.120	1.988	1.535
Min.	0.961	0.993	0.782	0.719	0.709	0.533	1.280	0.711
Renault								
Media	1.422	1.036	0.998	1.249	1.227	0.815	1.249	1.013
DE	0.155	0.022	0.059	0.281	0.205	0.116	0.058	0.111
Max.	1.694	1.070	1.060	1.695	1.493	1.048	1.280	1.156
Min.	1.148	0.994	0.892	0.828	0.910	0.656	1.083	0.829
Seat								
Media	1.366	1.048	0.926	1.402	1.526	0.865	1.172	1.017
DE	0.277	0.066	0.185	0.436	0.915	0.181	0.078	0.243
Max.	1.761	1.186	1.239	2.250	3.550	1.097	1.280	1.405
Min.	0.878	0.947	0.619	0.936	0.938	0.476	1.030	0.567
Sector								
Media	1.552	1.197	1.095	1.477	1.218	0.994	1.250	1.239
DE	0.285	0.159	0.183	0.518	0.410	0.217	0.144	0.312
Max.	2.102	1.582	1.406	2.562	2.009	1.425	1.555	1.887
Min.	1.170	1.019	0.734	0.745	0.697	0.612	1.092	0.737

Con la propuesta metodológica HM todas las empresas exhiben ganancias en PTF. En concreto del 45,9; 40,5; 38,0; 20,6; 19,1; 1,3; y 1,7 por ciento, Ford, Nissan, Volkswagen, Opel, Peugeot-Citroën, Renault y Seat respectivamente, es decir en términos del índice HM, se concluye que estas son las mejoras en la PTF de estas empresas a lo largo de periodo. La ventaja del índice HM es que permite descomponer la mejora en la PTF como el producto de las mejoras en la eficiencia y el cambio técnico. Como puede verse en la tabla, las mejoras en la PTF en el caso de Ford, Nissan y Volkswagen son el resultado tanto de una mejora en la eficiencia como en el progreso técnico. Debe notarse que, para estas tres empresas, el efecto del progreso técnico es similar (en el orden del 21-22%) habiendo una mayor dispersión en la mejora en la eficiencia (entre el 13% de Volkswagen y el 18% de Ford con Nissan

en una posición intermedia. Las otras cuatro empresas (Opel, Peugeot-Citroën, Renault y Seat) experimentan una situación desigual. Si bien todas tienen una mejora en su PTF (mínima en el caso de Renault y Seat) esta se debe al progreso técnico (especialmente importante para Peugeot-Citroën) aunque no consiguen mejorar su eficiencia técnica, al contrario, experimentan reducciones de esta.

En relación con los valores medios del sector, en la parte inferior de la tabla, en el caso de MALM, las empresas Renault y Seat, se encuentran por debajo de la media en PTF, mientras que, con HM, tan solo Ford, Nissan y Volkswagen, se encuentran por encima.

De forma complementaria, la figura 2 recoge las diferentes trayectorias de la PTF y sus componentes de acuerdo con la propuesta HM.

Figura 2 Trayectorias de la PTF y sus componentes de acuerdo con la propuesta HM.

Fuente: elaboración propia

Leyenda:

Δt_{fp} = Crecimiento de la productividad

Δt_{ech} = Progreso tecnológico

Δe_{eff} = Crecimiento de la eficiencia



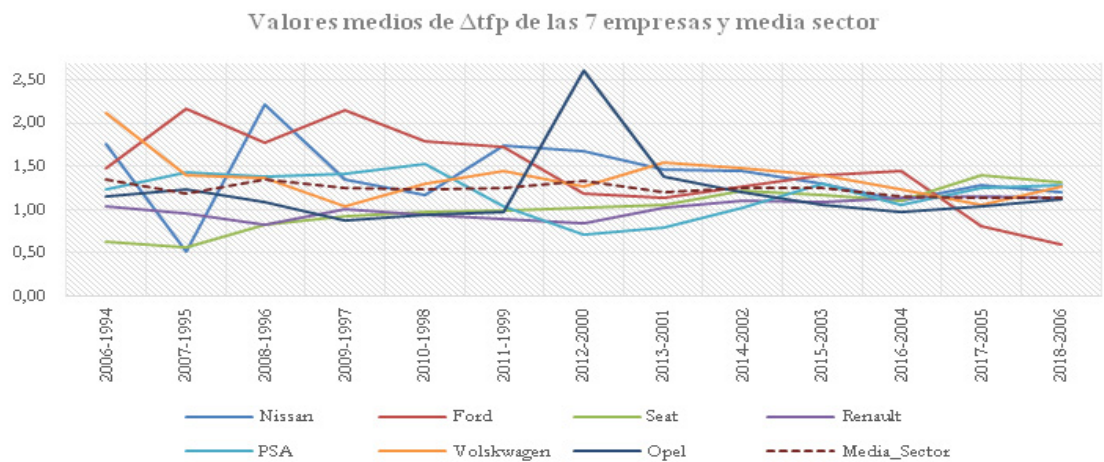
Como puede apreciarse en la figura 2, las diferencias de patrones de evolución de la PTF y sus componentes son evidentes. Por ejemplo, Nissan o Volkswagen mantienen valores generalmente superiores a 1 en PTF (Δt_{fp} línea de color gris), indicando incrementos de productividad. Sus componentes $\Delta tech$ y Δeff , no mantienen la misma trayectoria, aunque no llegan a ser antagonistas. En la empresa Ford, pueden apreciarse, dos fases, una de alto crecimiento y otra de menor, manteniendo sus componentes trayectorias antagónicas en la primera y de seguimiento en la segunda. En Renault la PTF tiende a estar en valores por debajo de 1 y sus componentes tienen la misma trayectoria. Finalmente, Peugeot-Citroën y Opel muestran patrones bien

diferenciados. En el caso de la primera, porque la PTF, es el resultado de un comportamiento claramente antagonista de sus componentes $tech$ y eff . Mientras que la segunda, la PTF sigue la misma trayectoria que sus componentes con fuerte pronunciamiento en el centro de la tendencia.

En la figura 3, se muestra la evolución de la PTF de las empresas y la media del sector. Las empresas Seat, PSA, Opel y Renault se sitúan generalmente por debajo de la media del sector, especialmente las dos últimas. Frente a Volkswagen, Nissan y Ford cuyas trayectorias se encuentran por encima del periodo de análisis.

Figura 3 Trayectorias de la PTF de las empresas analizadas y media del sector

Fuente: elaboración propia



Finalmente, en la tabla 6, se muestran los valores de la PTF y sus componentes según las metodologías propuestas y bajo la consideración de largo plazo expuesta en la sección de metodología. En el caso de MALM más del 50% de las empresas muestra crecimientos de la PTF, especialmente Nissan y Ford con un 19,6 y 16,5 por ciento respectivamente. Las causas relacionadas con estas ganancias son debidas a un comportamiento antagonista relacionado con incrementos

de la eficiencia y regreso tecnológico. Este resultado, en principio, es poco esperado. Que se produzcan situaciones de regreso tecnológico, puede estar relacionado al menos, con la no incorporación de las tecnologías de proceso u organizativas en el momento adecuado o/y inadecuada elección de aquellas. En el caso de la propuesta con HM, tan solo Seat y Renault, no experimenta ganancias de la PTF.

Tabla 6 Índices de la PTF y sus componentes según metodologías Malmquist y Hicks-Moortensen en el Largo plazo

Fuente: elaboración propia

	MALMQUIST			HICKSMOORTESEN		
	$\Delta effch$	$\Delta techch$	Δt_{fpch}	$\Delta effch$	$\Delta techch$	Δt_{fpch}
Nissan	2.3200	0.5160	1.1960	1.2804	1.0584	1.3552
Ford	1.2910	0.9020	1.1650	1.0657	1.2824	1.3666
Seat	1.4240	0.6570	0.9360	1.2804	0.6998	0.8961
Renault	1.4000	0.7010	0.9810	1.2804	0.7572	0.9695
Peugeot-Citroën	1.2440	0.8490	1.0570	1.2804	0.8523	1.0913
Volkswagen	1.8280	0.6360	1.1630	1.1830	1.1610	1.3734
Opel	1.1980	0.8290	0.9930	1.2804	0.7951	1.0180

Sin embargo, a diferencia de la propuesta con MALM, las empresas Nissan, Ford y Volkswagen obtienen aumentos de la PTF como consecuencia tanto del progreso tecnológico con de las ganancias de eficiencia

4. Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la eficiencia y la productividad total de los factores de las principales empresas españolas del sector del automóvil, por medio de metodologías no paramétricas, a través de los índices de Malmquist y de Hicks-Moorsteen. Como unidad de análisis se han utilizado los años de las empresas. En la primera fase se han empleado análisis de la eficiencia individualizados para cada una de las siete empresas en el periodo 1994-2018. En la segunda fase, para poder estimar la productividad, se han agrupado todas las empresas, bajo una única frontera y dividido el periodo mencionado en dos subperiodos 1994-2006 y 2006-2018. Con ello se ha utilizado un criterio de análisis intertemporal y Windows, por tanto, los resultados son consecuencia de diferentes observaciones.

Los principales resultados revelan incrementos de la productividad relevantes en el caso de la propuesta Hicks-Moortensen, especialmente en el caso de las empresas Ford, Nissan, Volkswagen, Opel, Peugeot-Citroën. En el caso de las tres primeras, sus incrementos se relacionan tanto con las ganancias en eficiencia como en el progreso tecnológico. Es importante considerar, que el sector del automóvil en general y en España en particular, es protagonista de importantes absorciones de innovaciones de proceso, de inversiones en formación y en capacidad productiva que parecen haber contribuido a la obtención de estos resultados. Por ejemplo, el caso de Nissan con un incremento del 40,5%, siendo la segunda por detrás de Ford, podría ilustrar este argumento, dado que a lo largo su dilatada historia, ha sido objeto de importantes decisiones organizativas, referidas a su colaboración con Ford en sus inicios, fabricando piezas de recambio, posteriormente como Nissan motor Ibérica, fabricando todo terrenos y furgonetas, entre otros.

La principal limitación de este trabajo está generada por la naturaleza de los datos. Por una parte, se emplean datos agregados para el total de la empresa en España, y no para cada una de sus fábricas (en consonancia con el origen de estos a partir del balance de cada empresa). Evidentemente, la productividad y la eficiencia puede ser distintas entre las distintas instalaciones productivas y un análisis diferenciado resultaría enriquecedor. Por otro lado, el haber empleado indicadores de inputs y outputs en términos monetarios, aunque deflactados, resulta la segunda mejor alternativa frente a medidas en términos de cantidades físicas. Estas dos limitaciones no pueden soslayarse sin información interna de las empresas que no está disponible para el análisis externo. Ello no obsta para que se haya podido hacer un análisis que muestra la situación de estas importantes empresas en el país.

Dada la importancia estratégica que tiene el sector del automóvil en la economía española, tanto por su contribución al PIB como al empleo, es importante considerar seriamente políticas industriales encaminadas a reforzar este sector. En este sentido actuaciones en apuestas a la innovación con carácter nacional, buscando tecnologías propias como medidas de inversión de proceso en las plantas productivas deberían ser un referente.

Se plantean dos posibles líneas para poder ampliar este trabajo. Por una parte, continuar con la mejora de los indicadores y mediciones de la eficiencia, utilizando datos de cada centro productivo (en lugar de empresa) lo que requiere la colaboración de las empresas a estudiar, o bien con medidas en términos físicos en lugar de monetarios, aún deflactados. La segunda línea se centraría en la búsqueda de los elementos que han hecho posible los cambios en la eficiencia (por ejemplo, la asignación de modelos a cada fábrica en función de sus características y dotación de recursos, implantación de técnicas organizativas o productivas, etc) y los factores que han hecho posible el progreso técnico (desde el esfuerzo en innovación, que puede ser interno o externo, a la incorporación de tecnologías de otros sectores que tienen un efecto desbordamiento sobre el sector del automóvil español).

5. Siglas y Abreviaturas

EPA= Encuesta Población Activa; DEA= Data Envelopment Analysis; DMU= Decision Making Unit; HM= Índices de Hicks-Moortensen; MALM= Índices de Malmquist; SABI= Sistema de Análisis de Balances Ibéricos; PTF= Productividad Total de los Factores; RCE= Rendimientos Constantes de Escala; RVE= Rendimientos Variables de Escala;

6. Referencias

1. Álvarez, D.(2020) <https://www.lavanguardia.com/economia/20200608/481672176549/entrevista-gianluca-de-ficchy-presidente-nissan-europa-cierre-fabricas-barcelona.html>
2. Asenador, S.H.(2020) <https://www.expansion.com/economia/politica/2020/06/14/5ee60eea468aeb01798b4593.html> (visitado 01.06.2020).
3. Balk, B. (2001): Scale efficiency and productivity change', *Journal of Productivity Analysis*, 15, 159–83
Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984), «Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis», *Management Science*, 30 (9), pp. 1078-1092.

4. Boussofiene, A., Martin, S., Parker, D. (1997). «The impact on technical efficiency of the UK privatization programme». *Applied Economics*, 29, pp. 297-310.
5. Catalán, J (2000). «La creación de la ventaja comparativa en la industria automovilística española, 1898-1999», *Revista de Historia Industrial*, 18, pp. 113-155.
6. Catalán, J. (2006), «La SEAT del Desarrollo, 1948-1972», *Revista de Historia Industrial*, 30, pp. 143-193.
7. Caves, D.W., Christensen, L.R and Diewert, E.(1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity». *Econometrica*, 50 (6), pp. 1393-1414.
8. Charnes, A.; Cooper, W. y Rhodes, E. (1978): «Measuring the Efficiency of Decision-Making Units. *European Journal of Operational Research*, 3, pp. 429-444.
9. De Jorge-Moreno, J. and Rojas Carrasco, O. (2016). «Efficiency, internationalization and market positioning in textiles fast fashion The Inditex case». *International Journal of Retail & Distribution Management* 44 (4), pp. 397-425.
10. De Jorge-Moreno, J. and De Jorge-Huertas, V.(2017) «Strategies of growth, internalization and efficiency in Spanish construction sector: The case of the six biggest companies». *Global Journal of Engineering Science and Research Management*, 4 (5), 19–24.
11. De Jorge-Moreno, J., González Santos, A., Vegas Melero, J.J y Cepeda Olmedo, M. (2020). «Análisis de la productividad en los Centros de Atención Primaria de la Comunidad de Madrid 2015-2017». *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*. (en prensa).
12. Estape Triay, S. (1997) «Del fordismo al toyotismo: una aproximación al caso de Motor Ibérica. Perspectiva histórica 1920-1995», *Economía Industrial*, 315, pp. 185-195.
13. Fare, R., Grosskopf, S., Norris. and Zhang, Z. (1994). «Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries», *American Economic Review*, 84(1), 66–83.
14. Fernández de Sevilla, T (2010) «Renault in Spain: From Assembly to Manufacture, 1961-72, *Business History*, 52 (3), pp. 471-492.
15. Garcia-Ruiz, J.L. y Santos Redondo, M. (2001). *¿Es un motor español! Historia empresarial de Barreiros*, Fundación Barreiros-Síntesis, Madrid.
16. Lieberman, M. B. y Dhawan, R. (2005), «Assessing the resource base of Japanese and U.S. auto producers: A stochastic frontier production function approach», *Management Science*, 51, pp. 1060-1075.
17. Lovell, C.A.K (2003). «The decomposition of Malmquist productivity indexes», *Journal of productivity analysis*, 20 (3), pp. 437–58.
18. O'Donnell, C. (2008). «Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios». *Empirical Economics*, 34 (2), pp. 255.
19. O'Donnell, C. J. (2011). "Econometric Estimation of Distance Functions and Associated Measures of Productivity and Efficiency Change." *Centre for Efficiency and Productivity Analysis Working Papers WP01/2011*. University of Queensland. <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/docs/WP/WP012011.pdf>
20. Pastor, J.M. (1995). Eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los Bancos y Cajas de Ahorro españolas. Un análisis frontera no paramétrico. *Revista española de economía* 12, nº 1, 35-74
21. Russell, R. (2018) *Theoretical productivity indices*. The Oxford handbook of productivity analysis. Edited by Emili Grifell-Tatjé, C. A. Knox Lovell, and Robin C. Sickles.
22. Sáenz, C., y Salas, V. (2012). «Cambio técnico en la industria del automóvil en España (1983-1992). Un estudio de caso.». *Revista de Historia Industrial*. 50, pp. 155-176.
23. Sudría, C y San Román, E. (2000). La industria del automóvil en España: una panorámica en AA.VV., Garaje. Imágenes del automóvil en la pintura española del siglo XX, Fundación Eduardo Barreiros, Madrid.
24. Tribó, J.A., Surroca, J. & Prior, D.: (2016) «Using Panel Data DEA to measure CEOs' Focus of Attention" », *Strategic Management Journal*, 37 (2), pp. 370–388.
25. Tappi, A (2007). «El fordismo en la industria europea del automóvil y la SEAT (1950-1970)», *Revista de Historia Industrial*, 34, pp. 97-128.

Anexo I

Estimaciones DEA bootstrap con RCE							
	Nissan	Ford	Seat	Renault	Peugeot-Citröen	Volkswagen	Opel
1994	0.8276	0.6115	0.9966	0.9466	0.9892	0.9824	0.9668
1995	0.8166	0.5849	0.9968	0.9752	0.9622	0.9720	0.9704
1996	0.8397	0.4872	0.9967	0.9521	0.9640	0.9874	0.9614
1997	0.9696	0.4817	0.9956	0.9408	0.9724	0.9905	0.9704
1998	0.9657	0.4804	0.9948	0.9798	0.9837	0.9690	0.9726
1999	0.9668	0.5555	0.9908	0.9702	0.9834	0.9701	0.9361
2000	0.9117	0.6162	0.9902	0.9760	0.9868	0.9581	0.8978
2001	0.8191	0.5758	0.9903	0.9143	0.9637	0.9581	0.8819
2002	0.8486	0.5392	0.9936	0.9158	0.9377	0.9587	0.9172
2003	0.7592	0.6103	0.9938	0.9771	0.9483	0.9643	0.9401
2004	0.7533	0.6919	0.9990	0.9603	0.9691	0.9704	0.9280
2005	0.7971	0.8017	0.9941	0.9481	0.9047	0.9678	0.9287
2006	0.7831	0.8154	0.9955	0.9248	0.9114	0.9622	0.9460
2007	0.7858	0.8282	0.9975	0.9717	0.9491	0.9810	0.9718
2008	0.9301	0.7907	0.9953	0.9117	0.9520	0.9687	0.9218
2009	0.8814	0.8271	0.9982	0.9480	0.9847	0.9607	0.9397
2010	0.7524	0.7805	0.9992	0.9781	0.9729	0.9715	0.9343
2011	0.8721	0.8056	0.9974	0.9632	0.9430	0.9793	0.9269
2012	0.9243	0.6864	0.9958	0.9358	0.9373	0.9794	0.9549
2013	0.9181	0.7046	0.9972	0.9816	0.9808	0.9897	0.9233
2014	0.8873	0.6893	0.9979	0.9553	0.9872	0.9829	0.9171
2015	0.9028	0.7998	0.9950	0.9683	0.9729	0.9834	0.9303
2016	0.9754	0.9223	0.9959	0.9704	0.9696	0.9892	0.8965
2017	0.9594	0.9123	0.9973	0.9810	0.9756	0.9902	0.8892
2018	0.9420	0.8928	0.9982	0.9784	0.9814	0.9871	0.9581
Media	0.8716	0.6997	0.9957	0.9570	0.9633	0.9750	0.9353
DE	0.0745	0.1390	0.0025	0.0224	0.0229	0.0111	0.0266
Max.	0.9754	0.9223	0.9992	0.9816	0.9892	0.9905	0.9726
Min.	0.7524	0.4804	0.9902	0.9117	0.9047	0.9581	0.8819