

OBSERVATORIO ECONÓMICO

¿Cuán vulnerable es el empleo en España a la revolución digital?¹

Rafael Doménech / Juan Ramón García / Miriam Montañez / Alejandro Neut

19 de marzo de 2018

Mensajes principales

- El objetivo de este Observatorio es determinar qué características condicionan la vulnerabilidad de los trabajadores españoles a la revolución digital. En concreto, se identifican los factores que afectan a la probabilidad de que un individuo desempeñe una ocupación con elevado riesgo de ser automatizada.
- Al igual que en las revoluciones industriales precedentes, el proceso de transformación tecnológica en curso creará nuevos empleos, tanto en los sectores innovadores como en los beneficiados por el efecto renta ocasionado por el cambio tecnológico. Sin embargo, la Cuarta Revolución Industrial también precipitará la automatización de numerosas tareas, lo que podría poner en riesgo hasta un 36% de los puestos de trabajo actualmente existentes en España.
- La identificación de los trabajadores más vulnerables a la revolución digital es una condición necesaria para minimizar los costes de transición individuales y sociales. Los resultados de las estimaciones muestran que la probabilidad de automatización disminuye con el grado de responsabilidad en la empresa, el nivel educativo, la disposición a participar en acciones formativas y la adopción de nuevas formas de trabajo –como el teletrabajo–, y es comparativamente reducida para los ocupados en educación, sanidad, servicios sociales, TIC, energía y actividades científico-técnicas. Las restantes características del trabajador –como el género, la edad, la nacionalidad, la antigüedad, el tipo de contrato y la situación laboral de procedencia– y de la empresa –como el tamaño– juegan un papel secundario para explicar el riesgo de digitalización.
- Con el objetivo de atenuar las repercusiones negativas del progreso tecnológico sobre el empleo, es imprescindible que los agentes económicos, privados y públicos, gobiernen el cambio. Para lograrlo, es necesario actuar en tres ámbitos:
 1. Educación. Es urgente invertir más y mejor en capital humano para que la población adquiera conocimientos y habilidades (cognitivas y no cognitivas) complementarios al progreso tecnológico.
 2. Regulación y mercado laboral. Deben acentuarse las reformas que traten de eliminar las barreras a la inversión y al crecimiento empresarial y facilitar la creación de empleo. Al mismo tiempo, es preciso mejorar la eficacia y la eficiencia de las políticas del mercado de trabajo.
 3. Redistribución. Será ineludible diseñar mecanismos que compensen a los damnificados por la revolución digital. Los márgenes de mejora de la cobertura y la eficiencia del estado del bienestar en España son amplios.

1: Este Observatorio resume los principales resultados del artículo de Doménech, García, Montañez y Neut (2018), de próxima publicación. Se agradecen los comentarios y sugerencias de Miguel Cardoso.

1. Introducción

El objetivo de este Observatorio es determinar qué características condicionan la vulnerabilidad de los trabajadores españoles a la revolución digital. En concreto, se identifican los factores que afectan a la probabilidad de que un individuo desempeñe una ocupación con elevado riesgo de ser automatizada.

Al igual que en las revoluciones industriales precedentes, el proceso de transformación económica, social y tecnológica en curso tendrá consecuencias relevantes sobre el mercado de trabajo. Sin embargo, el desenlace de estas repercusiones suscita cierta controversia. Algunos autores afirman que la automatización de tareas impulsada por la Cuarta Revolución Industrial causará una destrucción masiva de empleo². Opinan que los nuevos puestos de trabajo que el cambio tecnológico contribuirá a generar no serán suficientes para absorber la oferta de mano de obra y que, además, la calidad del empleo disponible se verá negativamente afectada. Con ello, defienden, se producirá una disminución a largo plazo de la participación del trabajo en el ingreso, generando ganadores y perdedores. Otros autores, en cambio, aseguran que la visión sombría de la robotización como destructora de empleo se debe a la dificultad para anticipar la aparición de nuevas ocupaciones³. Si bien reconocen que la automatización se materializará en un proceso de destrucción creativa –como en las revoluciones industriales precedentes–, opinan que los efectos netos serán positivos. Estos autores basan su visión en los beneficios económicos contrastados de las nuevas tecnologías. Éstas permiten reducir los costes de producción y los precios finales, y aumentar la calidad y diversidad de los productos, lo que podría contribuir a incentivar el consumo y, con ello, la creación de empleo.

Aunque es complicado anticipar cuál será el balance neto de la Cuarta Revolución Industrial en términos de empleo, sí resulta factible evaluar cómo pueden verse afectados los trabajadores en las ocupaciones actualmente existentes. Para ello, este Observatorio utiliza las probabilidades de automatización de cada ocupación, obtenidas por Frey y Osborne (2017), para determinar qué características personales y laborales condicionan el riesgo de que un trabajador en España pierda su empleo como consecuencia de la disrupción tecnológica.

Los resultados sugieren que hasta un 36% de los puestos de trabajo en España estaría en riesgo elevado de ser computarizado. Además, se estima que la probabilidad de automatización es mayor para los empleados sin cargos de responsabilidad, ocupados en la agricultura, el comercio, el transporte, la hostelería, la industria manufacturera y las actividades financieras e inmobiliarias, con bajo nivel educativo y con menor disposición a participar en acciones formativas o a adoptar nuevas formas de trabajo. Las restantes características del trabajador –como el género, la edad, la antigüedad, el tipo de contrato y la situación laboral de procedencia– y de la empresa –como el tamaño– juegan un papel secundario para explicar el riesgo de automatización.

El resto del Observatorio se estructura como sigue. En la sección 2 se realiza un análisis descriptivo sobre las características de los empleados en España en función de la automatización esperada de sus ocupaciones. En la sección 3 se presentan los resultados de un análisis de regresión que identifica los factores detrás de la probabilidad de computarización. Por último, en la sección 4, se discuten las principales conclusiones y se recomiendan algunas medidas de política económica.

2: Véanse Arent (2017), Frey y Osborne (2017), Acemoglu y Restrepo (2017), entre otros.

3: Véanse, por ejemplo, poner Moretti (2010), Mokyr, Vickers y Ziebarth (2015), Gregory, Salomons y Zierahn (2016) y Graetz y Michaels (2018).

2. Una caracterización de los trabajadores según el riesgo de automatización de su ocupación

Esta sección realiza una primera aproximación a los colectivos más expuestos a la revolución digital. Para ello, se utilizan las probabilidades de computarización⁴ de cada ocupación estimadas por Frey y Osborne⁵ (2017) y los microdatos de la muestra anual de la Encuesta de Población Activa (EPA) entre 2011 y 2016.

A partir de la información a tres dígitos de la Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO2011) y tras atribuir a cada ocupado de la EPA la probabilidad de automatización de la ocupación que desempeña⁶, se obtiene que el 36% del empleo en España se encontraría en riesgo elevado de digitalización⁷. Si bien los resultados muestran un panorama similar al estimado por Frey y Osborne (2017) para EE. UU., la orientación productiva de España, con un mayor peso de determinados servicios en el empleo, podría estar reduciendo el porcentaje de ocupados vulnerables a la computarización. Entre dichos servicios destacan las labores administrativas especializadas, la recepción en establecimientos hoteleros o los empleados domésticos.

En línea con la evidencia para otros países⁸, se aprecia que la distribución del empleo en España se encuentra polarizada (véase el Gráfico 1). En un extremo se sitúan aquellas ocupaciones vinculadas con la dirección, la ingeniería, la enseñanza o la salud, menos expuestas al riesgo de automatización. En el otro se encuentran aquellas tareas más rutinarias, como las administrativas, las ventas o el sector primario, susceptibles de poder ser desarrolladas por máquinas.

Aunque el porcentaje de ocupados en riesgo en España es similar al de Finlandia⁹ (35%) y menor que el de Alemania¹⁰ (59%), la evolución reciente del empleo no deja lugar a la complacencia. En concreto, durante la etapa de destrucción de empleo vivida entre 2011 y 2013, la mayor caída se concentró en las ocupaciones con media o alta probabilidad de automatización. Sin embargo, el empleo generado desde entonces tiene lugar en las ocupaciones peor posicionadas frente al avance tecnológico (véase el Gráfico 2).

4: En este documento se utiliza el término 'computarización' como sinónimo de 'automatización'.

5: El procedimiento para el cálculo de la probabilidad de automatización de cada ocupación por parte de Frey y Osborne (2017) tiene dos etapas. En la primera, un grupo de expertos valora entre 70 ocupaciones representativas cuáles podrían ser completamente automatizadas en un horizonte temporal de dos décadas. En la segunda, se utilizan los resultados de la primera etapa y la información sobre las características y tareas de cada ocupación -proporcionada por la base de datos O*NET- para estimar la probabilidad de automatización del conjunto de ocupaciones (702).

6: Para ello se emparejó la clasificación de ocupaciones utilizada por Frey y Osborne (2017), Standard Occupational Classification 2010 (SOC2010), con la Clasificación Nacional de Ocupaciones 2011 (CNO2011) mediante una doble correspondencia. La primera, entre la SOC2010 y la International Standard Classification of Occupations 2008 (ISCO-08) y la segunda, entre ésta y la CNO2011.

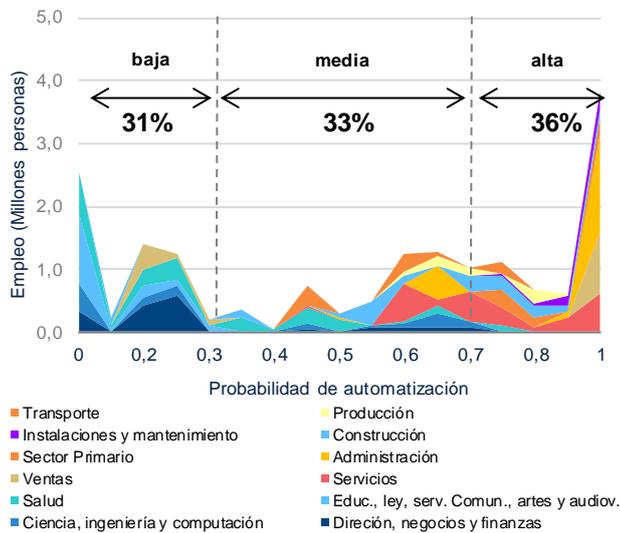
7: Similares a los obtenidos por Morron (2016).

8: Véanse Goos, Manning y Salomons (2009), Autor y Dorn (2013), Dauth (2014) y Autor (2015).

9: Véase Pajarinen y Rouvinen (2014).

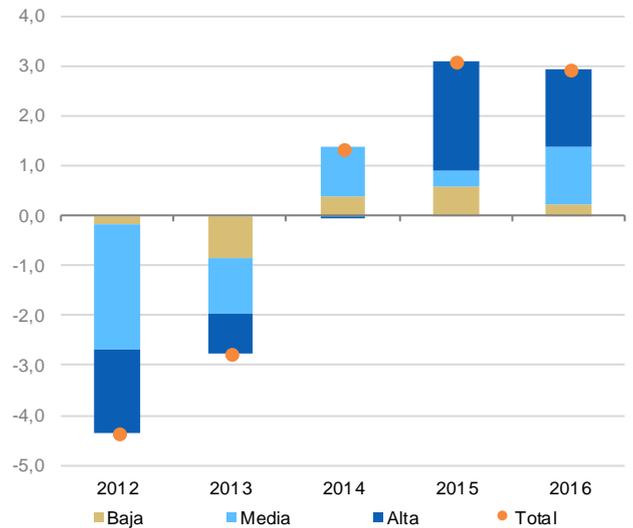
10: Según las estimaciones de Brzeski y Burk (2015).

Gráfico 1 España: distribución del empleo por ocupación según su probabilidad de automatización (promedio 2011-2016)



Fuente: BBVA Research a partir de Frey y Osborne (2017) e INE

Gráfico 2 España: evolución del empleo según su probabilidad de automatización (contribución a la variación anual; pp)



Fuente: BBVA Research a partir de INE

¿Quiénes son los ocupados más vulnerables al avance de la robotización? El análisis descriptivo, sintetizado en el Cuadro 1, sugiere que la probabilidad de computarización desciende con el nivel educativo, el grado de responsabilidad¹¹ y el desarrollo de actividades vinculadas con la educación o la salud¹². Al respecto, existe evidencia¹³ que muestra como una mayor educación permite adquirir habilidades en áreas en las que las capacidades humanas todavía superan a las máquinas, lo que favorece la complementariedad entre capital y trabajo y la creación de nuevas oportunidades de empleo. Además, el riesgo de automatización es mayor para los trabajadores que no participan en acciones de formación no reglada. Dado que el impacto de la tecnología probablemente acortará la vida útil de las habilidades de los trabajadores y que los nuevos modelos de negocio implicarán cambios continuos de las competencias demandadas¹⁴, la importancia de la formación continua –reglada y no reglada– como paliativo del riesgo de digitalización aumentará en el futuro.

El análisis con los datos de la EPA también indica que la probabilidad de automatización es comparativamente elevada entre los jóvenes, pero que apenas difiere por género. Al respecto, la literatura¹⁵ encuentra que las ocupaciones en declive “envejecen”, *i. e.*, el riesgo de computarización aumenta con la edad promedio de la fuerza laboral en dicha ocupación debido a que los trabajadores más longevos tienen menos incentivos a cambiar de rubro (o más dificultades para hacerlo). En cuanto al género, la evidencia empírica¹⁶ advierte que las mujeres –a pesar de

11: En línea con Arntz, Gregory y Zierahn (2016).

12: Baumol *et al.* (2012) muestra que las sociedades más acomodadas demandan más servicios intensivos en trabajo especializado.

13: Véase Autor y Dorn (2009).

14: Véase WEF (2016).

15: Véase Autor y Dorn (2009).

16: Véanse Autor y Dorn (2009), Anghel, De la Rica y Lacuesta (2013) u OCDE (2017b), entre otros.

su infrarrepresentación en ocupaciones STEM (OCDE, 2017)– se encuentran mejor posicionadas que los hombres para enfrentarse al riesgo de digitalización dada su mayor presencia en ocupaciones cualificadas vinculadas con la salud o la educación.

Por último, se observa que la probabilidad de automatización es mayor para los asalariados –sobre todo, aquellos que tienen un contrato temporal o trabajan en el sector privado–, los ocupados en la agricultura, la industria manufacturera, la hostelería, el comercio, las actividades del hogar y las administrativas, y los que buscan otro puesto de trabajo o habían estado desempleados con anterioridad. Como se aprecia en el Cuadro 1, la heterogeneidad regional es escasa. El riesgo de automatización es comparativamente elevado en la Región de Murcia y en los archipiélagos (Baleares y Canarias) y reducido en la Comunidad de Madrid, Asturias y País Vasco.

Cuadro 1 Caracterización de los ocupados según la probabilidad de automatización de la ocupación que realizan

	Probabilidad media (2011-2016, %)			Distribución de los ocupados por grado de automatización (%)		
	Promedio 2011-2016	Baja (<0,3)	Alta (>0,7)	Baja (<0,3)	Alta (>0,7)	
Total		52,3	13,1	85,0		
Edad	≤ 33	55,7	13,3	86,0	24,8	31,8
	34-40	51,5	13,1	85,4	26,5	24,5
	41-49	52,0	13,5	84,6	22,1	21,4
	≥ 50	49,5	12,7	83,6	26,7	22,3
Género	Varón	52,2	13,8	82,8	52,0	55,5
	Mujer	52,4	12,4	87,8	48,0	44,5
Nacionalidad	Española	51,1	13,0	85,2	93,9	86,9
	Extranjera	61,4	14,2	83,8	6,1	13,2
Nivel educativo (máximo alcanzado)	Primaria	65,8	16,8	82,3	2,3	10,6
	1ª etapa de secundaria	64,5	17,7	83,3	10,2	36,2
	2ª etapa de secundaria o superior en resto de sectores	51,7	14,5	86,6	53,3	47,3
	2ª etapa de secundaria en educación, salud o servicios sociales	44,1	23,0	87,1	2,8	1,0
	2ª etapa de secundaria en STEM	61,7	16,2	86,1	0,1	0,3
	Superior en educación, salud o servicios sociales	20,4	6,7	88,5	23,1	2,8
	Superior en STEM	35,5	11,8	87,4	8,2	1,8
Educación no reglada	No	53,5	13,5	84,9	86,3	94,0
	Sí	40,4	10,9	86,8	13,7	6,0
Situación profesional	Trabajador por cuenta ajena	54,1	12,5	85,7	76,5	86,8
	Trabajador por cuenta propia	42,9	15,1	81,0	23,5	13,2
Situación laboral (sólo asalariados)	Asalariados del sector privado	59,4	14,5	85,7	59,0	89,1
	Asalariados del sector público	33,3	9,5	84,9	41,0	10,9
Tipo de contrato (solo asalariados)	Indefinido	52,9	12,6	86,0	79,7	71,1
	Temporal	57,9	12,2	84,9	20,3	28,9
Clasificación nacional de ocupaciones	Dirección, negocios y finanzas	25,2	16,7		24,0	0,0
	Ciencia, ingeniería y computación	30,2	11,5		13,0	0,0
	Educación, ley, serv. comunidad, artes y audiov.	9,5	9,5		26,6	0,0
	Salud	27,0	11,8	72,3	24,0	2,0
	Servicios	72,3		83,3	0,0	18,6
	Ventas	66,6	18,6	93,6	9,9	15,9
	Administración	82,7	17,2	89,8	0,2	25,9
	Sector primario	80,1		80,1	0,0	11,7
	Construcción	60,7	15,0	78,3	2,3	10,9
	Instalación y mantenimiento	85,0		85,0	0,0	7,8
	Producción	69,7		78,5	0,0	4,3
	Transporte	54,3		70,8	0,0	2,9
	Clasificación nacional de actividades económicas	Sector primario	77,0	14,1	80,8	0,5
Industria extractiva		56,4	11,9	81,4	0,1	0,2
Industria manufacturera		62,3	14,0	83,4	7,6	18,7
Suministro energía		43,8	12,6	87,7	0,6	0,2
Suministro agua, saneamiento		58,1	15,1	81,3	0,3	0,8
Construcción		54,4	14,0	79,7	4,4	5,3
Comercio, reparación vehículos		59,6	17,8	90,6	16,2	21,3
Transporte y almacenamiento		58,4	18,0	84,4	1,2	4,2
Hostelería		72,6	13,5	84,0	2,6	16,3
TIC		39,0	16,0	89,6	4,9	0,8
Actividades financieras y de seguros		58,0	11,0	92,0	2,1	2,5
Actividades inmobiliarias		56,2	18,9	88,2	0,3	0,4
Actividades profesionales, científicas y técnicas		38,6	15,5	89,4	9,0	2,6
Actividades de administración y auxiliares		59,4	18,0	80,6	1,3	3,0
Administración pública		45,4	15,5	85,0	9,8	5,5
Educación		16,5	6,5	83,6	17,8	1,6
Actividades sanitarias, servicios sociales		27,3	9,4	84,9	16,5	2,6
Actividades artísticas	47,7	19,5	85,0	2,7	1,7	
Otros servicios	41,7	13,5	83,2	1,3	1,0	
Actividades del hogar	62,9	18,9	73,4	0,7	0,8	

(Continúa en la página siguiente)

Cuadro 1 Caracterización de los ocupados según la probabilidad de automatización de la ocupación que realizan (cont')

		Probabilidad media (2011-2016, %)			Distribución de los ocupados por grado de automatización (%)	
		Promedio 2011-2016	Baja (<0,3)	Alta (>0,7)	Baja (<0,3)	Alta (>0,7)
Antigüedad en la empresa (años)	≤ 2	56.4	13.5	85.0	27.2	37.3
	3-7	53.1	14.1	85.5	18.9	19.2
	8-15	51.2	13.3	85.0	24.4	22.5
	≥ 16	46.9	12.0	84.7	29.5	21.0
Nivel de responsabilidad	Sin trabajadores a cargo	57.5	12.5	85.6	52.0	79.1
	Encargado, jefe de taller/oficina, capataz o similar	47.1	14.0	85.1	8.2	5.7
	Mando intermedio	33.9	11.9	88.1	11.4	2.6
	Director de peq. empresa, depart. o sucursal	32.6	13.2	81.9	13.0	3.5
	Director de empresa grande o media	22.5	13.0	83.3	1.9	0.2
	Ocupado independ. (sin jefes ni subordinados)	45.9	15.8	80.6	13.1	8.9
	Ns/Nc	38.9	11.5	85.1	0.3	0.1
Trabajó en su domicilio en las 4 últimas semanas	No teletrabaja	54.3	13.3	85.1	83.6	97.6
	Ocasionalmente	29.7	13.0	81.4	5.9	1.1
	Más de la mitad de los días que trabajó	26.4	11.9	83.1	8.7	1.0
	Ns/Nc	29.5	12.4	84.6	1.8	0.3
Tamaño del establecimiento	Ns/Nc	56.4	13.8	84.1	4.8	7.0
	1-10 empleados	55.5	15.1	84.7	34.4	43.8
	+ 10 empleados	49.4	11.9	85.5	60.8	49.3
Situación laboral hace un año	Ocupado	51.4	13.0	85.0	93.7	87.4
	Parado	62.6	15.4	84.3	3.7	9.2
	Estudiando	54.5	14.2	87.8	1.6	1.8
	Inactivo	55.5	12.9	86.2	0.9	1.1
	Otros	64.6	16.9	84.2	0.2	0.5
Búsqueda de empleo en las 4 últimas semanas	No buscó	51.9	13.0	85.0	94.9	92.5
	Sí, más adecuado y estable	59.3	14.3	85.6	1.4	2.2
	Sí, más ingresos mejor horario	57.9	14.4	85.4	3.3	4.7
	Sí, otros motivos	56.1	13.9	84.7	0.4	0.6
Comunidad Autónoma	Andalucía	53.6	12.8	84.8	14.1	16.1
	Aragón	52.9	12.8	84.4	2.9	3.1
	Asturias, Principado de	51.2	12.3	85.3	2.2	2.1
	Baleares, Illes	54.6	14.0	85.4	2.5	2.8
	Canarias	55.7	14.0	84.7	3.6	4.8
	Cantabria	52.4	12.8	85.2	1.3	1.3
	Castilla y León	52.9	12.7	83.9	5.0	5.6
	Castilla-La Mancha	53.6	12.7	83.6	3.7	4.5
	Cataluña	52.5	13.4	85.4	18.0	18.4
	Comunitat Valenciana	53.5	13.0	85.3	9.8	10.8
	Extremadura	53.5	12.4	83.8	1.8	2.2
	Galicia	52.9	12.8	83.9	5.5	6.1
	Madrid, Comunidad de	47.7	13.5	86.1	19.2	11.7
	Murcia, Región de	55.2	12.8	85.5	2.6	3.3
	Navarra, Comunidad Foral de	53.0	12.4	85.1	1.5	1.6
	País Vasco	50.7	12.8	86.2	5.6	4.8
Rioja, La	53.0	11.9	83.7	0.7	0.8	

Fuente: BBVA Research a partir de INE

3. Determinantes de la probabilidad de automatización

Para distinguir qué características influyen en que un trabajador esté empleado en una ocupación con mayor riesgo de automatización se realiza un análisis de regresión. En particular, el modelo plantea que la probabilidad de computarización de la ocupación de un trabajador depende de sus características personales (género, edad, nivel educativo, etc.), laborales (situación profesional, tipo de contrato, antigüedad en la empresa, grado de responsabilidad, etc.) y de la empresa en la que presta sus servicios (tamaño y sector de actividad).¹⁷

Con la finalidad de calibrar la importancia del tipo de contrato, se especifican dos ecuaciones: una para los asalariados y otra para los trabajadores por cuenta propia¹⁸. Dado que la variable dependiente (p) toma valores entre 0 y 1, se estima un modelo lineal generalizado (GLM) por máxima verosimilitud que asume una distribución logística de p .¹⁹

El Cuadro 2 ilustra los resultados de las estimaciones. Cada gráfico representa los efectos marginales de las categorías de respuesta de una variable respecto a su media. **La variable que tiene un mayor efecto sobre el riesgo de automatización de un trabajador es su posición jerárquica.** El Cuadro 2 revela que la probabilidad de digitalización desciende con el nivel de responsabilidad. Así, el riesgo de que un director de empresa sea sustituido por una máquina es 30 puntos menor, *ceteris paribus*, que la media del conjunto de asalariados y casi 10 puntos inferior en el caso de los ocupados por cuenta propia.

En línea con los resultados del análisis descriptivo y la evidencia empírica²⁰, se constata que **el nivel educativo es una de las variables fundamentales para explicar las diferencias en la probabilidad de computarización.** Los trabajadores más formados –sobre todo, los titulados universitarios en disciplinas relacionadas con la educación, la salud y los servicios sociales– y quienes han participado en acciones formativas no regladas²¹ tienen menos riesgo de ser sustituidos por máquinas. Cuando se diferencia por género, se aprecia que la probabilidad de automatización de las mujeres asalariadas es mayor que la de los hombres con independencia del nivel educativo. Tan solo las mujeres ocupadas por cuenta ajena menos educadas –i. e., aquellas que no han completado la educación secundaria superior– tienen un menor riesgo de digitalización que los hombres.

Con independencia de las características individuales, **el sector de actividad introduce diferencias significativas en la probabilidad de computarización entre trabajadores.** En términos generales, los ocupados en el sector servicios tienen un menor riesgo de ser sustituidos por máquinas que los de la industria o la agricultura. Pero la heterogeneidad en el sector terciario es notable. Como señala el Cuadro 2, la probabilidad de automatización es comparativamente reducida para los asalariados en actividades ligadas a la educación, la salud y los servicios sociales, así como para quienes trabajan en la administración pública y en los sectores TIC, energético y científico-técnico. En el extremo opuesto se sitúan los empleados en la agricultura, el comercio, el transporte, la hostelería, la industria manufacturera y las actividades financieras e inmobiliarias. En términos cualitativos, las diferencias sectoriales en cuanto al riesgo de digitalización son similares para los trabajadores por cuenta propia, excepto en la actividad comercial, que presenta un efecto negativo.

17: Es conveniente aclarar un matiz relevante. Aunque el modelo estima la probabilidad de que un trabajador con determinadas características esté empleado en una ocupación con un cierto riesgo de automatización, no implica la existencia de una relación causal en sentido estricto.

18: Los resultados detallados de las estimaciones se encuentran a disposición del lector interesado bajo petición.

19: En línea con Papke y Wooldridge (1996).

20: Autor y Dorn (2009), Arntz, Gregory y Zierahn (2016) o Gallego (2017).

21: Los asalariados reducen su riesgo de automatización al cursar estudios no reglados relacionados con su empleo actual. Por el contrario, la probabilidad de computarización de los trabajadores por cuenta propia es menor entre quienes participan en acciones formativas no regladas orientadas a cambiar de empleo.

Más allá del sector de actividad, **la adopción de nuevas formas de trabajo contribuye a reducir la vulnerabilidad a la automatización**²², lo que sugiere que la capacidad de adaptación del trabajador (y de la empresa) puede contrarrestar el riesgo de pérdida de empleo. Así, la probabilidad de que un asalariado que teletrabaja sea sustituido por una máquina es 15 puntos menor que la de quien no lo hace. El efecto también es positivo para los trabajadores por cuenta propia, pero de menor magnitud.

Las restantes variables tienen un efecto menor sobre la probabilidad de computarización. En relación con las características del trabajador, se obtiene que **el riesgo de digitalización es comparativamente elevado para los asalariados menores de 27 años** (31 años en el caso de los trabajadores por cuenta propia) **y reducido para los mayores de 57 años**²³ **y los trabajadores por cuenta ajena entre 28 y 34 años.**

A diferencia de la edad, **el riesgo de ser remplazado por una máquina crece con la antigüedad del asalariado en la empresa, pero disminuye con la del trabajador por cuenta propia.** La literatura²⁴ sugiere que la mayor probabilidad de computarización de los asalariados con más antigüedad podría estar reflejando sus menores incentivos para adaptarse al cambio tecnológico, que los llevaría a permanecer en ocupaciones en declive. Por el contrario, el perfil por antigüedad del riesgo de digitalización de los trabajadores por cuenta propia podría estar captando cierta autoselección: los autónomos que han sabido reorientar su negocio hacia actividades menos susceptibles de ser automatizables exhiben carreras laborales más prolongadas. Este resultado se complementa con el papel que juega el tamaño de la empresa. Así, **la probabilidad de ser sustituido por una máquina es más reducida en los establecimientos de mayor dimensión**, sobre todo si el ocupado trabaja por cuenta propia.

La satisfacción de un trabajador con su empleo actual –aproximada por la búsqueda de empleo– también está relacionada con su probabilidad de computarización. Así, los asalariados que buscan un empleo más estable y adecuado a su formación se enfrentan a un mayor riesgo de digitalización en su ocupación actual. En la misma línea, se estima que tener un contrato temporal incrementa en torno a un punto la probabilidad de automatización. Por el contrario, el riesgo es menor entre quienes buscan un empleo mejor remunerado y con una jornada menos exigente. Estos resultados permiten segmentar a los trabajadores en dos subgrupos. El primero estaría integrado por aquellos que cuentan con un empleo precario y desarrollan una ocupación con una probabilidad elevada de ser automatizada (y que, por tanto, tratan de encontrar un nuevo puesto de trabajo). El segundo estaría formado por los ocupados que disfrutan de un empleo estable con bajo riesgo de computarización, pero que buscan mejorar sus condiciones salariales e incrementar su tiempo de ocio.

Finalmente, se observa que **la situación laboral de procedencia del trabajador repercute sobre su probabilidad de automatización.** Así, los asalariados que un año antes eran estudiantes tienen un menor riesgo que la media de ser sustituidos por máquinas²⁵, mientras que **los procedentes del desempleo son comparativamente más vulnerables.** Este sería uno más de los numerosos ‘efectos cicatriz’ del desempleo²⁶.

22: En línea con la evidencia apuntada por WEF (2016).

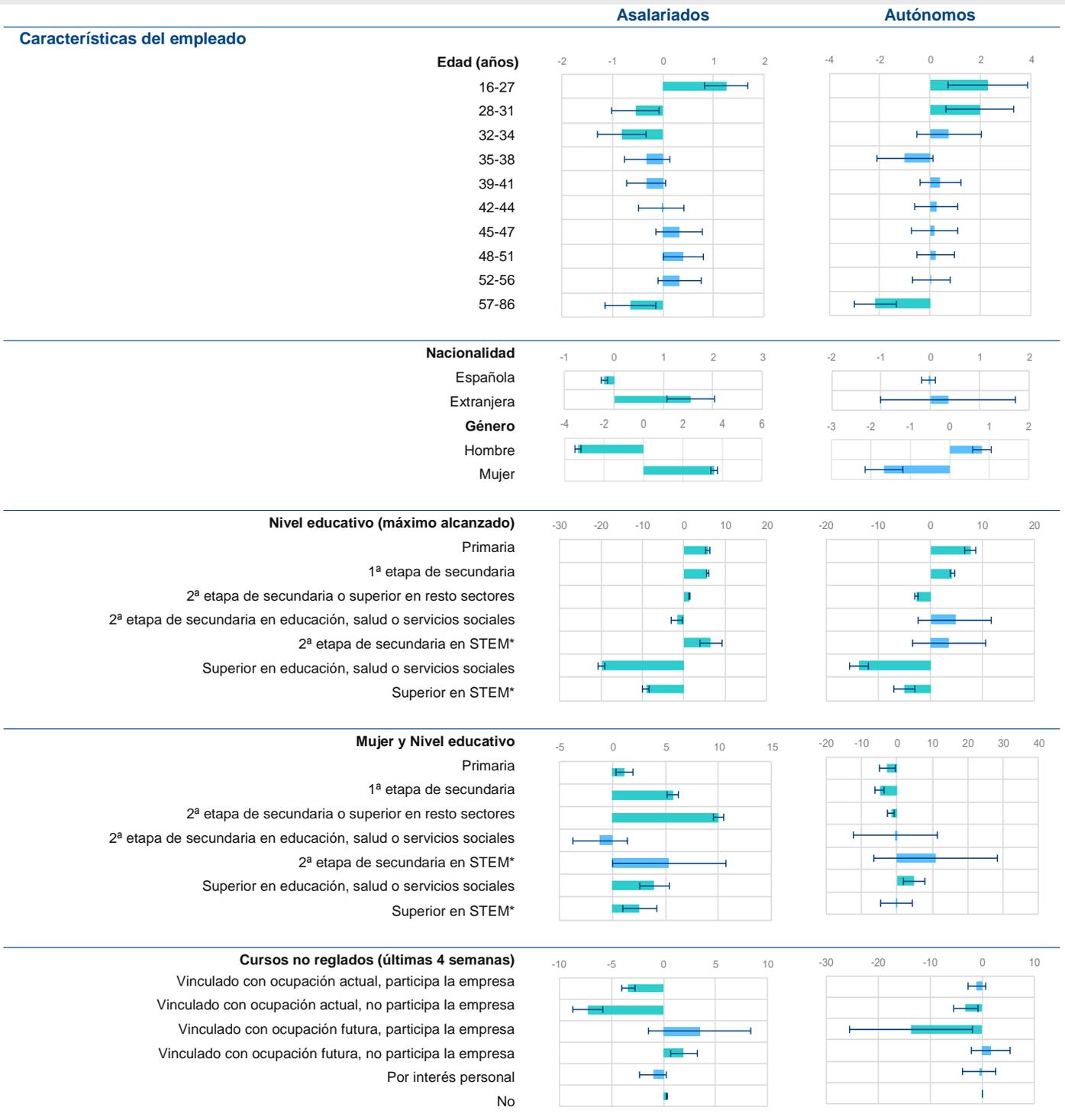
23: Arntz, Gregory y Zierahn (2016) también obtiene que el papel jugado por la edad es poco relevante.

24: Véase Anghel, De la Rica y Lacuesta (2013).

25: A partir de la Encuesta Social Europea de 2014, Gallego (2017) obtiene un resultado similar.

26: Sobre los efectos cicatriz del desempleo, véase Arulampalam (2001).

Cuadro 2 Determinantes de la probabilidad de automatización. Efectos marginales respecto a la media



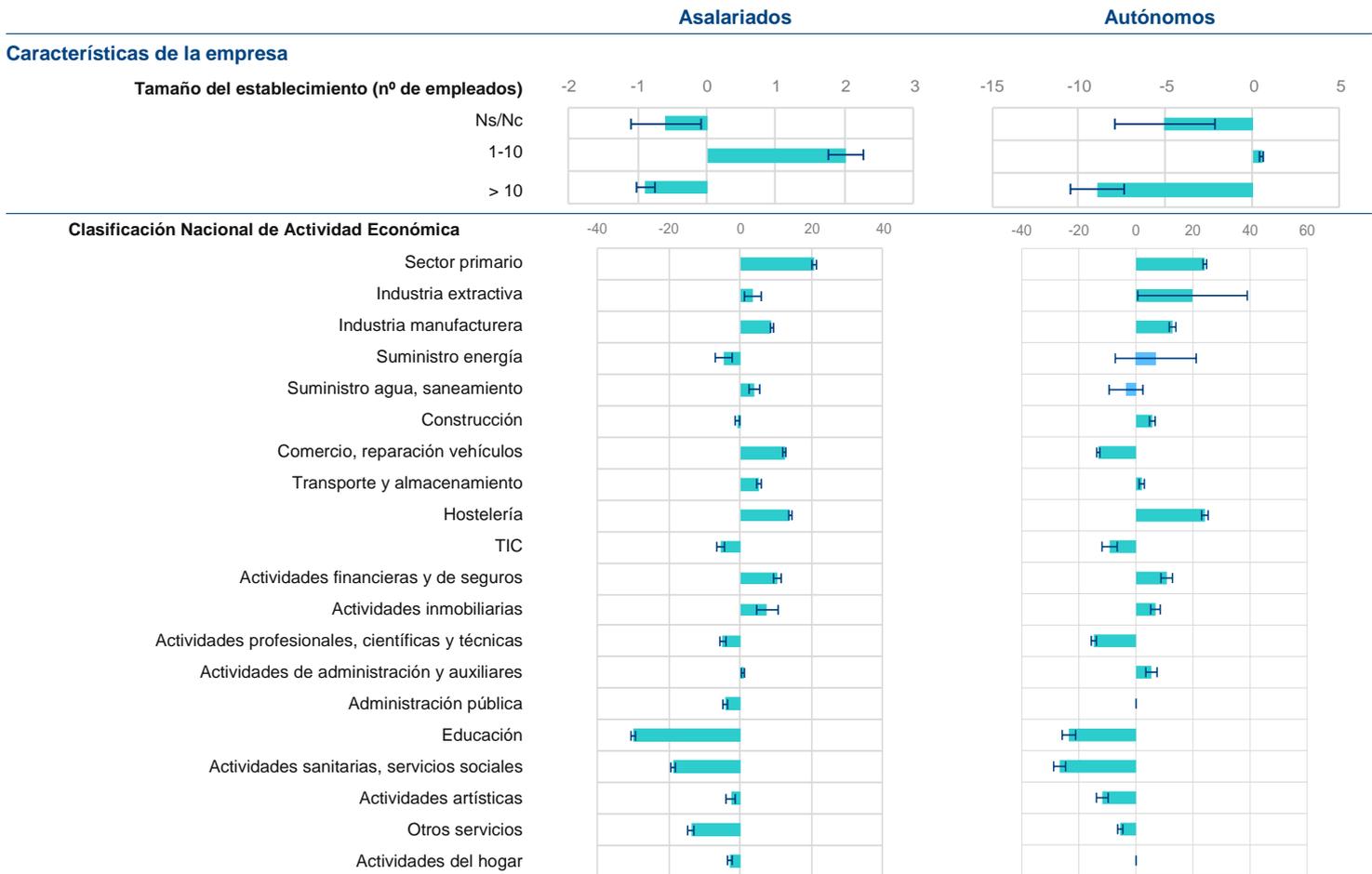
(Continúa en la página siguiente)

Cuadro 2 Determinantes de la probabilidad de automatización. Efectos marginales respecto a la media (cont')



(Continúa en la página siguiente)

Cuadro 2 Determinantes de la probabilidad de automatización. Efectos marginales respecto a la media (cont')



Notas: el tono verde indica significatividad de la variable al 95% de confianza.
 * STEM: Science, Technology, Engineering y Mathematics.
 El modelo incluye variables dicotómicas regionales y temporales.
 Fuente: BBVA Research

4. Conclusiones y recomendaciones de política económica

Todas las revoluciones industriales han tenido repercusiones notables sobre el mercado de trabajo, y la actual no representa una excepción. El proceso de transformación digital en curso y los avances en robótica e inteligencia artificial crearán nuevos empleos, tanto en los sectores innovadores como en aquellos beneficiados por el efecto renta ocasionado por el cambio tecnológico. Sin embargo, la Cuarta Revolución Industrial también precipitará la automatización de numerosas tareas, lo que podría poner en riesgo hasta un 36% de los puestos de trabajo actualmente existentes en España. Esta cifra no debe interpretarse como una proyección de destrucción de empleo, que en última instancia dependerá de su viabilidad económica, de las regulaciones y de la capacidad de transformación de las ocupaciones con nuevas tareas, ni como un balance neto del cambio tecnológico, para lo que resulta indispensable tener en cuenta los nuevos empleos que crea.

Aunque este proceso de destrucción creativa no constituye un aspecto singular del cambio tecnológico actual, la velocidad que está alcanzando la actividad innovadora sí lo es, y amenaza con abreviar el recorrido hacia un nuevo equilibrio entre la oferta y la demanda de empleo. En consecuencia, la identificación de los trabajadores más vulnerables a la revolución digital es una condición necesaria para minimizar los costes de transición individuales y sociales.

A partir de las probabilidades de automatización de cada ocupación obtenidas por Frey y Osborne (2017), se utilizan los microdatos de la muestra anual de la EPA entre 2011 y 2016 para determinar qué características personales y laborales condicionan el riesgo de que un trabajador en España sea sustituido por una máquina. Los resultados de las estimaciones muestran que la probabilidad de automatización disminuye con el grado de responsabilidad, el nivel educativo, la disposición a participar en acciones formativas y la adopción de nuevas formas de trabajo –como el teletrabajo–, y es comparativamente reducida para los ocupados en educación, sanidad, servicios sociales, TIC, energía y actividades científico-técnicas. Las restantes características del trabajador –como el género, la edad, la nacionalidad, la antigüedad, el tipo de contrato o la situación laboral de procedencia– y de la empresa –como el tamaño– juegan un papel secundario para explicar el riesgo de digitalización.

Con el objetivo de atenuar las repercusiones negativas del progreso tecnológico sobre el empleo presente y futuro, es imprescindible que los agentes económicos, tanto públicos como privados, gobiernen el cambio. Para lograrlo, es necesario actuar en tres ámbitos: la educación, el mercado de trabajo y la redistribución.

En primer lugar, resulta esencial invertir más y mejor en capital humano para que la población adquiera conocimientos –fundamentalmente, en áreas STEM– y habilidades cognitivas y no cognitivas complementarios al progreso tecnológico. Además, en un contexto de prolongación de las carreras laborales y de cambio tecnológico, apostar por la formación continua es una obligación para los individuos, las empresas y el sector público. Para ello, es necesario anticipar las necesidades formativas y mejorar la eficiencia del sistema educativo.

En segundo lugar, las reformas que tratan de eliminar las barreras a la inversión y al crecimiento empresarial y facilitar la creación de empleo deben acentuarse. También resulta esencial mejorar la eficacia y la eficiencia de las políticas del mercado de trabajo. Con la finalidad de optimizar los emparejamientos laborales y acortar el tiempo de permanencia en el paro, los servicios públicos de empleo deben utilizar la tecnología ya disponible para explotar grandes bases de datos que recopilan información sobre las necesidades de las empresas y las características de los

trabajadores. Paralelamente, dada la expansión de los modelos de negocio basados en plataformas y de las nuevas formas de contratación, es aconsejable reconsiderar la regulación laboral vigente.

Por último, será ineludible diseñar mecanismos que compensen a los damnificados por la revolución digital. Los márgenes de mejora de la cobertura y la eficiencia del estado del bienestar en España son amplios. En este contexto, avanzar en la evaluación ex ante y ex post de las políticas públicas es una obligación.

Bibliografía

Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2017), "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets", National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 23285.

Anghel, B., De la Rica, S., y Lacuesta, A. (2013), "Employment Polarisation in Spain over the course of the 1997-2012 cycle", Banco de España, Documentos de Trabajo Nº. 1321.

Arulampalam, W. (2001), "Is Unemployment Really Scarring? Effects of Unemployment Experiences on Wages", *Economic Journal*, 111 (475), F585-F606.

Autor, D. (2015), "Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation", *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3).

Autor, D. y Dorn, D. (2009), "This Job is 'Getting Old': Measuring Changes in Job Opportunities Using Occupational Age Structure", *American Economic Review: Papers and Proceedings*, 99(2), 45-51.

- (2013), "The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market", *American Economic Review*, 103(5), 1553-97.

Arntz, M., Gregory, T. y Zierahn, U. (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis", OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189, OECD Publishing, Paris.

Avent, R. (2017), *The Wealth of Humans. Work and Its Absence in the Twenty-first Century*. Penguin.

Baumol, W., Ferranti, D., Malach, M., Pablos-Méndez, A., Tabish, H. Y Gomory, L. (2012), *The Cost Disease: Why Computers Get Cheaper and Health Care Doesn't*. New Haven: Yale University Press.

Brzeski, C. y Burk, I. (2015), "The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market", ING DiBa Economic Research.

Dauth, W. (2014), "Job Polarization on Local Labor Markets", IAB Discussion Paper n. 18.

Doménech, R., García, J. R., Montañez, M. y Neut, A. (2018), "Afectados por la revolución digital: el caso de España", de próxima aparición en *Papeles de Economía Española*.

- Frey, C y Osborne, M.A. (2017), "The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114(C), 254-280.
- Gallego, A. (2017), "Ocupaciones en transformación: ¿A quién afectará el cambio tecnológico?", Observatorio Social de la Caixa.
- Goos, M., Manning, A. y Salomons, A. (2009), "Job Polarization in Europe", *American Economic Review: Papers and Proceedings*, 99 (2), 58-63.
- Graetz, G. y Michaels, G. (2018), "Robots at Work", *mimeo*, LSE.
- Gregory, T., Salomons, A. y Zierahn, U. (2016), "Racing With or Against the Machine? Evidence from Europe", ZEW Centre for European Economic Research, Discussion Paper No. 16-053.
- Mokyr, J., Vickers, C., y Ziebarth, N.L. (2015), "The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?", *The Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50.
- Moretti, E. (2010), "Local Multipliers", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 100(2), 373-77.
- Morron, A. (2016), "¿Llegará la Cuarta Revolución Industrial a España?", Informe Mensual CaixaBank Research, N° 398.
- OCDE (2017), *Going Digital: The Future of Work for Women*, OECD Publishing, Paris.
- Pajarinen, M. y Rouvinen, P. (2014), "Computerization Threatens One Third of Finnish Employment", ETLA Brief, No. 22.
- Papke, L. y Wooldridge, J.D. (1996), "Econometric Methods for Fractional Response Variables with an Application to 401(K) Plan Participation Rates", *Journal of Applied Econometrics*, Vol. 11 (6), 619-632
- World Economic Forum (2016), *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, World Economic Forum, Davos.

AVISO LEGAL

El presente documento, elaborado por el Departamento de BBVA Research, tiene carácter divulgativo y contiene datos, opiniones o estimaciones referidas a la fecha del mismo, de elaboración propia o procedentes o basadas en fuentes que consideramos fiables, sin que hayan sido objeto de verificación independiente por BBVA. BBVA, por tanto, no ofrece garantía, expresa o implícita, en cuanto a su precisión, integridad o corrección.

Las estimaciones que este documento puede contener han sido realizadas conforme a metodologías generalmente aceptadas y deben tomarse como tales, es decir, como previsiones o proyecciones. La evolución histórica de las variables económicas (positiva o negativa) no garantiza una evolución equivalente en el futuro.

El contenido de este documento está sujeto a cambios sin previo aviso en función, por ejemplo, del contexto económico o las fluctuaciones del mercado. BBVA no asume compromiso alguno de actualizar dicho contenido o comunicar esos cambios.

BBVA no asume responsabilidad alguna por cualquier pérdida, directa o indirecta, que pudiera resultar del uso de este documento o de su contenido.

Ni el presente documento, ni su contenido, constituyen una oferta, invitación o solicitud para adquirir, desinvertir u obtener interés alguno en activos o instrumentos financieros, ni pueden servir de base para ningún contrato, compromiso o decisión de ningún tipo.

Especialmente en lo que se refiere a la inversión en activos financieros que pudieran estar relacionados con las variables económicas que este documento puede desarrollar, los lectores deben ser conscientes de que en ningún caso deben tomar este documento como base para tomar sus decisiones de inversión y que las personas o entidades que potencialmente les puedan ofrecer productos de inversión serán las obligadas legalmente a proporcionarles toda la información que necesiten para esta toma de decisión.

El contenido del presente documento está protegido por la legislación de propiedad intelectual. Queda expresamente prohibida su reproducción, transformación, distribución, comunicación pública, puesta a disposición, extracción, reutilización, reenvío o la utilización de cualquier naturaleza, por cualquier medio o procedimiento, salvo en los casos en que esté legalmente permitido o sea autorizado expresamente por BBVA.