

LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CARBONO: SETENTA Y CINCO AÑOS DEL INCAR

*Fernando Rubiera González,
Mercedes Díaz Somoano,
Fabián Suárez García*

Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR (CSIC)

RESUMEN

Se pretende ofrecer una visión general del Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono, INCAR-CSIC desde sus inicios, en que sus investigaciones estaban directamente enfocadas hacia el estudio de los carbones nacionales, su preparación y los procesos de conversión del carbón, hasta la actualidad en que se cumplen 75 años desde su fundación en 1947. El INCAR está ubicado en sus actuales instalaciones desde 1960 y ha ido orientando su actividad científica a los retos más vanguardistas en el campo de la ciencia y tecnología del carbón y sus derivados, siendo en la actualidad sus principales líneas de investigación el desarrollo de materiales de carbono de altas prestaciones para energía y la descarbonización de sectores industriales. En este sentido el área principal de investigación del Instituto tiene como objetivo final la consecución de una Energía Limpia, Segura y Eficiente. Las tecnologías de captura de CO₂, el desarrollo de dispositivos para el almacenamiento y generación de energía, la valorización de la biomasa como fuente de carbono sostenible y el desarrollo de procesos de almacenamiento y generación de hidrógeno verde, constituyen las temáticas principales de investigación que se llevan a cabo en la actualidad en el INCAR.

1. RESEÑA HISTÓRICA

El Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR) es un centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC [1], con sede en Oviedo, Asturias [2]. Está integrado en la sub-área de Ciencia y Tecnologías Químicas. Su fundación se remonta al 25 de marzo de 1947, cuando Francisco Pintado Fe fue encargado por el CSIC de la creación y dirección del Instituto Nacional del Carbón. Francisco Pintado Fe nació en Madrid el 25 de marzo de 1914. En 1963 se encargó de la Cátedra de Tecnología de Combustibles y Minerales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo (ETSIMO). También se hizo cargo de la Cátedra de Física, siendo nombrado director de la ETSIMO en 1964. Francisco Pintado Fe falleció en Oviedo el 2 de diciembre de 1971, siendo director del INCAR y de la ETSIMO.

A lo largo de sus 75 años de existencia el INCAR ha cambiado varias veces de nombre, aunque ha mantenido su acrónimo y comenzado con las mismas palabras: Instituto Nacional del Carbón. Su denominación más extensa ha sido Instituto Nacional del Carbón y sus Derivados Francisco Pintado Fe.

Desde el inicio de la década de los años 90 del siglo pasado, la actividad investigadora del Instituto fue derivando y decantándose hacia los materiales de carbono, mientras que las investigaciones sobre el carbón y sus aplicaciones fueron tomando cada vez menor relevancia. Como consecuencia, desde el 21 de enero de 2020, el INCAR pasó a denominarse Instituto de Ciencia y

Tecnología del Carbono a partir de una propuesta del Claustro Científico, rubricada por la Presidencia del CSIC.

A lo largo de su existencia, el INCAR ha orientado su actividad científica al estudio de carbones nacionales y de importación, a los procesos de conversión -combustión para producción de energía eléctrica y coquización para la obtención de coque siderúrgico- con el fin de contribuir a un uso más limpio y eficaz del carbón y sus derivados.

El INCAR se dedicó inicialmente a la investigación científica y tecnológica para el uso y aplicación del carbón, con especial atención al proceso de preparación y utilización de las hullas y antracitas asturianas, con los siguientes objetivos:

- Estudios de laboratorio relacionados con el origen, propiedades y constitución del carbón.
- Investigación y experimentación sobre los procedimientos destinados al progreso de los métodos de preparación del carbón.
- Investigación y experimentación sobre los procedimientos destinados al progreso de las técnicas de transformación del carbón.
- Estudio y experimentación de los aparatos e instalaciones consumidores de carbón, coque y gas, para deducir los perfeccionamientos posibles, prestando especial atención a la adaptación de los hogares a las características propias de nuestros combustibles.

Entre los hitos científico-técnicos más relevantes de la historia del Instituto cabe reseñar:

- i) El asesoramiento y apoyo a las industrias españolas de los sectores minero, siderúrgico y energético, que ha constituido un hito singular y extendido en el tiempo, desde la propia fundación del Instituto.
- ii) La existencia de un laboratorio de Petrografía único en España, dedicándose actualmente al estudio e investigación de sólidos orgánicos, con múltiples y diversas aplicaciones finales: geología, industria, energía, medio ambiente, exploración de hidrocarburos o los materiales de carbono.
- iii) La operación durante casi 30 años de una planta de coque a escala semi-industrial, que cesó su actividad en julio de 1999 y que fue desmantelada en 2001. Constaba de 4 hornos de coquización, con una capacidad total de 21 toneladas, siendo el mayor de 6 toneladas.
- iv) La participación en una Asociación de Interés Empresarial que implicó la patente y operación de una planta de captura de CO₂ de 1,7 MWt, en colaboración con la empresa Hunosa y Endesa. Actualmente la planta trata aproximadamente el 1% de los gases de chimenea de la central térmica La Pereda de 50 MWe, que en los próximos años tornará a quemar biomasa en vez de carbón.

Actualmente la sede del INCAR está situada en el barrio de La Corredoria, en Oviedo, con una extensión de unos 52.000 m²; los edificios que albergan laboratorios, plantas piloto y despachos ocupan unos 10.000 m². A fecha 30 de noviembre de 2022 trabajan en el Instituto 138 personas, que se desglosan en 34 científicos, 37 personal de apoyo a la investigación (administración y servicios científico-técnicos) y un número variable de personal contratado, en este caso 67 personas, que incluyen titulados de grado medio, investigadores postdoctorales y 22 personas llevando a cabo su tesis doctoral.

2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS CIENTÍFICOS

El INCAR desarrolla una importante actividad en el campo de nuevos materiales de carbono, cuyas propiedades estructurales, texturales, eléctricas, electroquímicas y catalíticas son investigadas en las aplicaciones más modernas. El Instituto también se encuentra realizando investigación puntera en el ámbito de las tecnologías de captura de CO₂. Las investigaciones se llevan a cabo en el marco de proyectos de investigación financiados a nivel regional, nacional y europeo, así como con contratos de

investigación y de apoyo con empresas del sector tanto nacionales como extranjeras. En la Figura 1 se muestran los proyectos que están actualmente en desarrollo en el INCAR.

El INCAR está organizado en tres departamentos de Investigación: Procesos Químicos Sostenibles; Química de Materiales; y Tecnologías para la Transición Energética. Estos tres departamentos se dividen en catorce Grupos de Investigación y un total de 34 investigadores (cf. Figura 2). Además de estos departamentos, el Instituto dispone de Servicios Generales como son Gerencia, Mantenimiento, Biblioteca, Informática y dos unidades de apoyo a la investigación, Laboratorio de Análisis y Servicio de Infraestructura Científica. En este último servicio se centraliza la mayoría del equipamiento conseguido por el Instituto en programas de financiación europeos, nacionales y regionales [3].

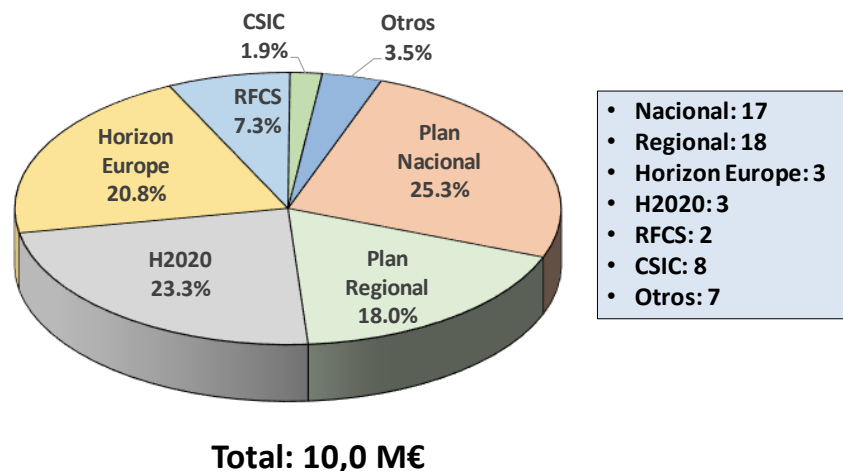


Figura 1. Distribución por fuentes de la financiación competitiva de proyectos de I+D obtenida por los grupos de investigación del INCAR, a fecha 30 de noviembre de 2022.

Líneas de Investigación



Materiales de carbono de altas prestaciones para energía



Descarbonización de sectores industriales

Departamentos



PQS Procesos Químicos Sostenibles



QM Química de Materiales



TTE Tecnologías para la Transición Energética

Grupos de Investigación

Procesos Químicos Sostenibles

- Contaminación por metales.
- Materiales de carbono para aplicaciones en catálisis, energía y medio ambiente.
- Metales y medio ambiente.
- Microondas y carbones para aplicaciones tecnológicas.
- Petrología orgánica.
- Biocarbón y sostenibilidad.

Tecnologías para la Transición Energética

- Captura de CO₂.
- Procesos energéticos y reducción de emisiones.
- Carbonización de carbones y residuos.
- Indicadores de cambio climático en sedimentos orgánicos.
- Carbonización y medio ambiente.

Química de Materiales

- Materiales compuestos.
- Materiales carbonosos.
- Materiales porosos funcionales.

Figura 2. Líneas de Investigación, Departamentos y Grupos de Investigación del INCAR.

Las investigaciones llevadas a cabo por el personal del INCAR se enmarcan en dos Líneas Principales:

- Materiales de carbono de altas prestaciones para energía.
- Descarbonización de sectores industriales.

El área temática principal del Instituto se enfoca hacia el desarrollo de tecnologías enfocadas a la consecución de una Energía Limpia, Segura y Eficiente. Los desafíos científicos y los objetivos que se persiguen en el entorno del área temática principal se desglosan en:

1) Desafío: Reducción de emisiones de CO₂.

Objetivo: Desarrollar tecnologías de captura de CO₂ para procesos industriales y sistemas con emisiones negativas.

2) Desafío: Dispositivos electroquímicos para almacenamiento y generación de energía.

Objetivo: Desarrollar electrodos para baterías (ion-Li/Na, Li-S, flujo redox, etc.) y supercondensadores, basados en materiales de carbono sostenibles.

3) Desafío: Valorización de la biomasa vegetal como fuente energética.

Objetivo: Valorizar la biomasa como fuente de carbono sostenible.

4) Desafío: Tecnologías del hidrógeno.

Objetivo: Desarrollar procesos sostenibles de almacenamiento y generación de hidrógeno.

El INCAR tiene como uno de sus objetivos principales la realización de investigación de calidad en el campo de los materiales carbonosos para aplicaciones energéticas y medioambientales, así como en la reducción de emisiones contaminantes y la captura de CO₂, contribuyendo así al abordaje de Desafíos Científicos relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (en concreto, los ODS 7, 9 y 12) así como con políticas europeas y nacionales, en particular el Pacto Verde Europeo.

Como se ha descrito anteriormente, uno de los objetivos científicos del Instituto consiste en mantener su posición y ser referente a nivel internacional en el desarrollo de tecnologías de captura de CO₂ a escala comercial; es un objetivo que está alineado con el reto climático al que nos enfrentamos y con los objetivos del Pacto Verde Europeo. Otro de los objetivos científicos de los grupos de investigación del INCAR se enfoca en consolidar su posición como referente a nivel internacional en el desarrollo de materiales de carbono avanzados, impulsando su obtención mediante rutas de producción sostenibles y su utilización para la restauración y conservación del planeta. El escalado de tecnologías y el desarrollo de nuevas aproximaciones disruptivas de producción de hidrógeno verde y de dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía, suma un nuevo objetivo en nuestras investigaciones; ello conllevaría un cambio de paradigma en nuestro sistema energético en el marco de la transición energética hacia las energías renovables.

En todo caso, la investigación desarrollada por los grupos de investigación del INCAR ha de enmarcarse dentro las distintas acciones estratégicas definidas por nuestro organismo, CSIC, así como por los distintos ministerios y organizaciones internacionales (energía y cambio climático, nanotecnología, nuevos materiales, etc.). Asimismo, la experiencia de los investigadores del Instituto en campos específicos demandados por ciertos sectores industriales, tanto clásicos (centrales de generación de energía, industria siderúrgica, industria carboquímica, etc.), como vanguardistas (aeronáutica, nanotecnología, biomédica, etc.), posibilitan la captación de fondos y la transferencia de tecnología.

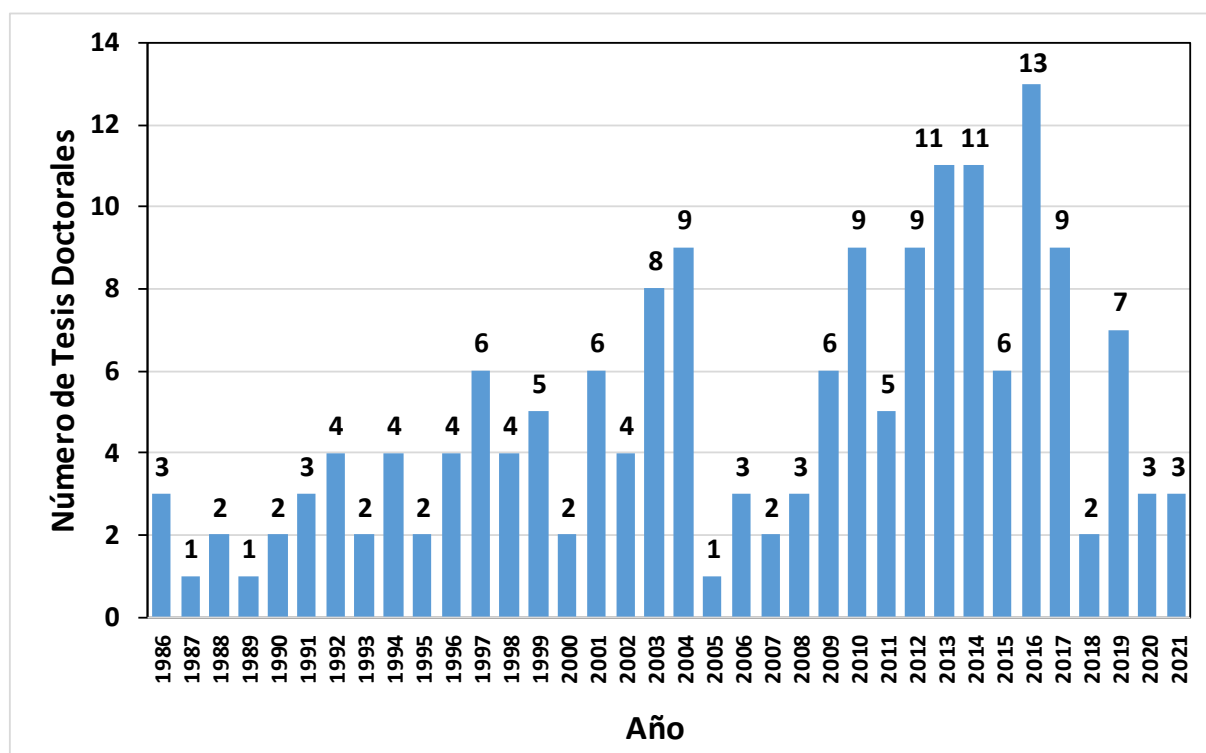
3. FORMACIÓN DE INVESTIGADORES

El INCAR establece como objetivo general en materia de formación la implementación de una estrategia a corto, medio y largo plazo enfocada por un lado al desarrollo profesional de sus trabajadores, basado en su formación permanente y en la apertura a nuevas iniciativas y, por otro lado, a la transferencia y difusión de conocimiento desde el centro.

En este sentido la formación específica que se aborda en el INCAR, se concreta en promover la participación del personal en formación, y también el científico, en acciones formativas especializadas ofertadas por el CSIC. Particularmente, en el Instituto se están llevando a cabo cursos de postgrado y especialización desde el año 1989; hasta el momento se han realizado un total de 41 cursos, en los que ha participado profesorado nacional, internacional y profesionales de la industria. El primer curso llevaba por título: Tamaños de partícula, análisis, distribución y metodología; el último curso realizado hasta el momento tuvo lugar del 9-13 de mayo de 2022, con el título de Síntesis, caracterización y aplicaciones de materiales de carbono.

Otro de los objetivos del INCAR definidos en su actual Plan Estratégico, 2022-2025, consiste en el fomento de la movilidad del personal científico y de los investigadores en formación hacia otros centros u organizaciones con el objetivo de recibir formación específica, particularmente los investigadores en formación. Asimismo, cobra especial importancia la preservación de la formación en técnicas y conocimientos, adquiridos en líneas de investigación desarrolladas en el centro, para facilitar el relevo generacional.

El personal del INCAR participa activamente en los programas de doctorado, másteres universitarios y cursos especializados, en colaboración con universidades, especialmente con la Universidad de Oviedo. Desde las 2 primeras tesis doctorales llevadas a cabo íntegramente en el Instituto en 1956, hasta este año 2022, se han defendido 190 tesis doctorales. De 1956 a 1985 se llevaron a cabo un total de 14 tesis doctorales. En la Figura 3 se muestran las tesis del INCAR desde el



año 1986.

Figura 3. Tesis doctorales realizadas en el INCAR desde el año 1986 (de 1956 a 1984 se realizaron 14 tesis).

El 61% del total de las tesis del INCAR corresponden a tesis realizadas por mujeres. Desde el año 2000, se han defendido 133 tesis, de las que el 68% son de mujeres. En 1994 la Dra. Martínez-Alonso se convertiría en la primera científica del INCAR en codirigir una tesis doctoral, la defendida por Ana Cuesta Seijo. Desde ese año, el 78% de las tesis doctorales del INCAR han sido dirigidas o codirigidas por mujeres. Por otra parte, El INCAR es uno de los centros del CSIC con mayor igualdad en todos los niveles profesionales. En 2022 las mujeres constituyen un 59% del personal total del INCAR y un 64% del personal investigador. En la Figura 4 se muestra la distribución del personal del Instituto por género.

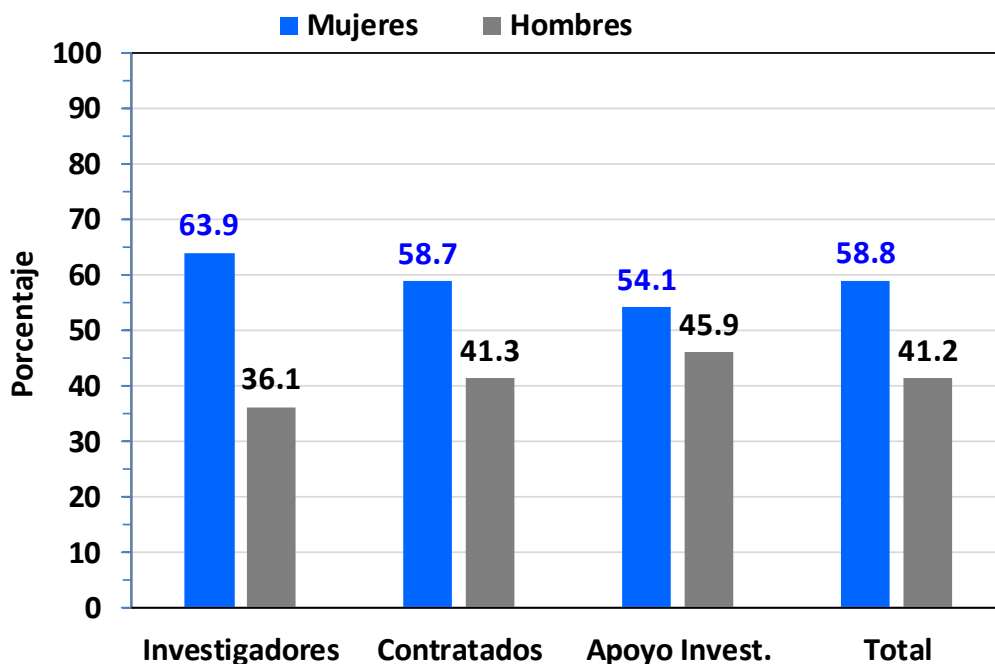


Figura 4. Distribución por género del personal del INCAR en 2022.

Por otra parte, la divulgación de las investigaciones que se llevan a cabo por parte del personal del INCAR ocupan un lugar importante en las actividades y objetivos del Instituto. En este sentido se desarrollan acciones y materiales divulgativos alineados con las líneas de investigación del centro, incluyendo las dirigidas a la divulgación de la mitigación de las emisiones de CO₂ y la lucha contra el cambio climático, así como el desarrollo de materiales avanzados de carbono mediante procesos sostenibles. Durante el año, y especialmente durante la Semana de la Ciencia y la Tecnología, se ofertan charlas sobre las temáticas anteriores de los investigadores del INCAR para alumnos de educación primaria y secundaria. Asimismo, se llevan a cabo visitas programadas de alumnos a las instalaciones y laboratorios del Instituto. Otra actividad, denominada Un Día en el Laboratorio, consiste en que los alumnos más aventajados pasan un día llevando a cabo experimentos en los laboratorios del Instituto bajo la supervisión de personal científico. También se lleva a cabo la divulgación entre los más pequeños, de educación infantil, con el objetivo de fomentar y despertar la vocación científica en las edades más tempranas. Un ejemplo lo constituye el concurso de dibujo El Carbono en Nuestras Vidas, que se realiza anualmente [4].

4. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Las investigaciones llevadas a cabo por los grupos del INCAR encuentran su vía más inmediata de difusión a nivel científico, mediante las publicaciones en revistas internacionales con revisores e incluidas, mayoritariamente, en el primer cuartil. Así, en el año 2021 se han publicado 78 artículos en revistas incluidas en el Science Citation Index, y el 78% estaban incluidas en el primer cuartil, Q1.

En la Tabla 1 se pueden ver las revistas con los mayores índices de impacto (IF) en las que se ha publicado en 2021. La revista en la que se han publicado un mayor número de artículos es *Carbón* con 4, seguida de *Renewable Energy* y *Journal of Environmental Chemical Engineering*, ambas con 3 artículos.

La evolución del número de artículos desde el año 2011 se muestra en la Figura 5, donde se puede observar que existe una clara relación entre el número de personas contratadas, fundamentalmente referido a investigadores postdoctorales e investigadores en formación predoctoral, y el número de publicaciones. Esta relación también se puede verificar con los datos de la Figura 3, en la que se representa el número de tesis doctorales desde el año 1986.

Asimismo, se puede reseñar que veinte investigadores del INCAR han sido incluidos en el ‘Ranking of the World Scientists: World’s Top 2% Scientists’, del año 2022. Esta clasificación también conocida como clasificación o ranking de la Universidad de Stanford, es uno de los rankings de investigadores más prestigiosos a nivel internacional, que identifica a los investigadores cuyos trabajos han sido los más citados durante su carrera científica, evaluada, en este caso, entre los años 1996-2021 [5].

Tabla 1. Revistas con elevado índice de impacto (IF) en las que se ha publicado en 2021.

Revista	Número	Factor Impacto
Energy Storage Materials	1	17.789
Renewable and Sustainable Energy Reviews	1	14.982
Small	2	13.281
Chemical Engineering Journal	2	13.273
Applied Energy	1	9.746
Carbon	4	9.594
Journal of Cleaner Production	2	9.297
ACS Applied Materials and Interfaces	2	9.229
ChemSusChem	1	8.928
Journal of Colloid and Interface Science	1	8.128
Materials Today Nano	1	8.109
Renewable Energy	3	8.001
Science of the Total Environment	2	7.963

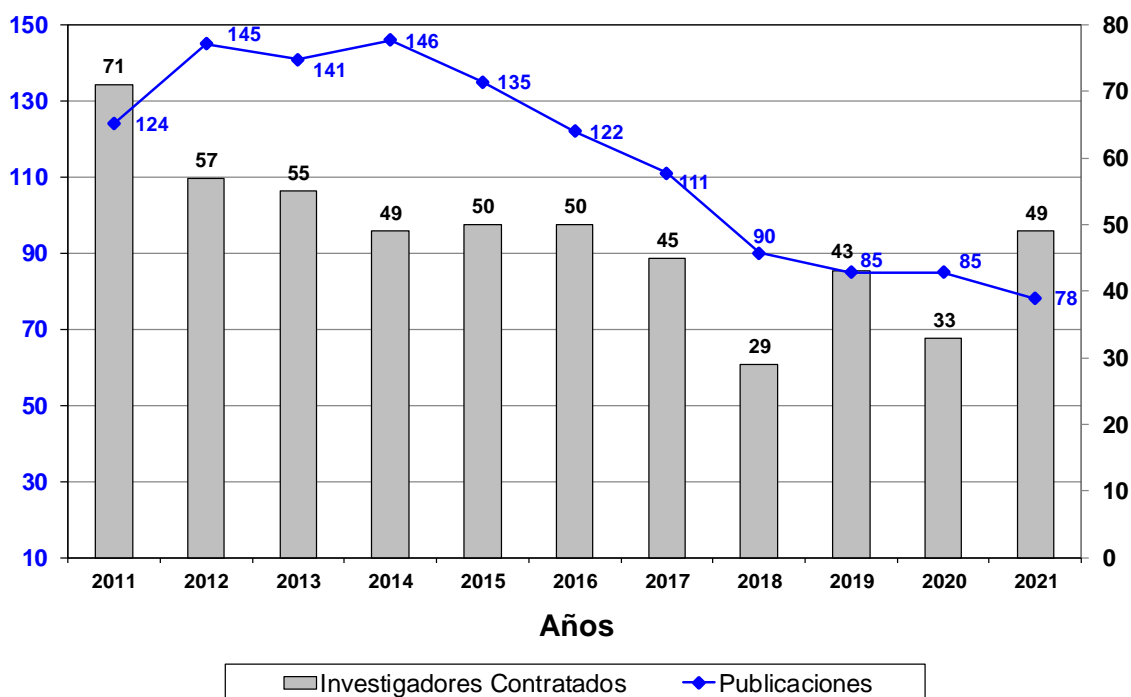


Figura 5. Relación entre el número de publicaciones científicas y el número de investigadores contratados entre los años 2011-2021.

5. REFERENCIAS

- [1] CSIC. Información general: <https://www.csic.es>
- [2] INCAR-CSIC. Información general: <https://www.incar.csic.es>
- [3] Equipamiento y técnicas disponibles en el INCAR:
<https://www.incar.csic.es/servicios-tecnicos/infraestructura-cientifica/equipamiento/>
- [4] Juego del INCAR: El Carbono en Nuestras Vidas:
<https://www.incar.csic.es/eventos-y-materiales/>
- [5] Ranking de la Universidad de Stanford de científicos del INCAR: https://www.incar.csic.es/wp-content/uploads/221104_Ranking-Universidad-de-Stanford.pdf [Acceso: 28/12/2022].
- [6] Exposición de 18 paneles conmemorativos del 75 aniversario de la fundación del INCAR.
[https://digital.csic.es/bitstream/10261/270485/Exposicion 75 años fundación INCAR.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/270485/Exposicion%2075%20años%20fundación%20INCAR.pdf)