

## 2.4 INDICADORES DE TRAYECTORIAS DE LOS INVESTIGADORES IBEROAMERICANOS: AVANCES DEL MANUAL DE BUENOS AIRES Y RESULTADOS DE SU VALIDACIÓN TÉCNICA

El presente informe ha sido elaborado a pedido de la RICYT por un equipo coordinado por la Lic. María Guillermina D'Onofrio (Subsecretaría de Evaluación Institucional del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva –MINCYT-, Argentina) e integrado por el Dr. Francisco Solís (Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía, España), la Lic. María Victoria Tignino (Subsecretaría de Evaluación Institucional del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva –MINCYT-, Argentina) y la Lic. Esther Cabrera (Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía, España). Para el desarrollo del informe se ha contado con el apoyo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

### 1. LA GÉNESIS DE LA PROPUESTA

Desde abril de 2009, la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), con el apoyo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de los Estados Iberoamericanos (CAEU-OEI), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) de Argentina y la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía de España, se encuentran elaborando una nueva guía conceptual y metodológica para la construcción de indicadores de ciencia y tecnología. Se trata del futuro Manual de Indicadores de Trayectorias Científicas y Tecnológicas de Investigadores Iberoamericanos de la RICYT, que también será denominado “Manual de Buenos Aires” en reconocimiento a la ciudad en donde surgió y se realizó la primera reunión de expertos en la temática.

La iniciativa de elaborar este Manual reconoce dos orígenes de naturaleza diferente pero complementaria.

Por un lado, esta propuesta se originó en la identificación de una necesidad estratégica: contar con un conocimiento más profundo y detallado acerca de las características de los recursos humanos altamente calificados disponibles en los países iberoamericanos y medir las capacidades de las diversas poblaciones de investigadores y de las instituciones que los albergan para producir y difundir conocimiento a lo largo del tiempo. Al igual que en otros trabajos similares de la RICYT, como el Manual de Lisboa o el Manual de Santiago, el grupo conformado con tal propósito se encuentra abordando una problemática que está creciendo fuertemente en todo el mundo y que se

estudia en diversos centros de investigación dedicados a estos temas en los países más desarrollados<sup>1</sup>.

Por otro lado, la propuesta se gestó a partir de la identificación de una posibilidad recientemente abierta: la utilización de la micro-información disponible en las bases electrónicas de los currículum vitae (CVs) estandarizados del personal científico y tecnológico, de creciente implementación en numerosos países de Iberoamérica (D'Onofrio 2009, D'Onofrio y Gelfman 2009). Estas bases electrónicas de CVs estandarizados (diseñados siguiendo algún formato común, desde la indicación de las grandes secciones que el formulario de CV debe incluir al detalle de los contenidos básicos de cada una de ellas, en ocasiones con opciones predeterminadas para seleccionar), constituyen una fuente de información privilegiada para la medición de las trayectorias de investigadores y que puede ser complementada -e incluso potenciada- por otras fuentes de información como las encuestas y las bases de datos bibliográficas y de patentes disponibles (D'Onofrio y Gelfman 2009). Han sido, además, fundamentales para la producción de los primeros avances en la materia a nivel iberoamericano,

1. Han sido fundamentales para la expansión de los estudios en este tema a nivel internacional los trabajos pioneros de los prestigiosos investigadores afiliados al Research Value Mapping Program (Barry Bozeman, Juan Rogers, Monica Gaughan, Elizabeth Corley, James Dietz y otros) fundado en el Georgia Institute of Technology (actualmente asentado en la Arizona State University), que desarrollaron un paradigma para la evaluación de las actividades científicas y tecnológicas realizadas por los individuos y las instituciones basado en las capacidades individuales y colectivas para la producción de conocimiento y el dinamismo del capital humano científico y tecnológico utilizando, entre otros, datos provenientes de los currículum vitae de los científicos e ingenieros. Una breve pero representativa panorámica del “estado de la cuestión” de buena parte de la investigación heredera de esa línea de trabajo puede consultarse en Cañibano y Bozeman (2009).

como muestran los trabajos de Hernán Jaramillo Salazar y otros explotando la base de datos curriculares CvLAC de la Plataforma ScienTI de Colombia (Jaramillo et al. 2006; 2008 a y 2008 b) y de Carolina Cañibano y otros (incluyendo la prueba de validación técnica de una selección de indicadores de trayectorias que se presenta en este trabajo) analizando datos provenientes del Sistema de Información Científica de Andalucía (SICA) de España (Cañibano et al. 2010).

La metodología para la elaboración de la propuesta de Manual ha incluido hasta el presente las siguientes etapas:

- recopilación y análisis de antecedentes, esto es, de los principales enfoques e indicadores tradicionalmente utilizados en materia de medición de los recursos humanos en ciencia, tecnología e innovación, especialmente por la OCDE y la RICYT, y las metodologías y resultados de las experiencias internacionales y regionales recientes de estudio de las carreras y trayectorias académicas de los científicos e ingenieros y su relación con la producción científica y tecnológica a partir de información proveniente de datos de CVs;
- I Taller de expertos<sup>2</sup> celebrado en abril de 2009 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para la constitución de una Subred temática de la RICYT dirigida a promover el desarrollo de un manual de indicadores de trayectorias de los recursos humanos en ciencia y tecnología. En ese encuentro se lograron poner en marcha las discusiones de esta Subred y se construyeron los acuerdos básicos sobre los aspectos generales del Manual, las principales problemáticas que debía abordar y de qué manera propondría una mirada cuantitativa a este tema. El análisis y la discusión crítica preliminar de distintos enfoques preexistentes sobre el estudio de las trayectorias profesionales de los científicos y tecnólogos, resultó ampliamente pertinente para la construcción de una perspectiva analítica distinta -aunque complementaria- a la tradicionalmente seguida por los indicadores de recursos humanos. En este Manual serán elementos como la perspectiva longitudinal de los eventos académicos y profesionales más significativos en las trayectorias de los investigadores, el análisis de las organizaciones de formación y trabajo en las que las desarrollan, y la consideración de las relaciones de interacción social en las que se encuentran involucrados, lo que permitirá construir un nuevo marco de estudio de las capacidades societales para la producción y la aplicación de conocimiento en los diferentes niveles de análisis de que se trate (países, instituciones, disciplinas, etcétera);
- elaboración de diversas propuestas preliminares de indicadores de trayectorias de investigadores. Dichas

2. Los participantes en el I Taller fueron: Mario Albornoz (Argentina), Rodolfo Barrere (Argentina), Iván de la Vega (Venezuela), María Guillermina D'Onofrio (Argentina), Sergio Duarte Masi (Paraguay), Julia Gelfman (Argentina), Rocio Grediaga Kuri (México), Hernán Jaramillo Salazar (Colombia), Carolina Lopera Oquendo (Colombia), Lucas Luchilo (Argentina), Mónica Salazar Acosta (Colombia), Roberto Pacheco (Brasil), Anna María Prat (Chile), Samaly Santa (España), Judith Sutz (Uruguay) y María Victoria Tignino (Argentina).

propuestas confluyeron en un documento para la discusión de seis dimensiones de análisis de las trayectorias, denominadas provisoriamente: continuidad, intensidad, precocidad, heterogeneidad, movilidad y colaboración, todas ellas con sus correspondientes definiciones y 44 indicadores que podrían construirse para medirlas. El documento para la discusión introdujo también el concepto de "cohortes de investigadores", entendidas como los conjuntos de individuos de poblaciones dadas que han compartido, en carácter de "contemporáneos", el mismo acontecimiento durante un período de tiempo específico (como las cohortes de nacimiento o las cohortes de graduación universitaria de una disciplina en determinado año), fundamental para considerar el impacto de diferentes eventos y procesos históricos compartidos por cada población de investigadores bajo análisis a lo largo de la vida;

- II Taller de expertos<sup>3</sup> celebrado en Sevilla en noviembre de 2009 para la discusión en profundidad de las dimensiones de análisis preliminares propuestas y el desarrollo metodológico de sus correspondientes indicadores y variables. Como resultado de los intercambios mantenidos en este segundo encuentro grupal, se consensuaron redefiniciones y especificaciones acerca de diversos aspectos de la medición del objeto bajo análisis.
- elaboración de una nueva versión, corregida y aumentada, del listado de los indicadores del Manual (compuesto finalmente por 52 indicadores descriptivos de las trayectorias de los investigadores) y constitución de un equipo de trabajo para la validación técnica de una selección de los indicadores de dicho listado a partir de datos curriculares disponibles en el Sistema de Información Científica de Andalucía (SICA). Reuniones del equipo de trabajo conformado con tal propósito a través de video-conferencias y encuentros presenciales realizados en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en abril de 2010<sup>4</sup> y en Granada en julio de 2010 ; y, finalmente,
- presentación y discusión de los avances producidos en la Subred temática, incluyendo los principales resultados de la prueba de validación técnica del Manual realizada con datos andaluces, en una Mesa específica del VIII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología de la RICYT que fue celebrado en Madrid en octubre de 2010 (con la

3. Los participantes en el II Taller fueron: Mario Albornoz (Argentina), Rodolfo Barrere (Argentina), Esther Cabrera (España), Carolina Cañibano (España), Daniela de Filippo (España), Iván de la Vega (Venezuela), María Guillermina D'Onofrio (Argentina), Sergio Duarte Masi (Paraguay), Antonio García Romero (España), Julia Gelfman (Argentina), Rocio Grediaga Kuri (México), Hernán Jaramillo Salazar (Colombia), Carolina Lopera Oquendo (Colombia), Lucas Luchilo (Argentina), José Navarrete (España), Emília Rodrigues Araújo (Portugal), María José Romero García (España), Mónica Salazar Acosta (Colombia), Silvia Sánchez (España), Francisco Solís (España), Roberto Pacheco (Brasil), Anna María Prat (Chile), Samaly Santa (España) y María Victoria Tignino (Argentina).

4. Los participantes en las reuniones de trabajo realizadas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fueron: Rodolfo Barrere, María Guillermina D'Onofrio, Julia Gelfman y María Victoria Tignino (Argentina) y Esther Cabrera y José Navarrete (España). En Granada fueron: María Guillermina D'Onofrio y María Victoria Tignino (Argentina) y Esther Cabrera, José Navarrete, María José Romero García, Silvia Sánchez y Francisco Solís (España).

participación de más de un centenar de profesionales especializados en la medición de la ciencia, la tecnología y la innovación provenientes de los diferentes países de la región iberoamericana).

Actualmente se encuentra en proceso de elaboración la versión preliminar del Manual, previéndose la discusión final de dicha versión con especialistas en la temática a mediados de 2011.

## 2. EL ENFOQUE DE LA RICYT PARA EL DISEÑO DE LOS INDICADORES DE TRAYECTORIAS DE INVESTIGADORES

La propuesta de indicadores de trayectorias de investigadores del Manual de Buenos Aires explora nuevos espacios analíticos en la producción de indicadores de recursos humanos en ciencia y tecnología, de naturaleza diferente -aunque complementaria- del modelo conceptual clásico según el cual los indicadores de recursos humanos son producidos en forma agregada para el nivel de análisis país (dando lugar a conteos de stock y flujo de investigadores, becarios u otro personal empleado en actividades de I+D, macro-caracterizados por edad, género, sector, disciplina científica y nivel de formación, entre otros aspectos) y considerados “insumos” de un sistema de ciencia y tecnología que, funcionando a modo de una “caja negra” de procesos no conocidos, produce “productos” y “resultados” de acuerdo a una lógica de “función de producción” (Lepori et al. 2008).

En el enfoque adoptado en este Manual, el foco de interés de la elaboración de los indicadores está puesto en la apertura de la “caja negra” a partir de la descripción y caracterización de los investigadores dentro del sistema de ciencia y tecnología. Siguiendo el “estado de la cuestión” (con ya una década de literatura de investigación internacional en esta temática), se asumieron dos cuestiones fundamentales:

- que los científicos y los tecnólogos no existen en el “vacío social”, sino que son miembros de varias instituciones sociales y colegas que están en interacción en una variedad de niveles (Bozeman et al. 2001) y
- que las asimetrías en la distribución de la productividad científica y tecnológica entre ellos están asociadas a sus patrones de comportamiento y estilos de trayectorias y a las capacidades de las diversas instituciones académicas y científicas en las que participan a lo largo de sus cursos de vida para la producción de conocimiento.

En ese marco, el Manual propondrá definir a las trayectorias científicas y tecnológicas como el devenir de aquellos eventos y roles socialmente definidos, graduados por la edad, que las diferentes poblaciones de investigadores viven y desempeñan a lo largo del tiempo en diferentes contextos (temporales, geográficos, disciplinarios, de intercambios en grupos de investigación y desarrollo, en redes de conocimiento, en instituciones

académicas y de ciencia, tecnología e innovación, u otros), particularmente de aquellos eventos y roles vividos y desempeñados por tales poblaciones de investigadores desde el desarrollo de su formación universitaria de grado o pregrado.

De acuerdo con tal definición, el Manual planteará un conjunto de indicadores dirigidos a describir y comparar los principales rasgos de las trayectorias que permiten marcar diferencias en la producción para cada población específica de investigadores (pertenecientes a diferentes países, cohortes de nacimiento y/o campos disciplinarios, entre los principales aspectos que, en cada caso, se recomendará especialmente considerar)<sup>5</sup>.

En el trabajo realizado hasta el momento se han identificado cinco rasgos básicos o dimensiones de análisis de las trayectorias de los investigadores:

- dedicación a la I+D: la dedicación anual a la realización de actividades de I+D, a tiempo completo o parcial, de una población dada de investigadores, durante el período de referencia o bien a lo largo de toda la trayectoria científica y tecnológica de esa población de investigadores;
- diversidad de perfiles profesionales, de perfiles de producción científica y tecnológica y/o de desempeño en diferentes campos disciplinarios: el desarrollo combinado y simultáneo de una pluralidad de actividades profesionales, la realización de una pluralidad de productos científicos y tecnológicos y/o el desempeño en una pluralidad de campos disciplinarios a lo largo de toda la trayectoria científica y tecnológica, de una población dada de investigadores en un período de referencia;
- temporalidad: la obtención de una determinada posición o experiencia de una determinada situación relativa a la trayectoria científica y tecnológica, en una edad o etapa temprana o tardía con respecto a una población dada de investigadores en un momento y contexto histórico determinado (especialmente referida a la temporalidad en la formación doctoral, en la producción científica y tecnológica, en la dirección de proyectos de I+D, y en la dirección de recursos humanos de I+D);
- movilidad: el cambio de ámbito institucional, sector y/o ámbito geográfico, en el transcurso de la formación académica y/o durante el desarrollo de actividades profesionales, de una población dada de investigadores en un período de tiempo determinado; y

5. Por tratarse de un Manual de comparabilidad regional e internacional, el nivel de análisis básico de los indicadores propuestos se define como el de las poblaciones de investigadores de cada uno de los países de la RICYT. Por la naturaleza de la temática abordada, la recomendación de este Manual es complementar esa comparabilidad interregional e internacional desagregándola, a su vez, en múltiples sub-niveles de análisis (de acuerdo con las cuestiones específicas bajo análisis). Se sugiere enfáticamente el cálculo más detallado de los indicadores generales para sub-poblaciones relativas a diferentes cohortes de investigadores, fundamentalmente de nacimiento, en tanto constituyen conjuntos de individuos de una población que han compartido, en carácter de “contemporáneos”, el mismo acontecimiento durante un período de tiempo específico y/o diferentes campos disciplinarios o, dentro de ellos, disciplinas.

- colaboración: el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas y la realización de productos en forma conjunta con colegas del mismo país y/u otros países por una población dada de investigadores durante un período de tiempo determinado (especialmente referida a la colaboración en la realización de proyectos de I+D, en la formación investigadora -tanto recibida como dirigida-, y en la producción científica y tecnológica).

Estrechamente articulada con la medición de los rasgos característicos de las trayectorias se encuentra en esta propuesta la medición de los productos de la actividad científica y tecnológica desarrollada por las diferentes poblaciones de investigadores. En este caso, el Manual sugerirá períodos (ventanas) de observación de 5 años y planteará la importancia de construir medidas resumen (sean éstas índices numéricos, tipologías u otras) dirigidas a dar cuenta de la complejidad y diversidad de los productos del trabajo cotidiano de los investigadores (enriqueciendo con ello los tradicionales indicadores de producción basados únicamente en conteos de papers y patentes registrados en las bases de datos internacionales de la “corriente principal de la ciencia”).

Por ello, propondrá el abordaje de los siguientes aspectos o componentes de la producción científica y tecnológica a lo largo de las trayectorias:

- la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico en sus distintas y variadas modalidades:
- artículos de investigación,
- libros de investigación,
- capítulos de libros de investigación,
- productos o procesos tecnológicos patentados (patentes, modelos de utilidad) o registrados (software, variedad animal o vegetal y todo diseño o modelo registrado) y
- productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o registrables,

construyendo diferentes medidas resumen para el nuevo conocimiento científico, el nuevo conocimiento tecnológico y el nuevo conocimiento científico y tecnológico de mayor calidad relativa (una sub-clasificación de los anteriores de acuerdo con diferentes criterios de calidad como el factor de impacto de la revista de publicación del artículo, el tipo de editorial del libro de investigación, el alcance nacional o internacional y/o la aplicación industrial del desarrollo tecnológico u otros criterios de valoración de la calidad a establecer);

- la producción de investigadores formados, fundamentalmente tesis de doctorado y maestría dirigidas o co-dirigidas, y
- la producción para la apropiación social del conocimiento y la extensión de las actividades de investigación:
- servicios científico-tecnológicos y consultorías,
- actividades y productos de extensión y difusión de información científico-tecnológica (cursos, cartillas, ponencias en congresos, manuales pedagógicos, etcétera).

### 3. UNA “CAJA DE HERRAMIENTAS” PARA LA MEDICIÓN DE LAS TRAYECTORIAS DE LOS INVESTIGADORES

Como resultado del enfoque sucintamente presentado en el apartado anterior, el Manual de Buenos Aires propondrá:

- un conjunto de indicadores “descriptivos” de los principales rasgos que permiten caracterizar las trayectorias de los investigadores pertenecientes a cada uno de los países miembros de la RICYT, y
- una matriz para la elaboración de un conjunto de indicadores “compuestos” de trayectorias de investigadores, a partir del entrecruzamiento de uno o varios rasgos característicos de las trayectorias identificados (esto es, dedicación, diversidad, temporalidad, movilidad y colaboración) con uno o varios aspectos o componentes de la producción científica y tecnológica propuestos (esto es, nuevo conocimiento científico, nuevo conocimiento tecnológico, nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad, nuevo conocimiento científico y tecnológico en general, productos de formación, y productos para la apropiación social del conocimiento).

El Manual de Buenos Aires funcionará así como una “caja de herramientas”: un instrumento teórico y metodológico para la construcción e interpretación de indicadores de trayectorias de investigadores que permitirá garantizar un conjunto de mediciones estandarizadas para el establecimiento de comparaciones representativas de nivel regional y, a la vez, abrirá una multiplicidad y diversidad de otros usos “a medida”, cada vez que su propuesta analítica se inscriba en los contextos concretos de la evaluación de las actividades científicas y tecnológicas a nivel de cada uno de los países e, incluso, de cada una de las instituciones de la región iberoamericana.

La **Tabla 1** muestra los 52 indicadores descriptivos definidos, clasificados de acuerdo a las dimensiones y sub-dimensiones de análisis a las que corresponden. El Manual ofrecerá una descripción detallada de cada uno de esos indicadores, indicando sus variables y la micro-información curricular que resulta necesaria para su construcción. Incluirá también una sección especial con un modelo de CV científico y tecnológico estandarizado que, a modo de formulario electrónico de encuesta, contendrá las variables mínimas requeridas para la elaboración de la propuesta de indicadores, para su potencial aplicación en los países de la región sin bases de CV.

La **Tabla 2** presenta la matriz diseñada para la elaboración de los indicadores compuestos del Manual a partir del entrecruzamiento de las cinco dimensiones de análisis (con sus sub-dimensiones) que permiten caracterizar las trayectorias de los investigadores (y las diversas combinaciones que entre algunas o todas ellas pueda ser pertinente, en cada caso concreto, formular) y las medidas resumen de las siete diferentes componentes de la producción propuestas.

**Tabla 1. Listado de indicadores descriptivos de trayectorias de investigadores**

DIMENSIÓN DE TRAYECTORIA	SUB-DIMENSIÓN	INDICADORES DESCRIPTIVOS
DEDICACIÓN	<i>a la actividad investigadora</i>	1. Porcentaje de investigadores con dedicación completa a la I+D a lo largo de la trayectoria científica y tecnológica respecto al número total de investigadores del país en el año de referencia
	<i>el período de referencia</i>	2. Porcentajes de investigadores del país según patrones de dedicación a la I+D durante el período de referencia
DIVERSIDAD	<i>de perfiles profesionales</i>	3. Porcentajes de investigadores del país según tipos de perfiles de trayectoria profesional en el año de referencia
		4. Porcentajes de investigadores del país según patrones de perfiles de trayectoria profesional durante el período de referencia
	<i>de perfiles de producción científica y tecnológica</i>	5. Porcentaje de investigadores con producción científica y tecnológica respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		6. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción científica y tecnológica durante el período de referencia
		7. Porcentajes de investigadores del país según patrones de producción científica y tecnológica durante el período de referencia
		8. Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		9. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico durante el período de referencia
		10. Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		11. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción de nuevo conocimiento científico durante el período de referencia
		12. Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento tecnológico respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		13. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción de nuevo conocimiento tecnológico durante el período de referencia
		14. Porcentaje de investigadores con producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		15. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad durante el período de referencia
		16. Porcentaje de investigadores con producción de recursos humanos de I+D formados respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		17. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción de recursos humanos de I+D formados durante el período de referencia
		18. Porcentaje de investigadores con producción para la apropiación social del conocimiento respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		19. Porcentajes de investigadores del país según niveles de producción para la apropiación social del conocimiento durante el período de referencia
	<i>disciplinaria</i>	20. Porcentajes de investigadores del país según niveles de diversidad disciplinaria a lo largo de la trayectoria científica y tecnológica durante el período de referencia
		21. Porcentajes de investigadores del país según niveles de diversidad disciplinaria en la producción a lo largo de la trayectoria científica y tecnológica durante el período de referencia
TEMPORALIDAD	<i>en la graduación doctoral</i>	22. Porcentaje de investigadores con precocidad en la graduación doctoral respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		23. Grado de precocidad en la graduación doctoral de los investigadores del país con título de doctor durante el período de referencia
	<i>en la producción científica y tecnológica</i>	24. Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		25. Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento durante el período de referencia

		26. Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento científico respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		27. Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento científico de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento científico durante el período de referencia
		28. Porcentaje de investigadores con precocidad en la producción de nuevo conocimiento tecnológico respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		29. Grado de precocidad en la producción de nuevo conocimiento tecnológico de los investigadores del país con producción de nuevo conocimiento tecnológico durante el período de referencia
	<i>en la dirección de proyectos de I+D</i>	30. Porcentaje de investigadores con precocidad en la dirección de proyectos de I+D respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		31. Grado de precocidad en la dirección de proyectos de I+D de los investigadores del país con proyectos de I+D dirigidos durante el período de referencia
	<i>en la dirección de recursos humanos de I+D</i>	32. Porcentaje de investigadores con precocidad en la dirección de recursos humanos de I+D respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		33. Grado de precocidad en la dirección de recursos humanos de I+D de los investigadores del país con dirección de recursos humanos de I+D durante el período de referencia
MOVILIDAD	<i>en la formación</i>	34. Porcentaje de investigadores con movilidad institucional durante la formación respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		35. Porcentaje de investigadores con movilidad espacial durante la formación respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
	<i>laboral</i>	36. Porcentaje de investigadores con movilidad institucional durante la trayectoria profesional respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		37. Grado de movilidad institucional de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional durante el período de referencia
		38. Porcentaje de investigadores con movilidad sectorial durante la trayectoria profesional respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		39. Grado de movilidad sectorial de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional durante el período de referencia
		40. Porcentaje de investigadores con movilidad espacial durante la trayectoria profesional respecto al número total de investigadores del país durante el período de referencia
		41. Grado de movilidad espacial de los investigadores del país a lo largo de su trayectoria profesional durante el período de referencia
COLABORACIÓN	<i>en la realización de proyectos de I+D</i>	42. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la realización de proyectos de I+D durante el período de referencia
		43. Grado de colaboración en la realización de proyectos de I+D de los investigadores del país durante el período de referencia
	<i>en la formación investigadora</i>	44. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la formación investigadora durante el período de referencia
	<i>en la producción científica y tecnológica</i>	45. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico durante el período de referencia
		46. Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de los investigadores del país durante el período de referencia
		47. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad durante el período de referencia
		48. Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad de los investigadores del país durante el período de referencia
		49. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico durante el período de referencia
		50. Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento científico de los investigadores del país durante el período de referencia
		51. Porcentajes de investigadores del país según tipos de colaboración en la producción de nuevo conocimiento tecnológico durante el período de referencia
		52. Grado de colaboración en la producción de nuevo conocimiento tecnológico de los investigadores del país durante el período de referencia

Tabla 2. Matriz de indicadores compuestos de trayectorias de investigadores

PRODUCTOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE INVESTIGADORES		Productos de nuevo conocimiento científico y tecnológico				Recursos humanos de I+D formados	Productos para la apropiación social del conocimiento	SÍNTESIS DE PRODUCTOS
		Nuevo conocimiento científico	Nuevo conocimiento tecnológico	Nuevo conocimiento científico y tecnológico de alta calidad	Síntesis de productos de nuevo conocimiento			
INVESTIGADORES CON DIFERENTES RASGOS DE TRAYECTORIAS								
Dedicación	a la actividad investigadora							
Diversidad	de perfiles profesionales							
	de perfiles de producción científica y tecnológica							
	disciplinaria							
Temporalidad	en la graduación doctoral							
	en la producción científica y tecnológica							
	en la dirección de proyectos de I+D							
	en la dirección de recursos humanos de I+D							
Movilidad	en la formación							
	profesional							
Colaboración	en la realización de proyectos de I+D							
	en la formación investigadora							
	en la producción científica y tecnológica							
COMBINACIONES DE RASGOS								

#### 4. LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VALIDACIÓN TÉCNICA

La prueba de validación técnica de una parte importante de los indicadores de trayectorias de investigadores que contendrá el Manual de Buenos Aires se realizó utilizando, con carácter anónimo, datos disponibles en el Sistema de Información Científica de Andalucía (SICA). Este sistema, pionero en España y Europa, fue creado en el año 2001 y desde entonces recoge los CVs electrónicos actualizados de los investigadores andaluces y sus colaboradores extra-andaluces<sup>6</sup>.

La muestra de población sobre la cual se realizó la prueba, cuya información curricular fue descargada en julio de 2010, corresponde a 15.557 docentes investigadores andaluces empleados por universidades públicas (esto es, el 85% de la población investigadora andaluza registrada en el SICA) y que presentan al menos un tipo de actividad científica y tecnológica registrada en su CV en los últimos cinco años. El perfil predominante de esa muestra de investigadores es el de una población masculinizada (prácticamente dos terceras partes de la muestra son varones), concentrada entre los 30 y los 49 años de edad, y pertenecientes a las ciencias naturales y a las ciencias sociales (casi tres de cada diez docentes investigadores universitarios de la muestra son, respectivamente, de una

de esas dos grandes áreas del conocimiento; para ubicarse luego, en orden decreciente, las humanidades, las ingenierías y tecnologías, las ciencias médicas y de la salud, y -con una representación mucho menor- las ciencias agrarias).

La primera tarea desarrollada por el equipo multidisciplinario conformado *ad hoc*<sup>7</sup> consistió en identificar las variables del SICA que permitirían construir los indicadores descriptivos presentes en la batería preliminar del Manual<sup>8</sup>. A partir de esas variables (a veces directamente, otras transformadas) se extraía la información curricular para el cálculo de los indicadores y se realizaban diversas pruebas, tanto estadísticas como de consistencia, con respecto a cada concepto en medición. Como resultado de ese proceso, en numerosos casos se comprobó la aplicabilidad y potencialidad de los indicadores propuestos para dar cuenta de las diferentes dimensiones bajo análisis y se fueron estableciendo indicadores definitivos. En otros casos, en cambio, no se llegó inmediatamente a resultados válidos, sino que fue necesario refinar los alcances y atributos de los indicadores definidos preliminarmente, lo cual llevó a realizar nuevas búsquedas de variables y extracciones de información, implementándose nuevos procesos de cálculo.

7. Integrado por sociólogos, economistas, documentalistas, estadísticos e ingenieros informáticos especializados en gestión de la I+D.

8. Algunos indicadores no pudieron probarse técnicamente por falta de información curricular suficiente en la base de datos del SICA, encontrándose actualmente en desarrollo una versión ampliada y renovada del sistema que se denominará SICA 2.0.

6. Para más información acerca de la experiencia, situación actual y perspectivas futuras del Sistema de Información Científica de Andalucía (SICA), consultar Solís Cabrera (2008) y <http://sicaresearch.cica.es>, entre otros.

#### 4.1. Cómo se midieron los rasgos de las trayectorias

De los cinco rasgos característicos de las trayectorias de los investigadores identificados en el Manual, se han concluido las pruebas de validación técnica en tres de ellos: dedicación, diversidad y temporalidad. En esta sección se ofrece una breve descripción de la metodología aplicada.

##### • *Dedicación a la actividad investigadora*

Con el propósito de medir el nivel de dedicación a la I+D de la población investigadora de la muestra a lo largo de la trayectoria laboral de cada uno de los docentes investigadores universitarios que la integran, se extrajo la información curricular correspondiente a las siguientes variables:

- días por año en los que cada investigador ha estado dedicado a actividades de I+D a tiempo parcial (DPA),
- días por año en los que cada investigador ha estado dedicado a actividades de I+D a tiempo completo (DCA), y
- total de años de la trayectoria laboral de cada investigador.

Con la información reunida para estas variables se implementó el siguiente procedimiento de cálculo:

1. tiempo anual a dedicación completa (TDC) =  $DCA + (DPA/2)$ ,
2. si  $TDC < 75\%$  de 365 días, se le imputó ese año al investigador como “con dedicación parcial a actividades de I+D”,
3. si  $TDC \geq 75\%$  de 365 días, se le imputó ese año al investigador como “con dedicación completa a actividades de I+D”,
4. sobre el total de años de la trayectoria laboral, se calculó el % de años que el investigador ha estado “con dedicación completa a actividades de I+D” y el % de años en los que ha estado “con dedicación parcial a actividades de I+D”, y
5. se clasificó al investigador en “con trayectoria de dedicación completa” o “con trayectoria de dedicación parcial” de acuerdo al porcentaje mayoritario obtenido en el punto anterior.

El punto 1 del procedimiento descrito calculó la cantidad de tiempo a lo largo de cada año que cada investigador ha estado realizando actividades de I+D con dedicación completa, teniendo en cuenta no sólo los días de la variable DCA, sino también la suma de aquellas fracciones de tiempo en las que el investigador se dedicó a la realización de actividades de I+D con dedicación parcial (DPA).

Los puntos 2 y 3 permitieron clasificar cada uno de los años de la trayectoria laboral de cada investigador, como años en los que cada investigador estuvo “completamente” dedicado a actividades de I+D o no. El criterio para identificar un año como “con dedicación completa” se estableció atendiendo a que más del 75% de los días del año el investigador hubiera registrado dedicación completa en la realización de actividades de I+D.

Finalmente, en los puntos 4 y 5 se decidió si un investigador era “con trayectoria de dedicación completa” o “con trayectoria de dedicación parcial” en su desempeño en actividades de I+D de acuerdo a si el porcentaje de años en los que se dedicó “con dedicación completa” o “con dedicación parcial” a tales actividades había superado o no el 50% del total de años que componían su trayectoria laboral.

##### • *Diversidad*

Para la prueba de validación técnica de este rasgo de trayectoria de los investigadores se seleccionó la subdimensión diversidad de perfiles profesionales. Se definieron cinco tipos de actividades científicas y tecnológicas característicamente desempeñadas en Andalucía por los investigadores adscritos a universidades, que los investigadores de la muestra podían haber realizado o realizar exclusiva o simultáneamente y que fueron construidos con los siguientes conjuntos de variables:

##### Actividades de I+D

- número de estancias como becarios, doctorales o postdoctorales,
- número de proyectos de I+D dirigidos o participados,
- evaluador en comités de revistas,

##### Actividades de docencia universitaria

- días de docencia como invitado o como contratado,
- porcentaje de la jornada laboral de dedicación a la docencia actual,

##### Actividades de formación de recursos humanos en I+D

- número de tesis doctorales dirigidas,

##### Actividades de dirección y/o gestión institucional

- número de experiencias profesionales en gestión,
- número de eventos organizados,

##### Actividades de prestación de servicios y/o transferencia

- número de contratos y/o convenios dirigidos o participados, y
- otros tipos de experiencia relacionada con la transferencia

Se calculó, para cada investigador de la muestra, el porcentaje de presencia de cada uno de esos cinco perfiles o tipos de actividades científicas y tecnológicas a lo largo de su trayectoria profesional. Se construyeron así cinco variables que recogían, respectivamente, el porcentaje que cada tipo de actividad representaba en cada investigador, obteniendo de esta forma un vector con 5 valores para cada uno de los investigadores bajo análisis.

Sobre este vector resultante, se realizó un estudio de clusters dirigido a detectar posibles asociaciones entre perfiles de actividades. El método de agrupación usado fue el de conglomerados de las k-medias, el más recomendado cuando se trabaja con una elevada cantidad de observaciones. Se construyeron así 7 diferentes conglomerados cuyos centroides<sup>9</sup> representaban la

**Tabla 3. Centroides de los clusters de perfiles de actividades de investigadores andaluces**

Perfil de actividad	Conglomerados						
	1	2	3	4	5	6	7
Docente	42,467	91,141	68,028	9,160	0,837	0,239	42,692
Gestión	0,887	0,242	2,272	60,685	0,556	0,000	2,812
Investigador	17,883	5,190	22,507	23,301	90,728	1,346	41,892
Transferencia	2,497	1,813	2,750	5,327	7,029	98,415	3,665
Formador	36,266	1,614	4,442	1,527	0,849	0,000	8,938

presencia media de cada tipo o perfil de actividad profesional que puede observarse en la **Tabla 3**.

Finalmente, se consideraron como profesionalmente “diversos” a aquellos investigadores clasificados en clusters en los que los centroides presentaban valores significativos para más de un perfil de actividad. Los investigadores ubicados en los conglomerados 1 (fundamentalmente docentes y formadores de recursos humanos de I+D, con presencia de I+D), 3 (preponderantemente docentes, pero combinado con el desarrollo parcial de actividades de I+D), 4 (gestores e investigadores científicos y tecnológicos, con docencia universitaria parcial) y 7 (docentes e investigadores en proporciones equivalentes, con actividades de formación de recursos humanos de I+D) fueron clasificados como “diversos”; y los pertenecientes a los conglomerados 2 (fundamentalmente docentes), 5 (casi exclusivamente investigadores) y 6 (fundamentalmente dedicados a la transferencia) como “no diversos”.

• *Temporalidad*

La prueba de validación técnica de este rasgo de trayectoria de los investigadores se realizó para tres de sus cuatro sub-dimensiones: temporalidad en la producción científica y tecnológica (diferenciando entre ambas), en la dirección de proyectos de I+D y en la dirección de recursos humanos de I+D.

El criterio adoptado para decidir si un investigador podía ser clasificado como temporalmente “precoz” (esto es, con temporalidad temprana) o no, consistió en comparar la “edad en la que el investigador presentó por primera vez” una determinada experiencia de vida o producto con respecto a la edad en la que habitualmente se producía este hecho en la población de referencia (por ejemplo, la totalidad de la muestra, los investigadores de su cohorte de nacimiento o los investigadores pertenecientes a su mismo campo disciplinario). Para posicionar la edad “habitual” de la población investigadora de referencia, se comenzó identificando el estadístico moda como un posible y adecuado indicador de ese hito entre los investigadores andaluces incluidos en la muestra.

Para cada una de las sub-dimensiones de interés se extrajo del SICA la información correspondiente a las siguientes variables:

Temporalidad en la producción científica

- edad en la que el investigador publicó su primer libro,
- edad en la que el investigador publicó su primer capítulo de libro,
- edad en la que el investigador publicó su primer artículo,

Temporalidad en la producción tecnológica

- edad en la que el investigador solicitó su primera patente,
- edad en la que el investigador solicitó su primer modelo de utilidad,
- edad en la que el investigador solicitó su primer producto registrable de otro tipo,
- edad en la que el investigador solicitó su primer producto no patentable,

Temporalidad en la dirección de proyectos de I+D

- edad en la que el investigador dirigió su primer proyecto de investigación, y

Temporalidad en la dirección de recursos humanos de I+D

- edad en la que el investigador dirigió su primera tesis.

Para estudiar el comportamiento de la moda como estadístico que estableciera la “edad de primera vez” habitual de la población, se realizaron las primeras pruebas de la temporalidad de las trayectorias teniendo en cuenta todas las actividades y productos considerados a la vez o, dicho en términos de variables, seleccionando el mínimo de la edad de primera vez de todas las variables extraídas del SICA para esta dimensión analítica. Así, se construyó una nueva variable denominada “edad de primera vez”, que contenía para cada investigador de la muestra la edad mínima a la que empezó a producir artículos, libros, capítulos de libros, patentes u otros tipos de productos de nuevo conocimiento, a dirigir tesis, o a dirigir proyectos de I+D. Esta variable se estratificó de acuerdo a la pertenencia de los investigadores de la muestra a un determinado campo disciplinario y cohorte de nacimiento o generación, y en cada uno de esos estratos se calculó la moda. Seguidamente se procedió a comparar, para cada investigador, su “edad de primera vez” con la moda de su estrato correspondiente, siendo finalmente clasificado como “precoz” o “no precoz” atendiendo a que su “edad de primera vez” fuera menor o mayor respectivamente a la citada moda.

Sin embargo, cuando se contabilizó qué porcentaje de la población quedaba clasificada como temporalmente “precoz” bajo este procedimiento, se encontró que se trataba, muy frecuentemente, de la mayoría de la población. Este hecho entraba en contradicción con el

9. Medias de cada componente de los vectores asociados a los investigadores pertenecientes a cada cluster.

propósito de medición de esta dimensión, que considera a la temporalidad temprana o precoz como una característica que se presenta de manera minoritaria en la población, dado que el objetivo es estudiar los patrones de producción de aquellos investigadores en los que un determinado hito de su trayectoria profesional se presenta antes de lo habitual en su contexto socio-temporal.

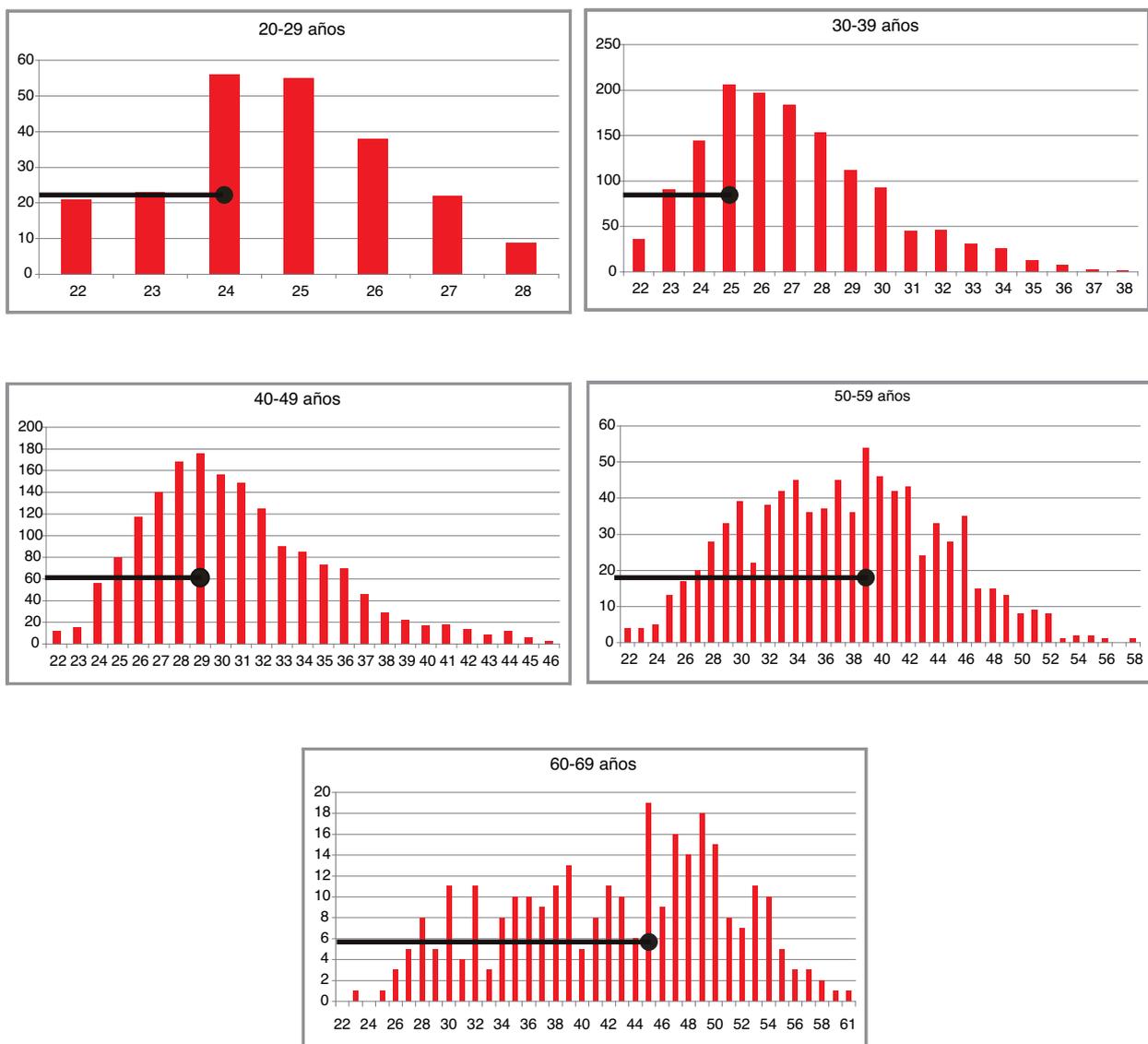
Los histogramas que representan la variable “edad de primera vez” para las distintas cohortes de nacimiento y disciplinas científicas arrojan luz sobre esta distribución de la población en “precozes” y “no precozes” atendiendo a la clasificación que establecería el estadístico moda. El **Gráfico 1** permite visualizar, a modo de ejemplo, esa información para los investigadores andaluces de la

muestra pertenecientes al campo de las “Ciencias sociales” de diferentes generaciones, con la posición de la moda señalizada con un punto y la parte de la muestra que consiguientemente iba quedando clasificada como temporalmente “precoz” subrayada por una línea.

Se observó que a medida que se avanzaba en el análisis de las generaciones, la moda se iba desplazando hacia la derecha provocando que un elevado número de investigadores deban ser clasificados como “precozes”.

Para evitar que eso ocurriera, se optó finalmente por seleccionar y probar otra medida estadística: el primer cuartil o percentil 25 (el valor en el cual o por debajo del cual queda una cuarta parte o el 25% de los datos de la

**Gráfico 1. Investigadores andaluces de ciencias sociales precoces en la realización de algún producto científico y tecnológico, distintas generaciones (cálculos preliminares a partir de la moda)**



población considerada), como indicador de la “edad de primera vez” menos habitual y, por tanto, “precoz” (en tanto el otro 75% de la misma población pertenecerá al patrón más “común”).

#### 4.2. Cómo se midió la producción de resultados científicos y tecnológicos y se construyó un índice sintético

La producción científica y tecnológica de los investigadores de la muestra, considerada en su complejidad y diversidad siguiendo la propuesta del Manual, fue medida construyendo un novedoso indicador sintético que se propuso condensar en una única medida el conjunto de productos de las actividades realizadas por los investigadores y ponderarlos de acuerdo a su importancia relativa.

La estructura básica del Indicador Sintético de Producción (ISP) especialmente elaborado para esta prueba de validación se inspiró en un índice de naturaleza similar, pero referido a la producción científica y tecnológica de los grupos de I+D de Colombia, el ScientiCol (COLCIENCIAS 2008).

Su cálculo consistió en la suma de tres componentes (expresión de los tres aspectos de la producción propuestos), cada una de ellas ponderadas por un peso determinado. Estas componentes fueron estandarizadas entre 0 y 10, permitiendo que el índice se mueva acotado entre tales valores.

Su fórmula básica es:

$$ISP = PNC \cdot NC + PF \cdot F + PASC \cdot ASC,$$

entendiendo por NC la producción de nuevo conocimiento (ítems tradicionales de resultados científicos y tecnológicos asociados a la generación de conocimiento), por F la formación de nuevos recursos humanos de I+D y por ASC la producción para la apropiación social del conocimiento (productos relacionados con la difusión y la transferencia del conocimiento producido hacia la sociedad).

Para la prueba de validación técnica se desagregó, además, la componente NC en tres sub-componentes, con el objeto de detectar posibles comportamientos diferenciales que permanecerían ocultos si sólo se estudiara esa componente de manera global: Nuevo Conocimiento Científico (NCC), Nuevo Conocimiento Tecnológico (NCT) y Nuevo Conocimiento de Alta Calidad (NCA).

Las componentes del ISP están formadas por ítems identificados como cada uno de los

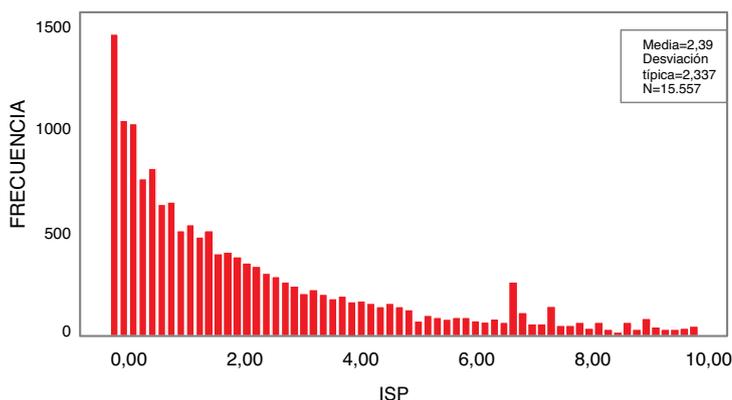
tipos posibles (con disponibilidad de información curricular en la base de datos para su cálculo) y relevantes de productos resultantes de la actividad científica y tecnológica de los investigadores. Al igual que las componentes estuvieron ponderadas por unos pesos, los ítems que las integran también llevaron asociados pesos específicos que pretendieron conceder una diferente importancia relativa a cada uno de ellos <sup>15</sup>. En el ANEXO se ofrece la lista completa de los ítems incluidos en cada componente para la prueba.

Los ítems de la producción se midieron en una ventana temporal de 5 años que, en el caso de este estudio comprendió el período 2005-2009, por lo que todos aquellos investigadores andaluces que no presentaban ningún registro de producto o actividad científica y tecnológica durante ese período fueron descartados de la muestra de trabajo al ser considerados como inactivos.

Dado que los indicadores compuestos de trayectorias (cuyos resultados preliminares se ejemplificarán a continuación) están dirigidos a conocer la influencia que los rasgos básicos o dimensiones de las trayectorias de los investigadores ejercen sobre sus niveles de producción científica y tecnológica, medidos esos niveles en el marco de esta prueba a través del ISP, se consideró importante establecer si el comportamiento del índice sintético construido podría ajustarse a una distribución normal, de cara a posteriores contrastes de hipótesis que permitieran verificar la igualdad o diferencia del ISP en presencia o no de los rasgos o dimensiones de las trayectorias.

El Gráfico 2 contiene un histograma de frecuencias de los valores que asume el ISP entre los investigadores de la muestra que lleva a afirmar que el índice sintético no sigue una distribución normal: la mayoría de los investigadores bajo estudio presentan los valores más bajos de ese indicador, mientras que sólo una minoría alcanza los más altos niveles de producción científica y tecnológica. Adicionalmente se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, cuyos resultados confirmaron el rechazo de la normalidad.

Gráfico 2. Distribución del ISP en investigadores andaluces



Fuente: SICA.

Es importante destacar que durante el proceso de construcción de este índice sintético de producción se realizaron diversas modificaciones consistentes en variaciones en los pesos y/o componentes del ISP pero obteniendo siempre valores en el índice coherentes con esas variaciones, lo que permite caracterizar al índice resultante como robusto. Otra cualidad del índice que merece ser destacada es la sencillez y agilidad que implica su cálculo, siempre

que se disponga -como es el caso del SICA- de la información curricular de los investigadores pertinente.

#### 4.3. Qué mostraron los primeros cálculos de indicadores descriptivos e indicadores compuestos de trayectorias de investigadores

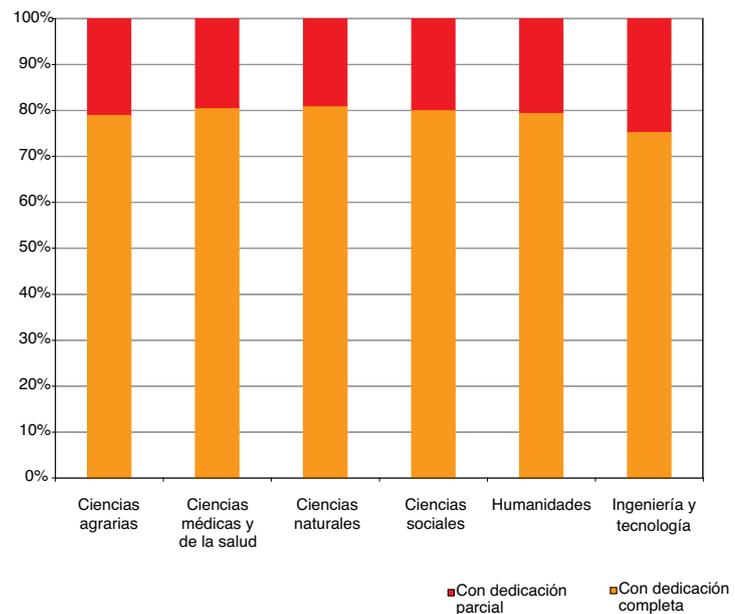
En esta sección se presentan algunos resultados obtenidos a partir de los cálculos desarrollados para una selección de indicadores descriptivos correspondientes a las dimensiones dedicación, diversidad y temporalidad probadas, estudiando luego su influencia en los valores del Índice Sintético de Producción a modo de construcción de indicadores compuestos de trayectorias de investigadores.

##### • Dedicación a la actividad investigadora y producción

Con los criterios establecidos anteriormente para clasificar los 15.557 investigadores de la muestra en “con trayectoria de dedicación completa” o “con trayectoria de dedicación parcial” (es decir, que se han dedicado a la realización de actividades de I+D a lo largo de su trayectoria profesional mayoritariamente en forma completa para los primeros o parcial para los segundos), se obtuvo que el 20,3% de los investigadores estudiados eran “con trayectoria de dedicación parcial” y -por ello- el 79,7% pertenecía a la categoría de los “con trayectoria de dedicación completa” (dato, este último, que representa la prueba de validación del cálculo del indicador descriptivo 1 presentado en la Tabla 1).

El **Gráfico 3** permite observar la distribución de investigadores con dedicación completa a la actividad investigadora a lo largo de su trayectoria profesional y para cada disciplina científica, manteniéndose fuertemente la tendencia indicada para el conjunto de la población investigadora de la muestra.

**Gráfico 3. Investigadores andaluces con dedicación completa y parcial a lo largo de sus trayectorias por campos disciplinarios**



Fuente: SICA.

La **Tabla 4** resume los valores medios que alcanzan tanto el ISP como cada una de sus componentes de acuerdo a la presencia o no del rasgo de trayectoria estudiado en esta dimensión, es decir, de acuerdo a la dedicación completa o parcial a la I+D a lo largo de la trayectoria investigadora. Se trata de un conjunto de indicadores compuestos de trayectoria que permitirían completar los valores que asume la relación entre el rasgo “dedicación a la actividad investigadora” y las distintas expresiones de la producción científica y tecnológica propuestas en el Manual para una población de investigadores en un período determinado (conjunto representado en la primera fila de la matriz de indicadores compuestos de trayectorias que figura en la Tabla 2).

Los datos obtenidos revelan una ligera diferencia en los valores de la producción científica y tecnológica cuando se calculan sus diferentes componentes sobre la sub-muestra de investigadores andaluces con dedicación completa a lo largo de sus trayectorias con respecto a los de dedicación parcial.

Como se apuntó anteriormente, para acreditar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento del ISP y sus componentes en cada una de las sub-muestras de

**Tabla 4. Medias del ISP y sus componentes en investigadores andaluces con dedicación completa y parcial a lo largo de sus trayectorias**

Dedicación a la actividad investigadora	ISP	NC	NCC	NCT	NCA	F	ASC
Con trayectoria de dedicación completa	2,46	3,04	2,99	0,22	2,86	1,09	1,31
Con trayectoria de dedicación parcial	2,08	2,63	2,60	0,19	2,47	0,67	1,23

Fuente: SICA.

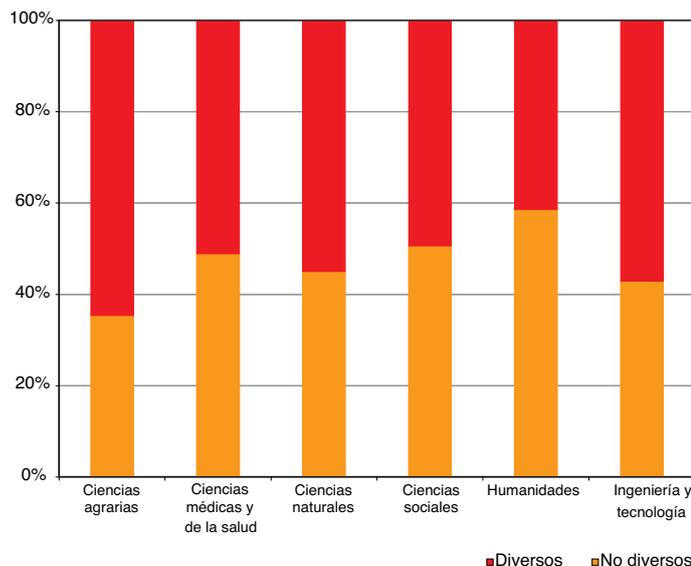
investigadores bajo estudio, se realizaron diversos contrastes de hipótesis. Como quedó demostrado a través de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, el ISP (al igual de lo que ocurre con sus componentes) no sigue una distribución normal, lo que lleva a la implementación de contrastes de hipótesis no paramétricos como son el test de Kruskal-Wallis y el test de la mediana. Los resultados obtenidos en estos dos contrastes de hipótesis permitieron afirmar que tanto el ISP como las componentes NC, NCC, NCA y F presentan un comportamiento distinto entre las sub-muestras de los investigadores que se han dedicado en forma completa a actividades de I+D a lo largo de su trayectoria profesional y los que no lo hicieron. A todo ello cabe agregar que las medias de los índices de producción construidos eran superiores entre los primeros tipos de investigadores, pudiéndose concluir que, en el marco de la prueba realizada, la dedicación completa a la I+D a lo largo de la trayectoria influye positivamente en la producción de los investigadores.

- Diversidad de perfiles profesionales y producción

De acuerdo a los criterios descritos para ordenar a los investigadores de la muestra según sus tipos de perfiles de trayectoria profesional (tipos de perfiles reflejados en los 7 conglomerados emergentes de las combinaciones de las actividades científicas y tecnológicas por ellos desarrolladas, que podrían dar lugar al cálculo del indicador descriptivo 3 de la Tabla 1) y luego clasificarlos en “diversos” y “no diversos”, se obtuvo que un 51,2% de la muestra global estaba compuesta por investigadores andaluces que se habían dedicado a diversas actividades profesionales a lo largo de su trayectoria y un 48,8% que se habían concentrado en una sola actividad.

En el **Gráfico 4** se muestra la distribución de los investigadores de la muestra con perfiles profesionales “diversos” y “no diversos” a lo largo de sus trayectorias para cada campo disciplinario. En este caso, a diferencia de lo que se observaba en la dimensión dedicación a la I+D, se marcan algunas especificidades entre las distintas comunidades científicas. Los investigadores andaluces de las Humanidades son los menos diversos de la muestra (41%), mientras que los más diversos son los de las Ciencias agrarias y las Ingenierías y tecnologías (65% y 57% respectivamente)

**Gráfico 4. Investigadores andaluces con perfiles profesionales diversos y no diversos a lo largo de sus trayectorias por campos disciplinarios**



Fuente: SICA.

El cálculo del ISP y sus componentes en las sub-muestras de investigadores diversos y no diversos, así como en cada conglomerado emergente o tipo de perfil de actividad profesional desarrollada a lo largo de la trayectoria, se presenta en la **Tabla 5**. Se trata de otro conjunto de indicadores compuestos de trayectoria que permitirían completar los valores que asume la relación entre el rasgo “diversidad de perfiles profesionales” y las distintas expresiones de la producción propuestas en el Manual para una población de investigadores en un período determinado (correspondiente, en este

**Tabla 5. Medias del ISP y sus componentes en investigadores andaluces con diversidad de perfiles profesionales a lo largo de sus trayectorias**

Diversidad de perfiles profesionales	ISP	NC	NCC	NCT	NCA	F	ASC
C1 (fundamentalmente docentes y formadores de recursos humanos de I+D, con presencia de I+D)	4,29	4,50	4,45	0,26	4,08	4,76	1,67
C3 (preponderantemente docentes, combinado con el desarrollo parcial de actividades de I+D)	2,77	3,47	3,40	0,19	3,28	1,04	1,60
C4 (gestores e investigadores científicos y tecnológicos, con docencia universitaria parcial)	2,55	3,10	3,01	0,20	3,13	0,70	2,65
C7 (docentes e investigadores en proporciones equivalentes, con actividades de formación de recursos humanos de I+D)	4,46	5,16	5,07	0,57	4,65	2,86	3,01
DIVERSOS	3,43	4,06	3,99	0,31	3,77	1,98	2,06
C2 (fundamentalmente docentes)	1,70	2,30	2,29	0,07	2,32	0,21	0,62
C5 (casi exclusivamente investigadores)	1,77	2,40	2,35	0,28	2,19	0,17	0,83
C6 (fundamentalmente dedicados a la transferencia)	0,75	0,92	0,93	0,03	0,88	0,00	1,24
NO DIVERSOS	1,63	2,20	2,17	0,14	2,13	0,17	0,76

Fuente: SICA.

caso, a la segunda fila de la matriz de indicadores compuestos de la Tabla 2).

Como puede observarse, la prueba realizada para esta dimensión muestra que desempeñar diversas actividades profesionales a lo largo de la trayectoria ha implicado significativamente mayor producción a los investigadores, en comparación con los no diversos profesionalmente. Asimismo, dado que las pruebas reafirman que el ISP y sus componentes son estadísticamente distintos entre las sub-muestras de los investigadores diversos y no diversos, puede concluirse que, en el marco de la prueba realizada, la diversidad de perfiles profesionales influye positivamente en los niveles de producción.

Estas mismas conclusiones son aplicables al estudio desagregado por tipos de perfiles profesionales, obteniéndose grandes diferencias entre los distintos

temporalidad de dirección de proyectos de I+D) y 32 (precocidad en la temporalidad de dirección de recursos humanos de I+D).

Como en los rasgos de las trayectorias anteriores, para conocer si cada una de estas sub-dimensiones de análisis tiene influencia en los niveles productivos de los investigadores de la muestra, se calculó el Índice Sintético de Producción y sus diferentes componentes para cada sub-muestra de la población bajo estudio (**Tabla 7**). Asimismo, se realizaron las pruebas de Kruskal-Wallis y de la mediana para estudiar si estadísticamente los comportamientos de los índices construidos eran o no distintos en cada una de las sub-muestras de investigadores “precoces” y “no precoces” consideradas.

Los resultados obtenidos arrojan tres vertientes diferenciadas de información. Por un lado se observa que,

**Tabla 6. Investigadores andaluces con temporalidades precoces y no precoces para producir determinados resultados y/o realizar diferentes actividades científicas y tecnológicas**

Temporalidad	En la producción científica (Q25 = 26 años)	En la producción tecnológica (Q25 = 31 años)	En la dirección de proyectos de I+D (Q25 = 36 años)	En la dirección de recursos humanos de I+D (Q25 = 37 años)
% investigadores precoces	16,3%	2,3%	5,0%	6,4%
% investigadores no precoces	83,7%	97,7%	95,0%	93,6%

Fuente: SICA.

130

**Tabla 7. Medias del ISP y sus componentes en investigadores andaluces con temporalidades precoces y no precoces**

Temporalidad		ISP	NC	NCC	NCT	NCA	F	ASC
Precocidad en producción científica	No precoz	2,40	2,95	2,90	0,22	2,77	1,08	1,34
	Precoz	2,34	3,03	3,00	0,19	2,86	0,65	1,12
Precocidad en producción tecnológica	No precoz	2,38	2,95	2,90	0,18	2,78	1,01	1,29
	Precoz	2,77	3,54	3,18	2,00	2,98	0,72	1,73
Precocidad en la dirección de proyectos de I+D	No precoz	2,30	2,86	2,82	0,21	2,70	0,95	1,22
	Precoz	4,03	4,82	4,75	0,41	4,40	2,02	2,80
Precocidad en la dirección de recursos humanos de I+D	No precoz	2,26	2,83	2,77	0,20	2,69	0,86	1,23
	Precoz	4,30	4,95	4,90	0,47	4,28	3,09	2,29

Fuente: SICA.

conglomerados en la producción científica y tecnológica tanto considerada a nivel global como en sus distintas componentes.

• *Temporalidad y producción*

Los porcentajes de investigadores que pudieron ser clasificados como temporalmente precoces, con relación al resto de los investigadores de la muestra, para cada una de las sub-dimensiones de análisis probadas pueden observarse en la **Tabla 6**. Se trata, en este caso, de la prueba técnica de cuatro indicadores descriptivos de las trayectorias investigadoras presentados en la Tabla 1: los indicadores 26 (precocidad en la temporalidad de producción científica), 28 (precocidad en la temporalidad de producción tecnológica), 30 (precocidad en la

en el marco de la muestra de investigadores estudiada, la relativa precocidad en la producción científica no afecta significativamente los niveles de producción. Sólo se elevan para los “precoces” en esta materia, pero muy levemente, los valores en las componentes Nuevo Conocimiento Científico y Tecnológico en general, Nuevo Conocimiento Científico y Nuevo Conocimiento Científico y Tecnológico de Alta Calidad.

Por otro lado se advierte que la relativa precocidad en la producción tecnológica incrementa muy notoriamente los niveles de la componente Nuevo Conocimiento Tecnológico y, más moderadamente, los niveles de producción científica y tecnológica resumidos en el Indicador Sintético de Producción y en las restantes componentes (con la sola diferencia de la producción en Formación).

Finalmente, se destacan los efectos de la precocidad tanto en la dirección de proyectos de I+D como en la dirección de recursos humanos de I+D sobre los niveles de producción de los investigadores de la muestra. Ambas subdimensiones de análisis revelan una fuerte influencia tanto en los niveles del ISP como de sus componentes, duplicando en media los valores alcanzados por los investigadores “precoces” con respecto a los de los investigadores “no precoces”.

## 5. CONSIDERACIONES FINALES

Como todo documento de esta índole, el futuro Manual de Buenos Aires será un instrumento para la medición de las trayectorias profesionales de los investigadores de la región que se irá revisando con el tiempo tanto por los avances conceptuales que se produzcan en la temática, como por las evidencias empíricas que vaya planteando su aplicación concreta. En este sentido, cabe destacar una vez más que la prueba de validación técnica realizada con datos curriculares de la Comunidad Autónoma de Andalucía fue una experiencia piloto de “traducción” especializada de las ideas e indicadores de un Manual en construcción a variables y micro-información concreta existente en una base de datos curricular que, como permitieron ilustrar los ejemplos que se presentaron de este trabajo, significó una contribución fundamental para la consolidación de la propuesta.

La RICYT espera poder ampliar próximamente el estudio de caso que realizó en España a un conjunto más amplio de países iberoamericanos que disponen de bases electrónicas de CVs implementadas (como es el caso de Brasil, Colombia, México, Portugal y Uruguay, entre otros), más allá de los diferentes grados de cobertura de sus respectivas poblaciones nacionales de investigadores.

Uno de los aprendizajes del proceso de elaboración del Manual de Buenos Aires es la necesidad de propiciar estudios para refinar conceptualmente las definiciones operativas adoptadas y profundizar la validez metodológica de los indicadores propuestos para la medición de las trayectorias de investigadores, además de analizar las claves para la interpretación de los resultados de su implementación en el contexto de los países de la RICYT y su difusión ampliada entre los organismos nacionales de ciencia y tecnología, las instituciones y los investigadores interesados.

## BIBLIOGRAFIA

BOZEMAN, Barry; DIETZ, James S. and GAUGHAN, Monica (2001): “Scientific and technical human capital: An alternative approach to R&D evaluation”, *International Journal of Technology Management*, 22 (8), 716-740.

CAÑIBANO, Carolina and BOZEMAN, Barry (2009): “Curriculum vitae method in science policy and research evaluation: the state-of-the-art”, *Research Evaluation*, 18 (2), Special issue on the use of CVs in research evaluation, 86-94.

CAÑIBANO, Carolina; OTAMENDI, Javier y SOLÍS, Francisco (2010): “Investigación y movilidad internacional: análisis de las estancias en centros extranjeros de los investigadores andaluces”, *Revista Española de Documentación Científica*, 33 (3), 428-457.

COLCIENCIAS (2008): Modelo de medición de Grupos de Investigación Científica, Tecnológica o de Innovación. Año 2008, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS), Bogotá, disponible en <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documentos/2656.pdf>.

D'ONOFRIO, María Guillermina (2009): “The Public CV Database of Argentine Researchers and the ‘CV-minimum’ Latin-American Model of Standardization of CV Information for R&D Evaluation and Policy Making”, *Research Evaluation*, 18 (2), Special issue on the use of CVs in research evaluation, 95-103.

D'ONOFRIO, María Guillermina y GELFMAN, Julia (2009): “Fuentes de información para el análisis de resultados e impactos de programas de becas de posgrado en ciencias e ingenierías en Iberoamérica”, *Revista CTS*, 13 (5), 1-35.

JARAMILLO, Hernán; PIÑEROS J., Luis; LOPERA, Carolina y ÁLVAREZ, Jesús María (2006): *Aprender haciendo. Experiencia en la formación de jóvenes investigadores en Colombia*, Bogotá: Facultad de Economía, Universidad del Rosario.

JARAMILLO, Hernán; LOPERA, Carolina y ALBÁN, Carolina (2008 a): *Carreras Académicas. Utilización del CV para la modelación de carreras académicas y científicas*, Bogotá: Facultad de Economía, Universidad del Rosario, disponible en <http://www.urosario.edu.co/FASE1/economia/documentos/pdf/bi96.pdf>.

JARAMILLO, Hernán; LATORRE SANTOS, Catalina; ALBÁN, Carolina y LOPERA, Carolina (2008 b): *El hospital como organización de conocimiento y espacio de investigación y formación. Los recursos humanos en salud y su tránsito hacia comunidades científicas: el caso de la investigación clínica en Colombia*, Bogotá: Facultad de Economía, Universidad del Rosario.

LEPORI, Benedetto; BARRÉ, Rémi and FILLIATREAU, Ghislaine (2008): “New perspectives and challenges for the design and production of S&T indicators”, *Research Evaluation*, 17 (1), 33-44.

SOLÍS CABRERA, Francisco M. (2008): “El sistema de información científica de Andalucía, una experiencia pionera en España”, *Revista madri+d*, No. Extra 22, 12-18, disponible en [http://www.madrimasd.org/informacionidi/revistas/monograficos/monografias/monografia22/las\\_CA\\_frente\\_IDi-sistema\\_informacion\\_cientifico\\_andalucia.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/revistas/monograficos/monografias/monografia22/las_CA_frente_IDi-sistema_informacion_cientifico_andalucia.pdf).

## ANEXO. Ítems que conforman las componentes del Indicador Sintético de Producción (ISP)

<b>Productos de Nuevo Conocimiento Científico y Tecnológico (NC)</b>	
Nuevo Conocimiento Científico (NCC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NC1 - N° artículos JCR cuyo factor de impacto se encuentra en el primer cuartil (Q1= peor cuartil, Q4= mejor cuartil) N_ART_REV_1Q</li> <li>• NC2 - N° artículos JCR cuyo factor de impacto se encuentra en el segundo cuartil (Q1= peor cuartil, Q4= mejor cuartil) N_ART_REV_2Q</li> <li>• NC3 - N° artículos JCR cuyo factor de impacto se encuentra en el tercer cuartil (Q1= peor cuartil, Q4= mejor cuartil) N_ART_REV_3Q</li> <li>• NC4 - N° artículos JCR cuyo factor de impacto se encuentra en el cuarto cuartil (Q1= peor cuartil, Q4= mejor cuartil) N_ART_REV_4Q</li> <li>• NC5 - N° artículos NO JCR internacionales N_ART_REVIEW_NOJCR_INT</li> <li>• NC6 - N° artículos NO JCR nacionales N_ART_REVIEW_NOJCR_NAC</li> <li>• NC7 - N° libros internacionales N_LIBROS_INT</li> <li>• NC8 - N° libros nacionales N_LIBROS_NAC</li> <li>• NC9 - N° libros internacionales en el que el investigador aparece como primer autor N_LIBROS_INT_1AUTOR</li> <li>• NC10 - N° libros nacionales en el que el investigador aparece como primer autor N_LIBROS_NAC_1AUTOR</li> <li>• NC11 - N° capítulos de libros internacionales N_CAP_LIBROS_INT</li> <li>• NC12 - N° capítulos de libros nacionales N_CAP_LIBROS_NAC</li> <li>• NC13 - N° capítulos de libros internacionales en el que el investigador aparece como primer autor N_CAP_LIBROS_INT_1AUTOR</li> <li>• NC14 - N° capítulos de libros nacionales en el que el investigador aparece como primer autor N_CAP_LIBROS_NAC_1AUTOR</li> </ul>
Nuevo Conocimiento Tecnológico (NCT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NC15 - N° patentes explotadas N_PATENTES_EXP</li> <li>• NC16 - N° patentes concedidas internacionales N_PATENTES_CONC_INT</li> <li>• NC17 - N° patentes concedidas nacionales N_PATENTES_CONC_NAC</li> <li>• NC18 - N° patentes solicitadas internacionales N_PATENTES_SOL_INT</li> <li>• NC19 - N° patentes solicitadas nacionales N_PATENTES_SOL_INT</li> <li>• NC20 - N° modelos de utilidad explotados N_MODELOS_UTILIDAD_EXPL</li> <li>• NC21 - N° modelos de utilidad concedidos N_MODELOS_UTILIDAD_CONC</li> <li>• NC22 - N° modelos de utilidad solicitados N_MODELOS_UTILIDAD_SOL</li> <li>• NC23 - N° de productos registrados explotados N_PRODUCT_REG_EXPL</li> <li>• NC24 - N° de productos registrados concedidos internacionales N_PRODUCT_REG_CONC_INT</li> <li>• NC25 - N° de productos registrados concedidos nacionales N_PRODUCT_REG_SOL_NAC</li> <li>• NC26 - N° de productos registrados solicitados internacionales N_PRODUCT_REG_SOL_INT</li> <li>• NC27 - N° de productos registrados solicitados nacionales N_PRODUCT_REG_SOL_NAC</li> <li>• NC28 - N° de productos no patentables N_PRODUCT_NO_PAT</li> </ul>
Nuevo Conocimiento Científico y Tecnológico de Alta Calidad (NAC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N_ART_REV_1Q</li> <li>• N_ART_REVIEW_NOJCR_INT</li> <li>• N_LIBROS_INT</li> <li>• N_LIBROS_INT_1AUTOR</li> <li>• N_CAP_LIBROS_INT</li> <li>• N_CAP_LIBROS_INT_1AUTOR</li> <li>• N_PATENTES_EXP</li> <li>• N_PATENTES_CONC_INT</li> <li>• N_MODELOS_UTILIDAD_EXPL</li> <li>• N_PRODUCT_REG_EXPL</li> <li>• N_PRODUCT_REG_CONC_INT</li> <li>• N_PRODUCT_NO_PAT</li> </ul>
<b>Recursos Humanos de I+D Formados (F)</b>	
Formación (F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F1 - N° de tesis dirigidas N_TESIS_DIR</li> <li>• F2 - N° de tesis dirigidas que han sido premios extraordinarios N_TESIS_DIR_EXT</li> </ul>
<b>Productos para la Apropiación Social del Conocimiento (ASC)</b>	
Apropiación Social de Conocimiento (ASC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASC1 - N° de eventos internacionales organizados N_ORG_EVENTOS_INT</li> <li>• ASC2 - N° de eventos nacionales organizados N_ORG_EVENTOS_NAC</li> <li>• ASC3 - N° contratos / convenios dirigidos cuyo importe es mayor o igual que el tercer cuartil (Q1= menor importe, Q4= mayor importe) N_MAYOR_Q3_DIR</li> <li>• ASC4 - N° contratos / convenios dirigidos cuyo importe es menor que el tercer cuartil (Q1= menor importe, Q4= mayor importe) N_MENOR_Q3_DIR</li> <li>• ASC5 - N° contratos / convenios participados cuyo importe es mayor o igual que el tercer cuartil (Q1= menor importe, Q4= mayor importe) N_MAYOR_Q3_PAR</li> <li>• ASC6 - N° contratos / convenios participados cuyo importe es menor que el tercer cuartil (Q1= menor importe, Q4= mayor importe) N_MENOR_Q3_PAR</li> <li>• ASC7 - N° artículos periodísticos N_ARTICULOS_PERIODISTICOS</li> <li>• ASC8 - N° informes técnicos N_INFORMES_TECNICOS</li> </ul>