



Instituto de Estadísticas de Puerto Rico

Encuesta sobre Ciencia y Tecnología 2014-2015: Investigación y Desarrollo (R&D)

Información de apoyo

¿Que entendemos por *Investigación y Desarrollo (R&D)*, por sus siglas en inglés)? Todo trabajo creativo llevado a cabo de manera sistemática para aumentar el acervo de conocimientos, incluido el conocimiento del ser humano, la cultura y la sociedad, y el uso de estos conocimientos para concebir nuevas aplicaciones.

R&D engloba tanto R&D formal realizada en los departamentos de R&D como la R&D informal u ocasional realizada en otros departamentos.

El concepto de *Investigación y Desarrollo* incluye tres categorías de actividades:

- **Investigación básica:** trabajos teóricos o experimentales que se emprenden primordialmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
- **Investigación aplicada:** trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, en este caso dirigidos hacia un objetivo práctico específico.
- **Desarrollo experimental:** trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes, derivados de la investigación o la experiencia práctica, dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas o servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.

No se consideran dentro de *Investigación y Desarrollo* las actividades que no contengan un elemento apreciable de novedad, ni las actividades rutinarias que no signifiquen la resolución de una incertidumbre científica o tecnológica [en el Anexo se provee más detalle sobre las actividades incluidas y excluidas].



DEFINICIONES

[Referencia: Manual Frascati, OCDE, 2002]

Investigación y Desarrollo experimental (R&D):

trabajo creativo llevado a cabo de manera sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de estos conocimientos para crear nuevas aplicaciones.

El concepto de *Investigación y Desarrollo* engloba tres actividades:

- **Investigación básica:** trabajos experimentales o teóricos que se emprenden principalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.
- **Investigación aplicada:** también son trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.
- **Desarrollo experimental:** trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos de la investigación y/o la experiencia práctica, y están dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; a la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas o servicios, o a la mejora sustancial de los ya existentes.

La R&D engloba tanto la R&D formal realizada en los departamentos de R&D, como la R&D informal u ocasional realizada en otros departamentos.

No se consideran dentro de la R&D las actividades que no contengan un elemento apreciable de novedad, ni las actividades rutinarias que no signifiquen la resolución de una incertidumbre científica o tecnológica.

Se excluyen de R&D las siguientes actividades:

- Enseñanza y formación
- Actividades científicas y tecnológicas afines, excepto cuando se realizan exclusiva o principalmente como apoyo a las actividades de R&D. Es decir, se excluyen la recogida de datos de interés general, ensayos rutinarios, actualización de

normas, estudios de viabilidad, asistencia médica especializada, trabajos administrativos y jurídicos relativos a patentes y licencias, estudios relacionados con la política, actividades rutinarias de desarrollo de software, y otras actividades especializadas de recogida, codificación, registro, clasificación, difusión, traducción, análisis y evaluación.

- Otras actividades industriales de innovación, como la adquisición de tecnología, el utillaje y la ingeniería industrial, el diseño industrial, el arranque de proceso de fabricación y comercialización de productos nuevos o mejorados. Tampoco se incluyen los estudios de mercado ni las actividades previas a la producción industrial, la producción y distribución de bienes y servicios y los diversos servicios técnicos.
- Actividades de administración y distribución de fondos de R&D a los ejecutores, así como actividades de apoyo indirectas.

Personal en R&D [pregunta 4.3]: Se debe contabilizar todo el personal empleado directamente en R&D, así como las personas que proporcionan servicios directamente relacionados con actividades de R&D, como los directores, administradores y personal de oficina.

Investigadores: Profesionales que se dedican a la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos y sistemas, y también a la gestión de los proyectos respectivos.

Se incluyen en esta categoría los gestores y administradores que desarrollan actividades de planificación y gestión de los aspectos científicos y técnicos de los investigadores.

Los estudiantes de postgrado a nivel de doctorado que participan en tareas de R&D deben considerarse también investigadores.

Técnicos: personas cuyas tareas principales requieren conocimientos técnicos y experiencia en uno o varios



campos de la ingeniería, la física, las ciencias biomédicas o las ciencias sociales y las humanidades. Participan en la R&D ejecutando tareas científicas y técnicas que requieren la aplicación de conceptos y métodos operativos, generalmente bajo la supervisión de los investigadores.

Personal de oficina y otros auxiliares: personal de oficios, cualificado y sin cualificar, de oficina y de secretaría que participa en los proyectos de R&D o está directamente asociado a tales proyectos.

Definiciones de áreas de investigación [pregunta 6.1.]

Ciencias naturales: matemáticas e informática, ciencias físicas, ciencias químicas, ciencias de la tierra y ciencias relacionadas con el medio ambiente y ciencias biológicas.

Ingeniería y tecnología: ingeniería civil, ingeniería eléctrica, electrónica, ingeniería química, aeronáutica y aeroespacial, mecánica, metalúrgica, de los materiales y sus correspondientes subdivisiones especializadas, así como ciencia y tecnología de los alimentos, y tecnologías especializadas.

Ciencias médicas: medicina básica, clínica y ciencias de la salud.

Ciencias agrícolas: agricultura, silvicultura, pesca y ciencias afines, así como medicina veterinaria.

Ciencias sociales: psicología, economía, ciencias de la educación, antropología, etnología, demografía, administración, derecho, lingüística, ciencia política, sociología, entre otras.

Humanidades: historia, arqueología, numismática, paleografía, genealogía, lengua, literatura, filosofía, arte, religión, entre otras.

Áreas específicas

Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC): Se refiere a desarrollos de software, hardware y servicios informáticos y a los desarrollos tecnológicos en sistemas de comunicación.

Nanotecnología: Creación de materiales útiles / funcionales, dispositivos y sistemas, mediante el control de la materia en escala del nanómetro, a través del aprovechamiento de nuevos fenómenos y propiedades (físicas, químicas y biológicas) a escalas nanométricas.

Biotecnología: La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a sus partes, productos y modelos, para alterar el material vivo o no vivo, con el fin de producir conocimientos, bienes y servicios.

Definiciones de objetivos socio-económicos [pregunta 6.2.]:

Exploración y explotación de la Tierra: Abarca la investigación cuyos objetivos estén relacionados con la exploración de la corteza y la cubierta terrestre, los mares, los océanos y la atmósfera, y la investigación sobre su explotación. También incluye la investigación climática y meteorológica, la exploración polar y la hidrológica. No incluye la mejora de suelos y el uso del territorio, la investigación sobre la contaminación ni la pesca.

Infraestructuras y ordenación del territorio: Cubre la investigación sobre infraestructura y desarrollo territorial y la planificación general del suelo, incluyendo la investigación sobre construcción de edificios y la investigación en contra de los efectos dañinos en el urbanismo urbano y rural, pero no la investigación de otros tipos de contaminación.

Control y protección del medio ambiente: Comprende la investigación sobre el control de la contaminación destinada a la identificación y análisis de las fuentes de contaminación y sus causas, y todos los contaminantes, incluyendo su dispersión en el medio ambiente y los efectos sobre el hombre, sobre las especies vivas (fauna, flora, microorganismos) y la biosfera. Incluye el desarrollo de instalaciones de control para la medición de todo tipo de contaminantes. Lo mismo es válido para la eliminación y prevención de todo tipo de contaminantes en todos los tipos de ambientes.

Protección y mejora de la salud humana: Incluye la investigación destinada a proteger, promocionar y restaurar la salud humana, interpretada en sentido amplio para incluir los aspectos sanitarios de la nutrición



y de la de higiene alimentaria. Cubre desde la medicina preventiva, incluyendo todos los aspectos de los tratamientos médicos y quirúrgicos, tanto para individuos como para grupos así como la asistencia hospitalaria y a domicilio, hasta la medicina social, la pediatría y la geriatría.

Producción, distribución y utilización racional de la energía: Cubre la investigación sobre la producción, almacenamiento, transporte, distribución y uso racional de todas las formas de la energía. También incluye la investigación sobre los procesos diseñados para incrementar la eficacia de la producción y la distribución de energía, y el estudio de la conservación de la energía.

Producción y tecnología agrícola: Abarca toda investigación sobre la promoción de la agricultura, los bosques, la pesca y la producción de alimentos. Incluye: la investigación en fertilizantes químicos, biocidas, control biológico de las plagas y la mecanización de la agricultura; la investigación sobre el impacto de las actividades agrícolas y forestales en el medio ambiente; la investigación en el desarrollo de la productividad y la tecnología alimentarias.

Producción y tecnología industrial: Cubre la investigación sobre la mejora de la producción y tecnología industrial. Incluye la investigación de los productos industriales y sus procesos de fabricación, excepto en los casos en que forman una parte integrante de la búsqueda de otros objetivos (por ejemplo, defensa, espacio, energía, agricultura).

Estructuras y relaciones sociales: Incluye la investigación sobre objetivos sociales, como los analizan en particular las ciencias sociales y las humanidades, que no tienen conexiones obvias con otros objetivos socioeconómicos. Este análisis engloba los aspectos cuantitativos, cualitativos, organizativos y prospectivos de los problemas sociales.

Exploración y explotación del espacio: Cubre toda la investigación civil en el terreno de la tecnología espacial. Aunque la investigación espacial civil no está en general centrada sobre un objetivo específico, con frecuencia sí tiene un fin determinado, como el aumento del conocimiento general (por ejemplo la astronomía), o se refiere a aplicaciones especiales (por ejemplo, los satélites de telecomunicaciones).

Investigación no orientada: Abarca todos los créditos presupuestarios que se asignan a R&D pero que no pueden atribuirse a un objetivo. Puede ser útil una distribución suplementaria por disciplinas científicas.

Otra investigación civil: Cubre la investigación civil que no puede (aún) ser clasificada en un objetivo socioeconómico particular

Defensa: Incluye todos los programas de R&D realizados primordialmente por razones de defensa, cualquiera que sea su contenido y tengan o no aplicaciones civiles secundarias. No es la naturaleza del producto o del sujeto (o quién financia el programa) la que sirve de criterio, sino su objetivo. El objetivo de la R&D en defensa es la creación o mejora de técnicas o equipos destinados a ser utilizados por las fuerzas armadas que operan en el territorio nacional o en el exterior, o por fuerzas multinacionales.

Biotecnología

Tecnología referente al ADN (codificación): genómica, farmacogenética, sondas génicas, secuenciación, síntesis y amplificación del ADN, e ingeniería genética.

Tecnología referente a proteínas y moléculas (bloques funcionales): secuenciación y síntesis de péptidos y proteínas, ingeniería de glicolización biológica de lípidos y proteínas, proteómica, factores hormonales y de crecimiento, receptores celulares, señales y feromonas.

Cultivo e ingeniería de células y tejidos: cultivos celulares y tisulares, ingeniería de tejidos, hibridación, fusión celular, vacunas y estimulantes del sistema inmune, y manipulación de embriones.

Procesos biotecnológicos: biorreactores, fermentación, procesados biológicos, biolixiviación, obtención biológica de pulpa, blanqueo biológico, desulfuración biológica, descontaminación biológica y biofiltración.

Terapia génica, vectores virales. Organismos subcelulares.

Bioinformática: Construcción de productos de software, base de datos para la gestión, análisis e integración de datos en genómica y proteómica (estudio a gran escala



de las proteínas), secuencias de modelos de procesos y sistemas biológicos.

Nanobiotecnología: Instrumentos o materiales obtenidos por combinación de la ingeniería a nanoescala con la biología, para el estudio de biosistemas y aplicaciones en la administración de fármacos, diagnósticos, etc.

Áreas de aplicación de biotecnología

Salud humana: Utilización de la biotecnología en procesos médicos.

Salud animal y acuicultura: Utilización de la biotecnología en procesos médicos para animales, para elevar la tasa de crecimiento de especies cultivadas, ayudar a restablecer y proteger los entornos acuáticos, ampliar la gama de especies acuáticas y mejorar la gestión y conservación de las poblaciones silvestres.

Alimentación: Conjunto de técnicas o procesos que emplean organismos vivos o sustancias que provengan de ellos para producir o modificar un alimento, mejorar las plantas o animales de los que provienen los alimentos; o desarrollar microorganismos, como

bacterias, hongos o levaduras, que intervengan en los procesos de elaboración de los mismos.

Agricultura y producción forestal: Estos ofrecen a los agricultores mayor rentabilidad al producir más alimentos en menor espacio, protegen los recursos naturales, se obtienen plantas tolerantes a herbicidas, resistentes a insectos y enfermedades, así como plantas que puedan crecer en condiciones desfavorables.

Medio ambiente (Biotecnología ambiental): Ayuda a limpiar el medioambiente reduciendo la contaminación del aire, el agua o la tierra; a la eliminación de hidrocarburos; eliminación o neutralización de metales pesados y nucleares y al tratamiento de aguas residuales.

Industria: Aplicada a procesos industriales, como el diseño de microorganismos para producir un producto químico o el uso de enzimas como catalizadores industriales. También en la industria textil, en la creación de nuevos materiales, como plásticos biodegradables y en la producción de biocombustibles.



R&D EN DIFERENTES SECTORES

R&D en el desarrollo de software

Para que un proyecto de desarrollo de software pueda clasificarse como R&D su realización debe dar lugar a un progreso científico o técnico y su objetivo debe resolver de forma sistemática una incertidumbre científica o técnica.

El desarrollo de programas informáticos es una parte integrante de numerosos proyectos que, en sí mismos, no tienen ningún componente de R&D. No obstante, el desarrollo del software de tales proyectos se puede clasificar en R&D siempre que se produzca un avance en el campo de la informática. Normalmente, esos avances son generalmente evolutivos más que revolucionarios. Por tanto, la actualización a una versión más potente, la mejora o la modificación de un programa o de un sistema ya existente, pueden clasificarse en R&D si aportan progresos científicos y/o tecnológicos que dan lugar a mayor conocimiento. El uso de software para una nueva aplicación o finalidad no constituye en sí mismo un progreso.

Deben clasificarse como R&D el software que forma parte de un proyecto de R&D, así como las actividades de R&D asociadas a un software si éste constituye un producto acabado.

Incluso aunque el proyecto no llegue a buen término, puede conseguirse un avance científico o tecnológico en el software, porque un fracaso puede aportar mayor conocimiento sobre la tecnología del software al mostrar, por ejemplo, que mediante un determinado planteamiento no pueden conseguirse los resultados satisfactorios esperados.

Deben incluirse en la R&D:

- El desarrollo de tecnologías de la información en lo relativo a sistemas operativos, lenguajes de programación, gestión de datos, programas de comunicaciones y herramientas para el desarrollo de software.
- El desarrollo de tecnologías de Internet.
- La investigación en métodos de diseño, desarrollo, adaptación y mantenimiento de software.
- El desarrollo de software que produzca avances en los planteamientos genéricos para la captura, transmisión, almacenamiento, recuperación, tratamiento o presentación de información.
- El desarrollo experimental cuyo fin sea resolver la falta de conocimientos tecnológicos necesarios para desarrollar un sistema o programa informático.
- La R&D en herramientas o tecnologías de software en áreas especializada de la informática (procesamiento de imágenes, presentación de datos geográficos, reconocimiento de caracteres, inteligencia artificial y otras).
- La R&D que dé lugar a nuevos teoremas y algoritmos en el área de la informática teórica.

Las actividades informáticas que sean de naturaleza rutinaria y que no impliquen avances científicos o técnicos o no

resuelvan incertidumbres tecnológicas **no deben considerarse R&D**. Algunos ejemplos son:

- Software de aplicación comercial y desarrollo de sistemas de información que utilicen métodos conocidos y herramientas informáticas ya existentes.
- El mantenimiento de los sistemas existentes.
- La conversión o traducción de lenguajes informáticos.
- La adición de funciones de usuario a las de aplicaciones informáticas.
- La depuración de sistemas informáticos.
- La adaptación de software existente.
- La preparación de documentación para el usuario.

R&D en las ciencias sociales y las humanidades

Para las ciencias sociales y las humanidades, la existencia de un elemento apreciable de novedad o la resolución de una incertidumbre científica o tecnológica vuelve a ser el criterio que nos ayuda a definir la frontera entre las actividades de R&D y las actividades científicas afines (rutinarias). Este elemento puede estar ligado a la parte conceptual, metodológica o empírica del proyecto en cuestión. Las actividades relacionadas de naturaleza rutinaria sólo se pueden incluir en la R&D si están destinadas a un proyecto específico de investigación o si se ejecutan como parte integrante de él. Por tanto, los proyectos de naturaleza rutinaria en los que los científicos de las ciencias sociales utilicen metodologías establecidas, principios y modelos, aunque sean propios de las ciencias sociales, para resolver un determinado problema, no podrán clasificarse como investigación.

Algunos ejemplos de actividades que por su naturaleza rutinaria no suelen incluirse en R&D son los siguientes: los comentarios interpretativos sobre los efectos económicos probables derivados de una modificación del sistema fiscal, realizados con ayuda de datos económicos existentes; la utilización en psicología aplicada de técnicas tipo para la selección y clasificación de personal industrial y militar, estudiantes, etc., y para el examen de niños disléxicos o que presenten cualquier otra discapacidad.

R&D en las actividades de servicios

Entre los criterios que pueden contribuir a identificar la presencia de R&D en las actividades de servicios se encuentran los siguientes:

- Los vínculos con laboratorios públicos de investigación.
- Las relaciones del personal con doctores o estudiantes de doctorado.
- La publicación de los resultados de la investigación en revistas científicas, la organización de congresos científicos o la participación en revisiones científicas.



– La construcción de prototipos o plantas piloto

Ejemplos de R&D en la banca y las finanzas

- Investigación matemática relativa al análisis de riesgos financieros.
- Desarrollo de modelos de riesgo para la política de créditos.
- Desarrollo experimental de nuevo software para la banca *online*.
- Desarrollo de técnicas para investigar los hábitos de los consumidores con el fin de crear nuevos tipos de cuentas y servicios bancarios.
- Investigación para identificar nuevos riesgos o nuevas características de riesgo que necesariamente hay que tener en cuenta en los contratos de seguros.
- Investigación sobre los fenómenos sociales que influyen en los nuevos tipos de seguros (salud, jubilación, etc.), como en el caso de los seguros para no fumadores.
- R&D relativa a los seguros y la banca electrónica, los servicios a través de Internet y las aplicaciones del comercio electrónico.
- R&D relativa a nuevos o significativamente mejorados servicios financieros (nuevos conceptos para cuentas corrientes, préstamos, instrumentos para seguros y ahorro).

Ejemplos de R&D en otras actividades de servicios

- Análisis de los efectos del cambio económico y social sobre el consumo y las actividades de ocio.
- Desarrollo de nuevos métodos de medición de las expectativas y preferencias del consumidor.
- Desarrollo de nuevos métodos e instrumentos de las encuestas.
- Desarrollo de procedimientos de seguimiento y reconocimiento (logística).
- Investigación en nuevos conceptos de viajes y vacaciones.
- Puesta en marcha de prototipos y tiendas piloto.

R&D en las actividades industriales

Si el objetivo principal es introducir mejoras técnicas en el producto o en el proceso, la actividad se puede definir como de R&D. Si, por el contrario, el producto, el proceso o la metodología ya están sustancialmente establecidos y el objetivo principal es abrir mercados, realizar la planificación previa a la producción o conseguir que los sistemas de producción o de control funcionen armónicamente, la actividad ya no es de R&D.

Ha de tenerse cuidado en excluir las actividades que, aunque indudablemente forman parte del proceso de innovación tecnológica, en raras ocasiones suponen R&D, por ejemplo, la solicitud de patentes y licencias, los estudios de mercado, el arranque del proceso de fabricación, la puesta a punto de maquinaria y herramientas y las modificaciones del proceso de fabricación.

Casos particulares:

- **Prototipos:** se incluyen en R&D, siempre que el objetivo principal sea la realización de mejoras.
- **Plantas piloto:** se incluyen en R&D, siempre que el objetivo principal sea la R&D.
- **Diseño industrial y dibujo técnico:** se incluye el diseño necesario para las actividades de R&D. Se excluye el diseño para los procesos de producción.
- **Ingeniería industrial y puesta a punto de maquinaria y herramientas:** se incluye la R&D “retroactiva” y las actividades de puesta a punto de maquinaria y herramientas e ingeniería industrial asociadas a la elaboración de nuevos productos y procesos. Se excluyen las relacionadas con los procesos de producción.
- **Producción experimental:** se incluye si la producción requiere ensayos a escala natural, con los subsiguientes estudios de diseño e ingeniería. Se excluyen las restantes actividades asociadas.
- **Servicio de postventa y detección de averías:** se excluye de la R&D.
- **Trabajos administrativos y jurídicos relacionados con patentes y licencias:** se excluyen de la R&D.
- **Ensayos rutinarios:** se excluyen de la R&D.
- **Recogida de datos:** se excluyen de la R&D.

Ensayos clínicos

Antes de sacar al mercado nuevos fármacos, vacunas o tratamientos deben someterse a ensayos sistemáticos en humanos voluntarios para asegurar que son seguros y efectivos. Estos ensayos clínicos se dividen en cuatro fases normalizadas, tres de las cuales se realizan antes de tener el permiso para la fabricación. Con objeto de poder realizar comparaciones internacionales, se ha convenido que las fases 1, 2 y 3 se pueden incluir en la R&D. La fase 4 de los ensayos clínicos, en la que se continúa ensayando el fármaco o el tratamiento después de su aprobación y fabricación, solo deben incluirse como R&D si origina nuevos avances científicos o tecnológicos. Además, no todas las actividades realizadas antes de la obtención del permiso de fabricación se consideran R&D, especialmente cuando transcurre un tiempo de demora significativo tras la terminación de la fase 3 de los ensayos, durante el cual pueden comenzar actividades publicitarias y de desarrollo.

[Las definiciones y explicaciones aquí presentadas provienen del Manual Frascati, OCDE, 2002. Este Manual contiene las definiciones y metodologías consensuadas a nivel internacional para estimar los recursos destinados a Investigación y Desarrollo en cada país].