

Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería

1966–2025

Historia, tendencias,
potencialidades y
perspectivas

Modesto Montoya Zavaleta



Centro de Preparación para la Ciencia y Tecnología

Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería, 1966–2025.

Historia, tendencias, potencialidades y perspectivas

Primera edición digital, agosto de 2026

Derechos reservados

© Modesto Montoya Zavaleta

Derechos de edición

© Centro de Preparación para la Ciencia y Tecnología (Ceprecyt)

Calle Juan Alfaro N.º 135, Urb. San Antonio, Miraflores, Lima, Perú

Correo: vcollin@gmail.com

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2026-08826

ISBN 978-612-99530-0-7

DOI: 10.33017/HdC202601

Editado por Ceprecyt

Calle Juan Alfaro N.º 135, Urb. San Antonio, Miraflores, Lima, Perú

Libro disponible en: <https://revistadeciencias.com/>

La información bibliográfica se presenta con fines académicos e históricos. La cobertura de Scopus varía según época, revista, tipo documental y normalización de filiaciones.

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso del autor.

Presentación

Este libro reconstruye, a partir de los documentos atribuidos a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en Scopus, seis décadas de producción en ciencias, ingeniería y arquitectura, desde 1966 hasta 2025. Su propósito no es solamente registrar cuánto se ha publicado, sino reconocer cómo surgieron y evolucionaron las líneas de investigación, qué capacidades lograron continuidad, qué nuevas áreas fueron incorporándose y cuáles son los principales desafíos para el futuro.

La historia que muestran estas publicaciones es también la historia de profesores, estudiantes y egresados que formularon problemas, desarrollaron experimentos, realizaron cálculos y simulaciones, construyeron instrumentos, participaron en grandes colaboraciones y establecieron vínculos con laboratorios y universidades del Perú y del extranjero. En muchos casos, esas actividades dieron origen a núcleos de investigación que se mantuvieron durante varios años y formaron nuevas generaciones.

Uno de los propósitos fundamentales de esta obra es contribuir a que un número cada vez mayor de docentes y estudiantes de la UNI se anime a investigar y publicar los resultados de sus trabajos. En el ámbito universitario persiste, en ocasiones, la percepción de que para realizar investigación científica es indispensable disponer desde el inicio de grandes laboratorios, equipos costosos o abundantes recursos económicos. Esa idea puede desalentar a quienes desean comenzar.

La experiencia recogida en estas páginas muestra que numerosos trabajos científicos pueden iniciarse con recursos relativamente modestos. El punto de partida es identificar un problema relevante, formular preguntas que puedan ser abordadas rigurosamente y utilizar creativamente los medios disponibles. Según el campo, esos medios pueden incluir observaciones, mediciones, análisis de datos, simulaciones, modelamiento matemático, desarrollo de programas informáticos, revisión y reinterpretación de información existente, uso compartido de equipos o colaboración con otros grupos e instituciones.

Los grandes laboratorios son indispensables en muchas áreas y amplían enormemente las posibilidades de investigación. Sin embargo, no es necesario que cada universidad posea toda la infraestructura que utilizan sus investigadores. La cooperación científica permite acceder a instalaciones especializadas y participar en redes internacionales, siempre que esa vinculación contribuya también a formar capacidades y fortalecer líneas propias de investigación.

El recorrido histórico revela, asimismo, que la producción científica no depende solamente de la iniciativa individual. Los grupos necesitan continuidad, formación de jóvenes investigadores,

infraestructura, cooperación, tiempo para investigar y políticas institucionales que reconozcan los resultados. La experiencia muestra que una línea puede mantenerse durante varias gestiones cuando logra institucionalizarse, mientras que otras corren el riesgo de perder impulso cuando no existen mecanismos que aseguren su evaluación y continuidad.

La evolución reciente de la producción científica peruana sugiere también que los incentivos tienen importancia. Cuando investigar y publicar comenzaron a tener consecuencias más visibles para el licenciamiento universitario, el reconocimiento académico y la remuneración de los investigadores, aumentó el interés institucional por la producción científica. Por ello, además de promover una cultura de investigación, resulta necesario construir condiciones profesionales que reconozcan efectivamente a quienes generan conocimiento, forman investigadores, publican y producen desarrollos tecnológicos o patentes.

La Universidad Nacional de Ingeniería posee una de sus mayores fortalezas en la calidad de sus estudiantes y docentes. Esa capacidad intelectual permite pensar que su producción científica y tecnológica puede ser considerablemente mayor. Cada curso, tesis, proyecto, problema tecnológico o dificultad observada en la realidad nacional puede convertirse, si se estudia con rigor y originalidad, en el punto de partida de una investigación.

Por ello, este libro tiene una doble intención. La primera es histórica: reunir y ordenar una parte significativa de la producción científica de la UNI visible internacionalmente y reconocer a quienes contribuyeron a construirla. La segunda mira hacia el futuro: mostrar que la Universidad dispone de capacidades acumuladas sobre las cuales puede desarrollar una política científica más ambiciosa, continua y orientada a resolver problemas del país.

El desafío no consiste únicamente en publicar más. Consiste en investigar mejor, formar nuevos investigadores, fortalecer grupos estables, aprovechar la cooperación internacional, proteger y transferir los resultados tecnológicos y crear condiciones para que la investigación sea una actividad profesional reconocida y sostenible. Si este libro contribuye a que más docentes y estudiantes de la UNI se formulen nuevas preguntas, emprendan investigaciones y comuniquen sus resultados, habrá cumplido una de sus principales finalidades.

Modesto Montoya Zavaleta
Lima, 2026

Semblanza del autor

Modesto Montoya Zavaleta es maestro en Ciencias Físicas por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), doctor de tercer ciclo en Física Nuclear y Física de Partículas y doctor de Estado en Ciencias Físicas por la Universidad de París-Sud, Francia.

Es docente investigador de la UNI, registrado en RENACYT del CONCYTEC. En la UNI, con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), llevó a cabo el proyecto de creación de la Maestría en Física Médica de la UNI, de la cual fue coordinador. Promovió asimismo la creación de la Escuela Profesional de Ingeniería Física, de la que fue primer director. También se ha desempeñado como director del Departamento de Ingeniería Física. Ha dirigido una treintena de tesis, mayormente de maestría, en energía nuclear y física médica en la Facultad de Ciencias.

En el ámbito internacional, cuenta con cinco años de experiencia en investigación en la Comisión de Energía Atómica y Energías Alternativas (CEA) de Francia. Ha sido investigador invitado en la Universidad Carnegie Mellon, en Pittsburgh, Estados Unidos; en el Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS) de Francia; y en el Centro Helmholtz de Investigación con Iones Pesados (GSI), en Darmstadt, Alemania. Asimismo, fue miembro asociado del Centro Internacional de Física Teórica de Trieste (ICTP), Italia.

En el ámbito estatal peruano, se ha desempeñado como asesor de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso de la República; miembro del Consejo Directivo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC); consejero presidencial en materia científica; presidente, en dos oportunidades, del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN); y ministro del Ambiente.

Como parte de sus actividades en asociaciones profesionales, ha presidido la Sociedad Peruana de Física, la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología y la Academia Nuclear del Perú. Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias del Perú.

Con el propósito de promover la ciencia y la tecnología en el Perú, en 1992 fundó el Centro de Preparación para la Ciencia y Tecnología (CEPRECYT). Ese mismo año creó, en el marco del CEPRECYT, el Semillero Científico. En 1993 fundó el Encuentro Científico Internacional (ECI). Estas iniciativas fueron concebidas para acercar la investigación científica a niños, estudiantes, profesionales y ciudadanos, así como para vincular a los científicos peruanos residentes en el país con aquellos que desarrollan sus actividades en el extranjero.

Su producción intelectual comprende artículos científicos, libros, ensayos y trabajos de divulgación relacionados con la física nuclear, las aplicaciones de las radiaciones, la educación, la política científica y tecnológica.

Entre las distinciones recibidas se encuentran la Orden «Al Mérito por Servicios Distinguidos», en el grado de Gran Oficial, otorgada por el Estado peruano; la Medalla del Bicentenario, concedida por la Universidad Nacional de Trujillo; la Antorcha de Habich, otorgada por la Universidad Nacional de Ingeniería; y la condecoración en el grado de Comendador de la Orden Cayetano Heredia, conferida por la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Asimismo, ha recibido seis doctorados honoris causa de universidades peruanas.

Ha sido distinguido como Hijo Predilecto de La Libertad por la Asociación de Clubes Departamentales del Perú (ACDP), a través del Club Departamental La Libertad, y como Hijo Predilecto de Salpo por la Municipalidad Distrital de Salpo, su lugar de nacimiento.

Índice general

Presentación	III
Semblanza del autor	V
Capítulo 1. Introducción	I
1.1 El sesquicentenario de la UNI	I
1.2 La incorporación de las ciencias y las tensiones en torno a la investigación	2
1.3 Investigar sin pensar en publicar	3
1.4 Aprender a publicar y reconocer la autoría	5
1.5 Del retorno al Perú a la cooperación científica internacional	6
1.6 Scopus y la proyección internacional de la UNI	9
1.7 Alcance documental y criterios de lectura	10
1.8 Evolución general de la producción	11
1.9 De las ciencias fundamentales a la diversificación tecnológica	11
1.10 Colaboración, internacionalización y formas de difusión	12
1.11 Organización del libro	13
1.12 Sentido histórico y desafíos	13
1.13 Referencias	15
Capítulo 2. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1966–1970	17
2.1 Alcance documental y evolución	18
2.2 Víctor Latorre y la física nuclear experimental	18
2.3 Física de partículas y fundamentos relativistas	19
2.4 Mecánica experimental y fotoelasticidad	19
2.5 Matemática y sistemas dinámicos	19
2.6 Geología y recursos del territorio	19
2.7 Física del estado sólido y compuestos de uranio	20
2.8 Autores, fuentes y colaboración	21
2.9 Balance del periodo	21
2.10 Referencias	21

Capítulo 3. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1971–1980	23
3.1 Alcance documental y evolución anual	23
3.2 Física del estado sólido y magnetoespectroscopia	24
3.3 Resonancia paramagnética y materiales cristalinos	25
3.4 Matemática y ecuaciones diferenciales	25
3.5 Ingeniería sísmica y confiabilidad	25
3.6 Autores, fuentes y colaboración internacional	26
3.7 Balance del periodo	26
3.8 Referencias	27
Capítulo 4. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1981–1990	28
4.1 Base documental y evolución anual	29
4.2 Arqueometría, datación y resonancia magnética	29
4.3 Geotecnia, construcción y prevención de desastres	30
4.4 Geología económica, minería y metalogenia	30
4.5 Física nuclear, partículas y teoría cuántica	30
4.6 Matemática aplicada y computación científica	31
4.7 Materiales funcionales, electroquímica y dispositivos	31
4.8 Ingeniería eléctrica y protección de sistemas	31
4.9 Autores, fuentes y colaboración	32
4.10 Balance del periodo	33
4.11 Referencias	33
Capítulo 5. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1991–2000	35
5.1 Base documental y evolución anual	36
5.2 Materiales funcionales, películas delgadas y electroquímica	36
5.3 Sensores de gases, óxidos semiconductores y catálisis	37
5.4 Óptica, espectroscopia y materiales magnéticos	37
5.5 Física nuclear, cosmología y fundamentos teóricos	37
5.6 Matemática, computación y control	38
5.7 Geología, ingeniería sísmica y reducción de desastres	38
5.8 Ingeniería eléctrica, comunicaciones, petróleo y aplicaciones biomédicas	38
5.9 Autores, fuentes y colaboración científica	39
5.10 Balance del periodo	40
5.11 Referencias	40
Capítulo 6. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2001–2010	44
6.1 Alcance documental y criterios de análisis	44
6.2 Evolución anual y tipos documentales	45
6.3 Materiales funcionales, nanotecnología y energía solar	46
6.4 Matemática, optimización y modelamiento	46
6.5 Física nuclear, cosmología y partículas	47
6.6 Ingeniería civil, hidráulica y reducción del riesgo	47
6.7 Energía, sistemas eléctricos, control y procesos	47

6.8 Óptica, electrónica, química y biomedicina	48
6.9 Petróleo, geología, minería y tecnologías espaciales	48
6.10 Arquitectura y dimensión territorial	48
6.11 Autores, fuentes y colaboración	49
6.12 Balance del periodo	49
6.13 Referencias	50

Capítulo 7. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2011–2015 52

7.1 Alcance y composición documental	53
7.2 Evolución anual	53
7.3 Ingeniería sísmica, tsunamis y reducción del riesgo	54
7.4 Grandes colaboraciones en física de neutrinos	54
7.5 Estructuras compuestas y mecánica avanzada	54
7.6 Materiales, nanotecnología, sensores y ambiente	54
7.7 Matemática, optimización y modelamiento	54
7.8 Agua, energía, petróleo y procesos industriales	55
7.9 Arquitectura, ciudad y enseñanza	55
7.10 Sistemas digitales, telecomunicaciones y salud	55
7.11 Autores, fuentes y colaboración	56
7.12 Balance del quinquenio	56
7.13 Referencias	56

Capítulo 8. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2016–2020 59

8.1 Base documental y evolución	60
8.2 Física de neutrinos y grandes colaboraciones	60
8.3 Ingeniería estructural, sísmica y gestión del riesgo	61
8.4 Materiales, nanotecnología, sensores y ambiente	61
8.5 Física nuclear y fisión	61
8.6 Inteligencia artificial, computación y sistemas digitales	62
8.7 Energía, sistemas eléctricos y recursos hídricos	62
8.8 Arquitectura, urbanismo, minería y petróleo	62
8.9 Salud, biomedicina y respuesta a la pandemia	63
8.10 Autores, fuentes y formas de difusión	63
8.11 Balance del periodo	64
8.12 Referencias	64

Capítulo 9. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2021–2025 67

9.1 Alcance documental y evolución general	68
9.2 Tipos documentales y formas de difusión	69
9.3 Materiales, nanotecnología, sensores y catálisis	69
9.4 Agua, ambiente y sostenibilidad	70
9.5 Ingeniería civil, estructuras y gestión del riesgo	70
9.6 Energía, sistemas eléctricos y transición tecnológica	70

9.7 Inteligencia artificial, computación y telecomunicaciones	71
9.8 Arquitectura, urbanismo, patrimonio y territorio	71
9.9 Minería, metalurgia, petróleo y procesos productivos	71
9.10 Física, grandes colaboraciones y materia condensada	71
9.11 Física nuclear, dosimetría y aplicaciones de las radiaciones	72
9.12 Autores, fuentes y redes de colaboración	73
9.13 Balance del quinquenio	73
9.14 Referencias	74

Capítulo 10. Potencialidades y perspectivas de la producción científica de la UNI 76

10.1 Punto de partida: una capacidad científica acumulada	77
10.2 Crecimiento, desaceleración y cambio en los canales de difusión	77
10.3 Potencialidades científicas y tecnológicas	78
10.4 De núcleos bibliométricos a grupos institucionales	78
10.5 Formación y renovación del talento	79
10.6 Infraestructura, datos y servicios compartidos	79
10.7 Publicar, transferir y resolver problemas	79
10.8 Internacionalización con liderazgo propio	80
10.9 Indicadores para una nueva etapa	80
10.10 Continuidad de las políticas de investigación entre rectorados	80
10.11 Perspectiva 2026–2035	84
10.12 Incentivar al investigador: de la exhortación a una política efectiva	85
10.13 Conclusiones	89
10.14 Referencias	90

Capítulo I. Introducción

En 2026, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) conmemora ciento cincuenta años de vida institucional. Su origen se remonta a la creación de la Escuela Especial de Ingenieros de Construcciones Civiles y de Minas, establecida en 1876 y organizada bajo la conducción de Eduardo de Habich. El sesquicentenario ofrece una ocasión privilegiada para examinar no solo la contribución de la UNI a la formación profesional y a la infraestructura del país, sino también la evolución de su producción en ciencias, ingeniería y arquitectura [1], [2].

La producción científica y tecnológica constituye una dimensión esencial de esa historia. Profesores, estudiantes, egresados e investigadores vinculados con la UNI han participado en la generación de conocimiento, en el desarrollo de soluciones para problemas nacionales y en redes de cooperación con instituciones del Perú y del extranjero. Entre las expresiones más visibles de esa proyección internacional se encuentran las publicaciones difundidas en revistas, actas de congresos, libros y otras fuentes incorporadas en bases bibliográficas de alcance mundial.

Este libro reconstruye esa trayectoria mediante los documentos atribuidos a la UNI en Scopus entre 1966 y 2025. La obra adopta una perspectiva amplia: incluye artículos, trabajos de congreso, revisiones, capítulos de libro, libros, editoriales, notas, cartas y otros tipos documentales recuperados en las exportaciones analizadas. En total, los ocho capítulos históricos examinan 2 564 documentos. El propósito no es convertir el número de publicaciones en una medida única de calidad, sino reconocer continuidades, cambios, grupos, redes y áreas emergentes, y estimular una cultura de investigación que produzca trabajos rigurosos, pertinentes y visibles internacionalmente.

1.1 El sesquicentenario de la UNI

La conmemoración de los 150 años de la UNI no se limita a una mirada retrospectiva. Las actividades institucionales del sesquicentenario han resaltado el vínculo entre la memoria histórica, la investigación y la innovación. La Feria Tecnológica Internacional UNICTEC 2026, por ejemplo, fue presentada como uno de los eventos centrales de la celebración y como un espacio para mostrar prototipos desarrollados en aulas, talleres y laboratorios [2]. En ese contexto, registrar y analizar la producción bibliográfica de la universidad permite reconocer capacidades acumuladas, valorar la obra de sus investigadores y plantear metas para las décadas siguientes.

1.2 La incorporación de las ciencias y las tensiones en torno a la investigación

La producción científica de la UNI no puede entenderse únicamente a partir del número de publicaciones que aparecen en las bases de datos internacionales. Su desarrollo estuvo condicionado por un proceso institucional previo: la incorporación progresiva de las ciencias básicas como actividades académicas autónomas dentro de una universidad que, desde sus orígenes, había tenido como misión principal la formación de ingenieros.

Un paso importante en ese proceso fue la creación, en 1960, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. A partir de 1961 se establecieron estudios conducentes al grado de Bachiller en Ciencias Físicas y Matemáticas, lo que contribuyó a consolidar en la UNI una comunidad académica interesada no solamente en enseñar matemática y física como materias necesarias para las carreras de ingeniería, sino también en formar científicos y desarrollar investigación [3].

Durante esos años tuvo especial importancia el Instituto de Matemáticas de la Universidad Nacional de Ingeniería (IMUNI), impulsado por José Tola Pasquel. El instituto estuvo dedicado a la formación avanzada y a la investigación matemática y constituyó uno de los esfuerzos institucionales más importantes de aquellos años para desarrollar esta disciplina en el país [4]. Paralelamente, la Facultad de Ciencias incorporó profesores formados en el extranjero y estableció vínculos de cooperación internacional.

Uno de esos profesores fue el físico alemán Manfred Horn, quien llegó a la UNI en 1964. Según su testimonio, cuando ingresó a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas todavía era reducido el número de físicos profesionales. Horn participó inicialmente en la organización de los laboratorios de física para los estudiantes de la carrera y posteriormente en actividades asociadas con la formación y la investigación. También recuerda la llegada de otros profesores extranjeros en el marco de la cooperación internacional de la época [5].

Este proceso de fortalecimiento de las ciencias coincidió, sin embargo, con un periodo de intensa agitación política universitaria. En 1968 el IMUNI fue afectado por un conflicto estudiantil en el que se cuestionaron su organización y sus relaciones de cooperación internacional. En el ambiente político de aquellos años, determinados sectores interpretaban la cooperación extranjera como una forma de influencia externa. La crisis condujo finalmente a la desaparición del IMUNI, lo que interrumpió una experiencia institucional dedicada específicamente a la matemática y a la investigación [4], [5].

La reforma universitaria de 1969 modificó profundamente la organización académica de la UNI. Las facultades fueron reemplazadas por departamentos y programas. En el nuevo Departamento de Física convivieron los pocos físicos profesionales existentes con un número considerable de ingenieros que tradicionalmente tenían a su cargo los cursos de física general para los estudiantes de las distintas especialidades de ingeniería [5].

Había una diferencia de concepción acerca del papel de las ciencias en la UNI. Manfred Horn recuerda que el primer jefe del nuevo Departamento de Física consideraba que para las necesidades del país era suficiente desarrollar la física básica necesaria para la formación de ingenieros. Los físicos del departamento, entre ellos Víctor Latorre, Holger Valqui, Ernesto López, Horacio Verdún, Balfour Merovicci y el propio Horn, defendían, en cambio, la necesidad

de desarrollar investigación científica. Según Horn, este grupo planteó su posición ante el rector Santiago Agurto, sin obtener inicialmente una respuesta favorable [5].

El conflicto no debe interpretarse simplemente como una confrontación entre ingenieros y científicos. Expresaba dos concepciones acerca de la universidad. Una consideraba que la matemática y la física debían cumplir principalmente una función de apoyo a la formación profesional del ingeniero. La otra sostenía que la UNI, además de formar profesionales, debía producir nuevos conocimientos y formar investigadores capaces de participar en la comunidad científica internacional.

La situación comenzó a cambiar cuando Carlos Hernández asumió posteriormente la conducción del Departamento de Física. Horn lo recuerda como un ingeniero mecánico con formación en física nuclear que comprendía la importancia de desarrollar investigación científica en la UNI [5]. Este episodio muestra que la diferencia no estaba determinada estrictamente por la profesión de origen, sino por distintas concepciones sobre la función de la investigación en una universidad de ingeniería.

Las dificultades continuaron durante la década de 1970. Horn recuerda que, en un periodo de gran inestabilidad institucional, fueron separados varios profesores vinculados con las ciencias. A fines de 1976 se anuló además el nombramiento de tres profesores extranjeros: Balfour Merovicci, Horacio Verdún y el propio Manfred Horn, bajo el argumento de que los extranjeros no podían ser profesores nombrados. La medida generó oposición dentro y fuera de la universidad. Según el testimonio de Horn, los profesores afectados recibieron el respaldo de miembros de la comunidad universitaria y de personalidades como Mario Samamé, José Ignacio López Soria, Jorge Basadre y Luis Alberto Sánchez. Después del cambio de autoridades universitarias, los tres profesores fueron repuestos en 1977 [5].

Estos acontecimientos muestran que la construcción de una cultura de investigación en la UNI no fue un proceso lineal. La creación de carreras científicas, la incorporación de profesores extranjeros, la cooperación internacional y la formación de pequeños grupos de investigación coexistieron con conflictos políticos, administrativos y académicos y con distintas concepciones acerca de la misión de la universidad.

Este contexto es importante para interpretar las primeras décadas de producción científica examinadas en este libro. El reducido número de publicaciones de aquellos años no puede atribuirse exclusivamente a la escasez de recursos o laboratorios. La propia concepción de la investigación y de la publicación científica como actividades regulares del docente universitario todavía estaba en proceso de consolidación. Quienes impulsaban la investigación tuvieron que construir, además de sus laboratorios y líneas de trabajo, el espacio institucional necesario para que la producción de nuevos conocimientos fuera reconocida como una de las funciones esenciales de la UNI.

1.3 Investigar sin pensar en publicar

Ingresé a la UNI en 1967. Durante mis años de formación aprendí a considerar la investigación como una actividad intelectual apasionante, pero no recuerdo que se nos enseñara que la publicación de los resultados debía constituir una etapa natural del trabajo científico.

Mi tesis de bachiller fue un ejemplo de ello. Decidí simular mediante computadora el experimento de Ernest Rutherford sobre la dispersión de partículas alfa por núcleos de oro. No quería simplemente reproducir el experimento, sino reconstruirlo a partir de las ecuaciones de movimiento y seguir numéricamente las trayectorias de las partículas sometidas al potencial coulombiano.

En aquellos años, la UNI no disponía de la computadora necesaria para realizar ese trabajo. Mi director de tesis, el doctor Víctor Latorre, gestionó que pudiera utilizar la IBM 1130 del Centro de Cómputo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Allí aprendí a programar en Fortran, a trabajar con tarjetas perforadas y a realizar las integraciones numéricas necesarias para obtener las trayectorias y los ángulos de dispersión.

Aquella experiencia me mostró que era posible plantear un problema físico, expresarlo matemáticamente, convertir las ecuaciones en un programa y obtener resultados mediante simulación. Sin embargo, una vez sustentada la tesis, consideré que el trabajo había quedado suficientemente comunicado. No recuerdo que alguien me sugiriera convertir esos resultados en un artículo para una revista científica.

Cuando ya cursaba la maestría en Física, el doctor José Carlos del Prado me propuso un problema mucho más abstracto: estudiar una formulación que permitiera relacionar los campos gravitacional y electromagnético, a partir de una de las líneas que Albert Einstein había explorado durante sus últimos años. El punto de partida fue el formalismo cronométricamente invariante desarrollado por Zelmanov, que permitía separar las variables espaciales y temporales dentro de una formulación tensorial.

Durante meses trabajé con tensores no simétricos, conexiones generalizadas y descomposiciones espaciales. El 29 de mayo de 1974 sustenté en la sala del Consejo Universitario de la UNI mi tesis de maestría, resultado de ese trabajo.

También entonces consideré que la tesis constituía el destino natural de la investigación. Había estudiado un problema durante un periodo prolongado, obtenido resultados y defendido públicamente el trabajo ante un jurado, pero no tenía incorporada la idea de que el paso siguiente debía ser preparar una publicación científica.

Vista desde la actualidad, aquella experiencia ayuda a comprender una parte de la historia de la investigación en la UNI. Investigábamos por interés científico, por curiosidad y por el placer de comprender y resolver problemas. Sin embargo, no existía todavía, al menos en el ambiente académico que conocí, una tradición suficientemente extendida que impulsara de manera sistemática a estudiantes y docentes a transformar los resultados de sus investigaciones en artículos científicos.

Esta circunstancia también obliga a interpretar con cautela la escasa producción bibliográfica registrada durante las primeras décadas. Un número reducido de publicaciones visibles en bases internacionales no significa necesariamente que hubiera poca investigación. Parte del conocimiento producido pudo quedar contenido en tesis, informes, documentos internos y trabajos académicos que nunca ingresaron en los circuitos internacionales de publicación.

Con el tiempo comprendí que investigar y publicar deben formar parte de un mismo proceso. Una tesis permite demostrar que se ha planteado y estudiado rigurosamente un problema; la publicación permite que sus resultados sean conocidos, evaluados, discutidos y utilizados por

otros investigadores. Una de las razones de este libro es precisamente contribuir a que las nuevas generaciones de la UNI den ese paso que, durante nuestros años de formación, muchos no aprendimos a considerar necesario.

1.4 Aprender a publicar y reconocer la autoría

Mi percepción sobre la publicación científica comenzó a cambiar durante los años que pasé en Francia realizando mis estudios doctorales. Allí comprendí que obtener un resultado era solo una parte del trabajo científico y que también era necesario comunicarlo y reconocer con precisión la contribución de quienes habían participado en él.

Mientras desarrollaba mi tesis en el Centro de Estudios Nucleares de Saclay, conocí un experimento que el grupo dirigido por Hervé Nifenecker realizaría en Grenoble utilizando el espectrómetro de masas LOHENGRIN, instalado en el reactor de alto flujo (HFR) del Institut Laue-Langevin (ILL), en Grenoble. Ese equipo no era el grupo con el que yo realizaba mi tesis doctoral. Sin embargo, el problema despertó mi interés y decidí simular por computadora el experimento antes de que se realizaran las mediciones.

Los cálculos produjeron un resultado que inicialmente parecía extraño. Para los fragmentos de fisión con número másico 109, la distribución de energía cinética debía aparecer anormalmente ancha respecto de las masas vecinas. Revisé repetidamente los algoritmos y las hipótesis utilizadas, pero la predicción persistía.

Cuando el experimento se realizó, las mediciones confirmaron precisamente ese ensanchamiento. Los resultados fueron presentados en 1979 en el IV Simposio Internacional sobre Física y Química de la Fisión, organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) [6]. Para mi sorpresa, el equipo experimental incluyó mi nombre entre los autores del trabajo. Yo no lo había solicitado. Habían considerado, simplemente, que el cálculo y la predicción posteriormente confirmada por el experimento constituían una contribución científica que debía ser reconocida.

Ese episodio tuvo para mí una enseñanza importante. Comprendí que la autoría de un trabajo no debía depender de jerarquías, pertenencia a un grupo o conveniencias institucionales, sino de la contribución real de cada investigador. Aquel equipo, al que yo no pertenecía, reconoció espontáneamente mi participación porque mi trabajo había contribuido a interpretar sus resultados.

Paralelamente, mi investigación doctoral seguía otro camino. En los experimentos realizados en el mismo HFR del ILL estudiábamos las distribuciones de masa y energía cinética de los fragmentos con muy baja energía de excitación producidos en la fisión térmica del uranio-233, uranio-235 y plutonio-239. Estos resultados formarían parte de lo que posteriormente se conocería como fisión fría.

En 1981, Claude Signarbieux publicó junto con varios colaboradores, entre los que me encontraba, un artículo sobre la ruptura de pares de nucleones incluso en las configuraciones de escisión más frías [7]. Aquello reforzó una convicción que se había ido formando durante mis años en Francia: los descubrimientos no debían quedar únicamente en tesis, informes o

archivos de laboratorio. Si un resultado aportaba algo nuevo al conocimiento, debía ser sometido a evaluación, publicado y puesto a disposición de la comunidad científica.

Sin embargo, haber comprendido la importancia de publicar no significaba que pudiera hacerlo con plena libertad. En mi experiencia en la Comisión de Energía Atómica de Francia, actualmente Comisión de Energía Atómica y Energías Alternativas (CEA), la organización de la investigación en mi grupo era jerárquica. Era difícil publicar sin la aprobación del jefe de grupo. La situación cambió cuando regresé al Perú e ingresé a trabajar en el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Allí, con mayor libertad para desarrollar y comunicar mis propias ideas, comencé a publicar mis interpretaciones de los experimentos que había realizado durante mis años de trabajo en el CEA.

Aquello consolidó una convicción que se había ido formando durante mis años en Francia: investigar y publicar debían formar parte de un mismo proceso. Investigar permite descubrir; publicar permite que el resultado sea conocido, evaluado, discutido y utilizado por otros. De la misma manera, la autoría debe dejar constancia de quiénes contribuyeron realmente a producir ese conocimiento.

Esa experiencia también influyó posteriormente en mi interés por promover la publicación científica entre investigadores y estudiantes. Investigar puede comenzar por curiosidad, por el placer de comprender o por el deseo de resolver un problema, pero comunicar los resultados es lo que permite que ese trabajo se incorpore al conocimiento colectivo.

1.5 Del retorno al Perú a la cooperación científica internacional

Cuando regresé al Perú en 1982, después de concluir mis estudios en Francia, esperaba reincorporarme a la UNI y continuar allí las investigaciones que había desarrollado en física nuclear. Sin embargo, las tensiones que habían caracterizado a la UNI durante la década anterior todavía tenían consecuencias. Las autoridades de entonces no permitieron mi reincorporación, por lo que ingresé al IPEN.

Durante 1983 realicé una estadía como investigador invitado en el Kernforschungsanlage Jülich (KFA), Centro de Investigación Nuclear de Jülich, actualmente Forschungszentrum Jülich (FZJ), Alemania, en la entonces República Federal de Alemania. Allí participé en una investigación sobre el comportamiento del hidrógeno en la aleación intermetálica LaNi_5 . Mediante dispersión inelástica de neutrones se estudiaron los modos vibracionales localizados de los átomos de hidrógeno dentro de la estructura cristalina del material.

Esa experiencia me permitió comprender de manera muy concreta el valor de la colaboración científica internacional. Nuestro experimento se realizaba con el espectrómetro de masas LOHENGRIN, instalado en una de las salas experimentales del reactor de alto flujo (HFR) del ILL, en Grenoble. Años antes, en esas mismas instalaciones, había realizado también los experimentos que sirvieron de base para mi tesis doctoral. No se trataba de una infraestructura utilizada únicamente por nuestro grupo: numerosos equipos de investigación de Europa y de otros países acudían al ILL para realizar experimentos y aprovechar las facilidades del reactor y de sus instrumentos asociados. Comprendí entonces que muchas investigaciones de frontera no requieren que cada institución posea sus propios grandes equipos, sino que sus investigadores

tengan acceso a infraestructuras internacionales compartidas y participen activamente en redes de colaboración.

Los resultados fueron publicados en 1984 por R. Hempelmann, D. Richter, G. Eckold, J. J. Rush, J. M. Rowe y M. Montoya en el artículo *Localized hydrogen modes in LaNi_5H_x* , aparecido en el *Journal of the Less-Common Metals* [8].

En ese momento el trabajo estaba motivado fundamentalmente por el estudio de las propiedades físicas de los hidruros metálicos. Con el tiempo, este campo adquiriría una importancia adicional por su relación con el almacenamiento de hidrógeno. Los hidruros intermetálicos como LaNi_5 pueden absorber y liberar hidrógeno reversiblemente, lo que los convierte en materiales de interés para sistemas de almacenamiento energético.

Esta estadía en el KFA fue una de mis primeras experiencias de cooperación científica internacional después de regresar al Perú. Me permitió trabajar temporalmente en una instalación especializada, participar en un problema diferente de mi línea principal de fisión nuclear y publicar los resultados conjuntamente con investigadores de otras instituciones.

Esa experiencia anticipaba una modalidad de trabajo que continuaría posteriormente en diversos centros internacionales. En la Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), en Darmstadt, Alemania —actualmente GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung—, fui invitado por Peter Armbruster, una de las figuras principales de esa institución y quien años antes había sido director de investigación del ILL, en Grenoble. En el Instituto de Física Nuclear de Orsay (IPN Orsay), perteneciente al Centro Nacional de Investigación Científica de Francia (CNRS), fui invitado por Bernard Borderie, director de investigación del CNRS. Posteriormente, en Carnegie Mellon University (CMU), en Pittsburgh, Estados Unidos, trabajé por invitación de Morton Kaplan, profesor de Química Nuclear del Departamento de Química.

En 1984, ya nuevamente en el IPEN, publiqué en *Zeitschrift für Physik A* el artículo *Mass and kinetic energy distribution in cold fission of ^{233}U , ^{235}U and ^{239}Pu induced by thermal neutrons* [9]. Ese trabajo constituyó la primera publicación del IPEN registrada posteriormente en Scopus. Para mí representó también la posibilidad de llevar una interpretación propia, basada en los experimentos realizados durante mis años en el CEA, desde su formulación y análisis hasta su publicación en una revista científica internacional.

En 1984 surgió en el IPEN un conflicto relacionado con las condiciones en que se realizaba la investigación. Un grupo de investigadores empezó a reclamar mayor apoyo a la actividad científica y mejores condiciones para desarrollar los proyectos de investigación. Como consecuencia de mi apoyo a esas demandas fui despedido del Instituto [10].

En la UNI, entretanto, se produjo un cambio institucional importante. En 1984 fue elegido rector José Ignacio López Soria, con lo que se inició una etapa que la propia historia institucional ha caracterizado como un cambio de rumbo de la Universidad [11]. Ese nuevo ambiente hizo posible mi regreso a la UNI después de las dificultades que habían impedido mi reincorporación dos años antes.

El retorno resolvía mi situación universitaria, pero planteaba otro problema. La UNI no disponía de laboratorios que permitieran continuar directamente las investigaciones experimentales en física nuclear que había realizado en Francia. La alternativa fue mantener mi vinculación

con la Universidad y, al mismo tiempo, buscar laboratorios internacionales en los que pudiera continuar investigando.

Entre 1985 y 1986 trabajé como investigador invitado en la GSI. Esa estadía forma parte de mi trayectoria registrada de investigación en instituciones extranjeras [12].

Durante ese periodo continué desarrollando mis propias interpretaciones sobre la fisión nuclear. En 1986 publiqué *Shell and coulomb effects in thermal neutron induced cold fission of U-233, U-235, and Pu-239*, trabajo en el que analicé el papel de los efectos de capas nucleares y de la interacción coulombiana en las configuraciones de escisión [13]. Ese mismo año, junto con R. W. Hasse y P. Koczon, publiqué *Coulomb effects in low energy fission* en *Zeitschrift für Physik A* [14]. En este último artículo se indicó expresamente que me encontraba *on leave* del Departamento de Física de la UNI.

Estas publicaciones me permitieron mantener una línea propia de investigación en fisión aun cuando los experimentos, las discusiones científicas y el acceso a instalaciones especializadas se realizaban en laboratorios situados fuera del Perú.

Entre 1986 y 1987 continué esta experiencia internacional como investigador invitado en el IPN Orsay [12]. Allí me incorporé al grupo de Bernard Borderie y participé en investigaciones sobre colisiones profundamente inelásticas de iones pesados. Una de esas investigaciones dio lugar al artículo *Deeply inelastic collisions as a source of intermediate mass fragments at $E/A = 27$ MeV*, publicado en *Physics Letters B* en 1988 [15].

En 1988 acepté una nueva invitación para trabajar como investigador invitado en la CMU [12]. Allí participé en un ambiente científico dedicado al estudio de procesos de fragmentación y reacciones nucleares. La experiencia reforzó una idea que había empezado a formarse durante mis años en Francia y Alemania: muchos problemas científicos requieren equipos, aceleradores e instrumentos cuyo costo hace imposible que cada universidad disponga de ellos, por lo que el avance del conocimiento depende crecientemente de la cooperación entre grupos e instituciones.

A los pocos meses de iniciada esa experiencia, el doctor Víctor Latorre, quien había sido mi profesor y director de tesis en la UNI, fue designado presidente del IPEN el 22 de febrero de 1988 [16]. Esa circunstancia presentaba una oportunidad con poca probabilidad de repetirse para regresar al Perú. No la dejé pasar. Desde entonces empecé a trabajar en el IPEN y a medio tiempo en la UNI.

Las experiencias acumuladas en el CEA sede de Saclay, el KFA de Jülich, la GSI de Darmstadt, el IPN Orsay y la CMU modificaron profundamente mi manera de entender la investigación. Comprobé que la ciencia contemporánea no se desarrolla exclusivamente dentro de los límites físicos de una universidad. Un investigador puede pertenecer a una institución y realizar experimentos en instalaciones de otros países, colaborar con grupos internacionales, utilizar equipos que su universidad no posee y, al mismo tiempo, mantener una línea propia de investigación y publicar sus resultados con la filiación de su institución de origen.

Esta experiencia resulta particularmente pertinente para una universidad como la UNI. La ausencia de determinados equipos no tiene por qué impedir el desarrollo de líneas avanzadas de investigación. Puede ser, por el contrario, una razón para construir cooperación científica, compartir infraestructura y enviar estudiantes e investigadores a laboratorios especializados,

procurando que el conocimiento y las capacidades adquiridas fortalezcan posteriormente a la propia Universidad.

También comprendí que la cooperación internacional no consiste simplemente en viajar al extranjero o utilizar instalaciones más modernas. Su valor reside en integrarse en comunidades que discuten problemas, contrastan interpretaciones, comparten información y someten los resultados a la crítica de otros investigadores. La ciencia es una actividad internacional por naturaleza, pero cada investigador lleva consigo una filiación institucional y contribuye, mediante sus publicaciones y colaboraciones, a la presencia científica de su universidad y de su país.

Esta trayectoria personal ayuda a explicar también una de las ideas centrales de este libro. Una universidad no necesita poseer todos los laboratorios imaginables para producir investigación de alcance internacional. Necesita investigadores capaces de formular problemas, grupos con continuidad, acceso a redes de cooperación y una política institucional que facilite, y no obstaculice, la investigación y la publicación de sus resultados.

Durante la década de 1990 advertí en el IPEN una dificultad que no había previsto al iniciar mi actividad científica. Una parte importante de los recursos externos disponibles para proyectos provenía de los programas de cooperación técnica del OIEA. La estrategia de cooperación técnica adoptada por el Organismo orientaba estos programas hacia las prioridades nacionales de desarrollo y privilegiaba proyectos capaces de producir un impacto socioeconómico significativo y sostenible, con participación de los sectores involucrados y de los usuarios finales [17]. En la práctica, este enfoque favorecía proyectos con aplicaciones identificables y beneficios relativamente amplios, mientras que las investigaciones de carácter estrictamente básico encontraban mayores dificultades para obtener financiamiento.

Durante esos años, la investigación básica tuvo por ello una presencia limitada en las publicaciones del IPEN. La situación en la UNI tampoco era favorable: la UNI disponía de escasos recursos específicamente destinados a la investigación. Estas condiciones contribuyen a explicar el reducido número de publicaciones registradas en ambas instituciones durante buena parte de la década de 1990.

1.6 Scopus y la proyección internacional de la UNI

Scopus es una base de datos multidisciplinaria de resúmenes y citas de literatura académica, producida por Elsevier. Reúne metadatos de revistas científicas, actas de congresos, libros y capítulos de libro, entre otras fuentes. Sus registros incluyen, según la disponibilidad de cada documento, títulos, autores, filiaciones institucionales, resúmenes, palabras clave, referencias y citas recibidas. La selección y reevaluación de las fuentes se realiza mediante criterios editoriales y la participación de un consejo internacional independiente de especialistas [18], [19]. Scopus no sustituye al texto completo de las publicaciones ni abarca toda la producción académica existente; es, ante todo, una herramienta de descubrimiento, seguimiento de citas y análisis bibliométrico.

La presencia de trabajos de la UNI en Scopus constituye una de las vías de su proyección internacional, porque facilita que los resultados sean localizados, leídos, citados y comparados dentro de comunidades científicas y tecnológicas de alcance mundial. También permite

estudiar la colaboración entre instituciones y la evolución de campos de investigación. En el Perú, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) presenta Scopus como una fuente multidisciplinaria útil para la investigación básica, aplicada, la innovación tecnológica y los estudios bibliométricos [20].

Por ello, este libro busca incentivar a profesores, estudiantes y grupos de investigación de la UNI a transformar sus resultados en publicaciones sometidas a revisión académica y, cuando corresponda, difundidas en fuentes indexadas en Scopus. Esa meta exige priorizar la calidad, la originalidad, la ética, la pertinencia nacional, la correcta declaración de la filiación institucional y la continuidad de las líneas de investigación. Publicar en Scopus no debe entenderse como un fin meramente cuantitativo ni como el único criterio de mérito: las formas de comunicación varían entre física, ingeniería, arquitectura y ciencias sociales. Sin embargo, una presencia sostenida en fuentes internacionales reconocidas fortalece la circulación del conocimiento producido en la UNI y hace más visible su aporte al Perú.

1.7 Alcance documental y criterios de lectura

La base de este estudio está constituida por exportaciones de Scopus organizadas en ocho periodos: 1966–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010, 2011–2015, 2016–2020 y 2021–2025. Para 1966 se incorporan además dos artículos de Víctor A. Latorre verificados mediante sus registros editoriales y DOI. Cada capítulo analiza la evolución anual, la distribución por tipos documentales, las áreas temáticas, los autores recurrentes, las revistas o fuentes y las redes de colaboración.

Para los capítulos históricos 2 al 9, las publicaciones seleccionadas como referencias corresponden a documentos en los que al menos uno de los autores registra filiación con la Universidad Nacional de Ingeniería en la publicación correspondiente. Esta precisión es importante, pues la inclusión de un trabajo no implica que todos sus autores pertenezcan a la UNI ni que la totalidad de la investigación haya sido realizada en la Universidad. En los casos de colaboraciones nacionales o internacionales, la vinculación con la UNI se establece por la filiación institucional declarada por uno o más autores.

Los recuentos deben interpretarse como la producción visible en Scopus y atribuida por esa base a la UNI. No constituyen un inventario exhaustivo de toda la investigación realizada por la institución. La cobertura histórica de Scopus es desigual: favorece revistas y congresos internacionales incorporados a sus colecciones y puede omitir publicaciones nacionales, informes técnicos, tesis, libros, boletines, memorias institucionales y documentos antiguos. Asimismo, las variantes históricas de filiación y de firma de los autores pueden producir omisiones o duplicaciones. Para profundizar en el contenido científico, el análisis de publicaciones representativas utiliza también los resúmenes bibliográficos recuperados en Scopus. A partir de ellos se describen, de manera sintética, el problema estudiado, los métodos empleados y los resultados principales, sin reproducir íntegramente los abstracts.

La identificación de grupos de investigación es bibliométrica. Se basa en la recurrencia de autores, temas, métodos, fuentes y colaboraciones, y no implica necesariamente que cada núcleo corresponda a un grupo formalmente reconocido por la Universidad. Del mismo modo,

la presencia de un documento en una gran colaboración internacional indica participación institucional o autoral, pero no permite atribuir a la UNI la totalidad del trabajo realizado por el consorcio.

1.8 Evolución general de la producción

La trayectoria de 1966 a 2025 muestra una transformación profunda. Los dos primeros periodos reúnen 21 documentos y corresponden a una etapa de contribuciones discontinuas en química, física, matemática, geología, mecánica experimental e ingeniería sísmica. Entre 1981 y 1990 aparecen los primeros trabajos de congreso y se amplían las líneas hacia arqueometría, geotecnia, prevención de desastres, física nuclear, materiales e ingeniería eléctrica.

Durante 1991–2000 se observa una primera consolidación. La producción asciende a 47 documentos y se fortalecen materiales funcionales, películas delgadas, electroquímica, sensores, óptica, cosmología, geología, control e ingeniería sísmica. El periodo 2001–2010 marca un cambio de escala: con 178 documentos, se expanden los congresos y se diversifican las investigaciones en nanotecnología, energía solar, fotocátalisis, optimización, hidráulica, sistemas eléctricos, petróleo, química, biomedicina y tecnología espacial.

La aceleración se hace más visible desde 2011. El quinquenio 2011–2015 reúne 224 documentos y combina líneas históricas con nuevas capacidades en física de neutrinos, estructuras compuestas, tecnologías digitales, arquitectura y gestión del riesgo. Entre 2016 y 2020 la producción alcanza 667 documentos y se multiplica la participación en congresos y colaboraciones internacionales. Finalmente, 2021–2025 reúne 1 406 registros, más de la mitad de todo el corpus, aunque la evolución anual no es lineal: después del máximo de 2021 se produce una caída en 2022 y una recuperación gradual en los años siguientes.

1.9 De las ciencias fundamentales a la diversificación tecnológica

Las primeras publicaciones revelan una universidad vinculada con las ciencias fundamentales y con problemas experimentales de la ingeniería. Física de partículas, relatividad, matemática, resonancia magnética, geología y fotoelasticidad aparecen antes de que la producción indexada adquiera continuidad. En las décadas siguientes, estas bases se conectan con aplicaciones en materiales, minería, geotecnia, energía y prevención de desastres.

Desde la década de 1990, los materiales funcionales, las películas delgadas, los óxidos semiconductores, la electroquímica y los sensores forman uno de los núcleos más persistentes. Después de 2000, estas investigaciones se orientan crecientemente hacia energía solar, fotocátalisis, tratamiento de agua, detección de gases, nanotecnología y aplicaciones ambientales. La continuidad de autores y colaboradores muestra que ciertas capacidades científicas se mantuvieron y se renovaron durante varias generaciones.

La física conserva una presencia transversal. A la materia condensada, la óptica, la cosmología y la física nuclear se suman grandes colaboraciones en neutrinos y altas energías. La investigación nuclear mantiene una línea específica en fisión, simulación Monte Carlo, emisión neutrónica, do-

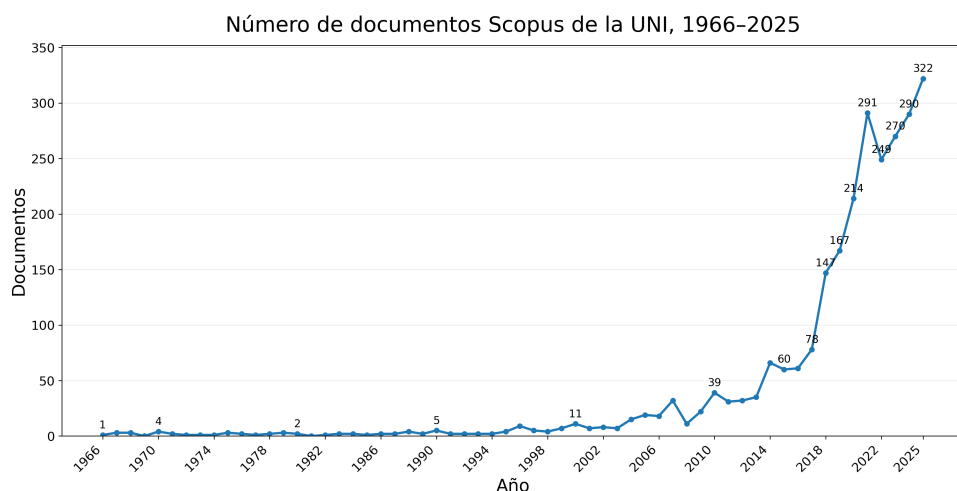


Figura 1: Número de documentos Scopus de la UNI, 1966–2025. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

simetría y aplicaciones médicas de las radiaciones. Estas contribuciones muestran la coexistencia de ciencia fundamental, instrumentación y aplicaciones clínicas.

En ingeniería, destacan la investigación sísmica, las estructuras, la geotecnia, la hidráulica, la energía, los sistemas eléctricos, el control, las telecomunicaciones, el petróleo, la minería y los procesos industriales. Desde 2016 crecen con rapidez la inteligencia artificial, la visión computacional, las redes de sensores, los sistemas distribuidos y el análisis de datos. Estas tecnologías se aplican a seguridad ciudadana, agricultura, salud, transporte, energía, industria y evaluación de daños.

La arquitectura y el urbanismo adquieren mayor visibilidad en los periodos recientes. Las publicaciones abordan patrimonio, vivienda, espacio público, transformación territorial, sostenibilidad y memoria urbana. Esta expansión justifica que el libro se refiera a la producción en ciencias, ingeniería y arquitectura, pues el perfil contemporáneo de la UNI ya no puede describirse únicamente desde las ingenierías tradicionales.

1.10 Colaboración, internacionalización y formas de difusión

La colaboración internacional es un rasgo constante, aunque cambia de escala. En los primeros años aparece en trabajos realizados con laboratorios y universidades extranjeras. Más adelante se consolida en materiales, óptica, geología, cosmología, física nuclear e ingeniería sísmica. Desde 2011, la participación en grandes consorcios de física de neutrinos y en redes multinacionales incrementa notablemente el número de autores, instituciones y documentos asociados con la UNI.

Los trabajos de congreso desempeñan un papel decisivo en la expansión reciente. Su crecimiento refleja la participación de profesores y estudiantes en comunidades de ingeniería, computación, energía, estructuras, ambiente y tecnologías digitales. Sin embargo, también in-

introduce fluctuaciones en la serie total: un aumento o disminución de actas de congresos puede modificar fuertemente el recuento anual sin que ello implique un cambio equivalente en la producción de artículos.

Por esa razón, el libro distingue entre volumen documental, calidad científica, continuidad temática e impacto institucional. El aumento de publicaciones es relevante, pero no basta por sí solo para demostrar la consolidación de capacidades. La formación de grupos estables, la disponibilidad de laboratorios, la incorporación de jóvenes investigadores, el financiamiento sostenido, la generación de propiedad intelectual y la transferencia tecnológica son dimensiones complementarias que deben considerarse al evaluar el desarrollo científico de la Universidad.

1.11 Organización del libro

Los ocho capítulos históricos siguen un orden cronológico. Cada periodo se inicia con la descripción de la base documental y la evolución anual, continúa con el análisis de las principales áreas y concluye con un balance histórico. Las referencias seleccionadas permiten verificar publicaciones representativas de las tendencias descritas. A estos capítulos se añade un capítulo final, «Potencialidades y perspectivas de la producción científica de la UNI», que interpreta las capacidades acumuladas, los vacíos institucionales y las oportunidades de desarrollo científico y tecnológico para los próximos años.

Esta estructura permite observar simultáneamente la continuidad y el cambio. Algunas líneas, como física, materiales, geología, energía e ingeniería sísmica, atraviesan varias décadas. Otras, como nanotecnología, inteligencia artificial, sistemas digitales, sostenibilidad, arquitectura indexada y física médica, adquieren mayor presencia en etapas recientes. La lectura conjunta muestra que la producción de la UNI no creció de manera uniforme ni respondió a un único modelo, sino a la interacción de grupos, investigadores, facultades, redes externas y oportunidades institucionales.

1.12 Sentido histórico y desafíos

El corpus estudiado evidencia el tránsito desde una producción escasa y altamente especializada hacia una actividad amplia, diversa e internacionalizada. El crecimiento cuantitativo es indudable, pero la serie también muestra discontinuidades, aceleraciones y periodos de estancamiento relativo. Estas variaciones invitan a analizar no solo cuántos documentos se publican, sino también qué capacidades los hacen posibles y qué efectos producen en la Universidad y en el país.

La historia que sigue es, por tanto, una historia de conocimiento, instituciones y vínculos. Refleja el trabajo de investigadores que abrieron líneas científicas, formaron estudiantes, construyeron laboratorios y establecieron colaboraciones. También muestra los desafíos pendientes: asegurar continuidad generacional, fortalecer la investigación interdisciplinaria, vincular las publicaciones con la innovación y responder mediante la ciencia, la ingeniería y la arquitectura a los problemas estratégicos del Perú.

Este libro busca contribuir a esa memoria y, al mismo tiempo, estimular una participación mucho más amplia de docentes y estudiantes de la UNI en la investigación y la publicación científica. Al reunir y ordenar seis décadas de producción registrada en Scopus, no solo se pretende reconocer logros e identificar tendencias, sino también mostrar que investigar y publicar son actividades al alcance de una comunidad universitaria con la capacidad intelectual de la UNI.

Una de las barreras que todavía limita la investigación es la percepción de que para producir conocimiento científico se requieren necesariamente grandes laboratorios, equipos costosos y abundantes recursos. En determinadas áreas esa infraestructura es indispensable, pero no toda investigación comienza de esa manera. Muchas investigaciones pueden surgir de la identificación de un problema concreto, de una pregunta bien formulada y de la decisión de buscar una respuesta rigurosa con todos los medios disponibles.

El análisis de datos, la simulación computacional, el modelamiento matemático, el desarrollo de programas, la utilización de bases de datos, los experimentos de bajo costo, el aprovechamiento compartido de equipos y la colaboración con otros grupos ofrecen múltiples posibilidades para investigar con los recursos disponibles. Lo esencial es identificar problemas relevantes y utilizar, con rigor y creatividad, los medios que estén al alcance para intentar resolverlos.

Investigar significa, ante todo, identificar problemas, formular preguntas y buscar soluciones mediante métodos rigurosos. Un curso, una tesis, un proyecto académico, una dificultad tecnológica o un problema observado en la realidad nacional pueden convertirse en el punto de partida de una investigación. Cuando los resultados son originales y relevantes, el paso siguiente debe ser comunicarlos mediante una publicación, para que puedan ser examinados, utilizados y desarrollados por otros investigadores.

La calidad de los estudiantes y docentes de la UNI permite pensar que su productividad científica puede ser considerablemente mayor. La capacidad para analizar problemas complejos y buscar soluciones, característica de la formación científica y de ingeniería, constituye una base favorable para generar conocimiento original y comunicarlo mediante publicaciones.

El número todavía reducido de investigadores de la UNI incorporados al Registro Nacional Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (RENACYT) muestra, desde esta perspectiva, un amplio espacio para crecer. Incrementar ese número no debe considerarse solamente una meta administrativa, sino la consecuencia natural de una comunidad universitaria que investiga de manera continua, publica sus resultados y forma nuevas generaciones de investigadores.

En ese sentido, uno de los propósitos centrales de este libro es contribuir a desmitificar la investigación. Los trabajos presentados en los capítulos siguientes muestran que distintas generaciones de investigadores de la UNI lograron transformar problemas y preguntas en resultados científicos publicados. Conocer esos antecedentes debe servir también como estímulo para que nuevos docentes y estudiantes se animen a investigar, escribir y publicar.

El capítulo final proyecta estas evidencias hacia una agenda institucional orientada a fortalecer los grupos de investigación, mejorar y compartir la infraestructura disponible en la UNI y usar las de las instituciones nacionales e internacionales, incorporar estudiantes desde etapas tempranas, promover la formación de nuevos investigadores, ampliar la internacionalización con liderazgo

propio, impulsar la publicación científica y vincular la producción de conocimiento con los principales problemas y oportunidades de desarrollo del país.

1.13 Referencias

- [1] Centro de Historia UNI, “18 de marzo de 1876: creación de la Escuela de Ingenieros del Perú,” Universidad Nacional de Ingeniería, 18 mar. 2026. [en línea].
- [2] Vicerrectorado de Investigación, “Listos los 44 stands de la UNI para UNICTEC 2026: ciencia y tecnología al alcance de todos por su sesquicentenario,” Universidad Nacional de Ingeniería, 21 abr. 2026. [en línea].
- [3] Universidad Nacional de Ingeniería, “Facultad de Ciencias: reseña histórica,” Portal Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. [en línea].
- [4] J. V. F. Salazar, *REMATEC*, año 9, no. 15, pp. 81–94, ene.–abr. 2014.
- [5] M. Montoya, “Dr. Manfred Horn,” entrevista, *Peru-Spiegel / Espejo del Perú*, pp. 24–25, abr. 2006.
- [6] R. Brissot, J. P. Bocquet, C. Ristori, J. Granon, C. Guet, H. Nifenecker y M. Montoya, en *Physics and Chemistry of Fission 1979*, vol. II, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1980, pp. 99–110.
- [7] C. Signarbieux, M. Montoya, M. Ribrag, C. Mazur, C. Guet, P. Perrin y M. Maurel, *Journal de Physique Lettres*, vol. 42, no. 19, pp. 437–440, 1981.
doi: 10.1051/jphyslet:019810042019043700.
- [8] R. Hempelmann, D. Richter, G. Eckold, J. J. Rush, J. M. Rowe y M. Montoya, *Journal of the Less-Common Metals*, vol. 104, no. 1, pp. 1–12, 1984.
doi: 10.1016/0022-5088(84)90430-2.
- [9] M. Montoya, *Zeitschrift für Physik A Atoms and Nuclei*, vol. 319, pp. 219–225, 1984.
doi: 10.1007/BF01415636.
- [10] M. Montoya, “Cincuentenario del IPEN: un sueño nuclear dispersado,” *Promoviendo la ciencia y la tecnología desde 1984*, 4 feb. 2025. [en línea].
- [11] O. Pequeño Valdivia, *Gaceta Historia UNI*, año 1, no. 9, p. 3, 23 set. 2024. [en línea].
- [12] M. Montoya, “Modesto Montoya BIO/CV,” *Promoviendo la ciencia y la tecnología desde 1984*, 30 oct. 2022. [en línea].
- [13] M. Montoya, *Radiation Effects*, vol. 93, nos. 1–4, pp. 9–12, 1986.
doi: 10.1080/00337578608207417.
- [14] M. Montoya, R. W. Hasse y P. Koczon, *Zeitschrift für Physik A Atomic Nuclei*, vol. 325, pp. 357–362, 1986.
doi: 10.1007/BF01294620.
- [15] B. Borderie et al., *Physics Letters B*, vol. 205, no. 1, pp. 26–29, 1988.
doi: 10.1016/0370-2693(88)90393-0.

- [16] Instituto Peruano de Energía Nuclear, “Galería de Presidentes,” registro institucional del Dr. Víctor La Torre Aguilar, presidente del IPEN, 22 feb. 1988–24 ene. 1989.
- [17] International Atomic Energy Agency, *Technical Co-operation Strategy*, documento GOV/INF/824, Vienna, 1997. www.iaea.org/sites/default/files/documents/tc/TC-Strategy.pdf [en línea].
- [18] Elsevier, “Scopus: Abstract and citation database,” 2026. [en línea].
- [19] J. Baas et al., *Quantitative Science Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 377–386, 2020. doi: 10.1162/qss_a_00019 10.1162/qss_a_00019.
- [20] Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, “Scopus,” Biblioteca Virtual de CONCYTEC, 2026. [en línea].

Capítulo 2. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1966–1970

Los primeros registros de producción científica de la UNI considerados en este libro corresponden al periodo 1966–1970. Se trata de una etapa inicial, todavía caracterizada por un número reducido y discontinuo de publicaciones, pero de especial interés histórico porque permite reconocer algunas de las primeras contribuciones de investigadores vinculados con la UNI que alcanzaron revistas científicas internacionales.

Durante estos cinco años se han identificado doce artículos. Dos fueron publicados en 1966, tres en 1967, tres en 1968 y cuatro en 1970. No se registran documentos correspondientes a 1969. Estas cifras deben interpretarse teniendo presente que la cobertura retrospectiva de Scopus es limitada y que la ausencia de registros no implica necesariamente que no se realizaran investigaciones en la Universidad durante esos años.

Las publicaciones muestran desde el comienzo una notable diversidad temática. Aparecen trabajos de física nuclear experimental, física de partículas, fundamentos relativistas, matemática, mecánica experimental, geología y física del estado sólido. Aunque todavía no puede hablarse de una producción institucional numerosa, estos trabajos revelan que investigadores vinculados con la UNI participaban ya en problemas científicos de frontera y mantenían relaciones de colaboración con laboratorios y universidades del extranjero.

Un caso particularmente significativo es el de Víctor A. Latorre, quien participó en dos investigaciones de física nuclear experimental publicadas en 1966 en *Physical Review*. Estos artículos, verificados mediante sus registros editoriales y DOI, constituyen los primeros documentos considerados en la reconstrucción cronológica de este libro.

El propósito de este capítulo es examinar esas primeras publicaciones, identificar a sus autores y las áreas científicas en las que trabajaron, y mostrar cómo, aun con una producción todavía pequeña, comenzaron a establecerse vínculos con comunidades científicas internacionales. Esta etapa constituye el punto de partida de una trayectoria que, como se verá en los capítulos siguientes, se ampliaría progresivamente tanto en número de publicaciones como en diversidad de campos de investigación.

2.1 Alcance documental y evolución

El periodo inicial reúne 12 artículos publicados entre 1966 y 1970. Dos de ellos corresponden a investigaciones de Víctor A. Latorre aparecidas en *Physical Review* en 1966, con filiación vinculada a la UNI y DOI verificables [1], [2]. Los otros diez documentos se distribuyen entre 1967, 1968 y 1970. La identificación histórica de estas publicaciones se sustenta en los registros de Scopus, los DOI, las páginas editoriales y las filiaciones consignadas en las fuentes originales. Cabe señalar que en ese periodo fue notoria la participación de investigadores argentinos, que salieron de su país por razones políticas.

La producción comprobada comienza con dos artículos en 1966, continúa con tres en 1967 y tres en 1968, y alcanza cuatro en 1970. El volumen es reducido, pero los documentos muestran una temprana participación de investigadores vinculados con la UNI en redes de Estados Unidos, Francia, Israel, Alemania y otros países.

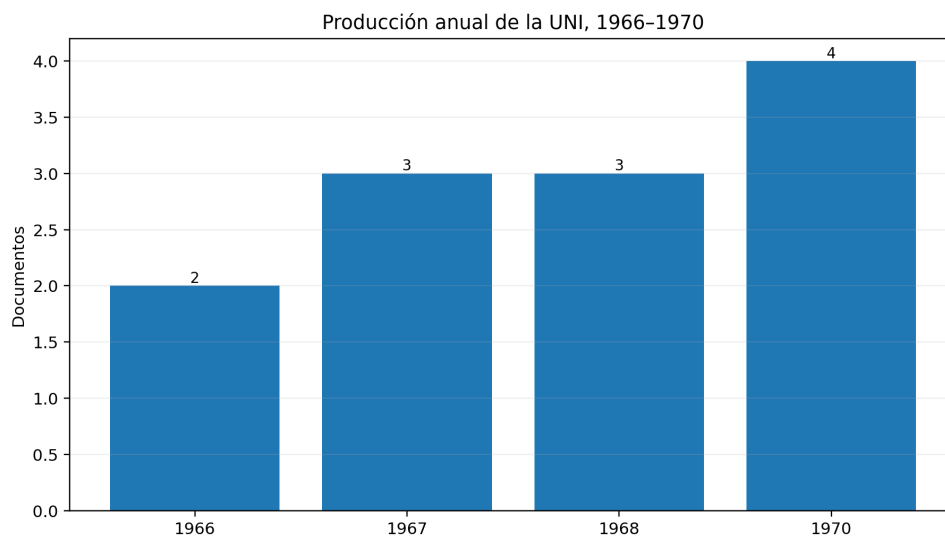


Figura 2: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 1966–1970. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

2.2 Víctor Latorre y la física nuclear experimental

En 1966, Víctor A. Latorre, profesor vinculado con la Facultad de Ciencias de la UNI, participó en dos investigaciones de física nuclear experimental publicadas en *Physical Review*. La primera estudió la anomalía de 1,7 MeV en la dispersión elástica de protones por carbono-12 [1]. La segunda determinó niveles excitados del nitrógeno-14 mediante la dispersión elástica de protones por carbono-13 [2]. Ambas publicaciones muestran una temprana participación internacional de la UNI en física nuclear experimental.

Estos trabajos, realizados en colaboración con investigadores de la Universidad de Maryland, constituyen evidencia temprana de la inserción de un profesor de la UNI en experimentos de estructura nuclear y sitúan en 1966 el inicio documentado de la producción internacional examinada en este libro.

2.3 Física de partículas y fundamentos relativistas

En 1967 se publicaron dos contribuciones sobre física fundamental. El estudio de tripletes y pares electrónicos observados en una cámara de trazas analizó la fotoproducción de pares y el retroceso electrónico en neón [3]. Ese mismo año apareció un trabajo sobre localización relativista de sistemas elementales [4], continuado en 1970 con una segunda parte [5].

A esta línea se suma el estudio del corchete simétrico de Dirac en mecánica clásica [6]. En conjunto, estas publicaciones muestran la presencia temprana de la UNI en problemas teóricos de relatividad, mecánica hamiltoniana y fundamentos matemáticos de la física.

2.4 Mecánica experimental y fotoelasticidad

La ingeniería aparece de manera visible en una secuencia de artículos de A. J. Durelli, V. J. Parks y C. J. del Río. En 1967 se estudiaron los esfuerzos en placas cuadradas adheridas a una superficie rígida y sometidas a contracción [7]. En 1968 se publicaron investigaciones sobre la determinación experimental de esfuerzos y desplazamientos en cilindros de pared gruesa y geometría compleja [8], así como una aplicación de la fotoelasticidad tridimensional a problemas axisimétricos [9].

Estos trabajos emplearon técnicas experimentales para visualizar y medir campos de esfuerzos y vincularon la mecánica de sólidos con problemas de diseño estructural. Constituyen los antecedentes más claros de investigación en ingeniería dentro del periodo.

2.5 Matemática y sistemas dinámicos

En 1968, J. Sotomayor publicó un artículo sobre familias genéricas uniparamétricas de campos vectoriales en variedades bidimensionales [10]. El trabajo, aparecido en el *Bulletin of the American Mathematical Society*, se inscribe en la teoría cualitativa de ecuaciones diferenciales y sistemas dinámicos. Su presencia revela una temprana contribución de alto nivel en matemática pura, con influencia posterior en el estudio de bifurcaciones y estabilidad.

2.6 Geología y recursos del territorio

La investigación geológica aparece en 1970 con el estudio del plutón de Acarí como ejemplo de diferenciación de magmas tonalíticos [11]. El artículo examinó además los cuerpos y diques que atraviesan la formación. Esta contribución vincula la investigación universitaria con el conocimiento de la geología peruana y con la comprensión de procesos asociados a recursos minerales.

2.7 Física del estado sólido y compuestos de uranio

También en 1970 se publicó un estudio de resonancia magnética nuclear en hidruro y deuterio de uranio [12]. El trabajo examinó propiedades magnéticas, desplazamientos de Knight, mecanismos de ensanchamiento de línea y difusión de hidrógeno y deuterio. Además de su interés en física del estado sólido, el artículo muestra una conexión temprana con materiales nucleares y compuestos de uranio.

Los dos trabajos de Víctor A. Latorre de 1966 permiten apreciar el nivel experimental alcanzado desde el inicio. En el estudio de la anomalía de 1,7 MeV en la dispersión protón-carbono-12 se utilizaron blancos delgados y espectrometría magnética para medir con precisión los protones dispersados y caracterizar resonancias nucleares. El segundo artículo examinó la dispersión elástica de protones sobre carbono-13 para determinar energías de excitación, anchuras reducidas y asignaciones de espín y paridad de estados del nitrógeno-14. No se trató, por tanto, de una participación meramente nominal, sino de investigación experimental asociada con uno de los problemas centrales de la física nuclear de bajas energías [1], [2].

La publicación de Benaksas y Morrison de 1967 utilizó una cámara de trazas tipo streamer para observar tripletes y pares electrón-positrón producidos por fotones en neón. La comparación entre los eventos observados y las predicciones teóricas permitió evaluar procesos de producción de pares tanto en el campo nuclear como en el de los electrones atómicos. El trabajo ilustra el acceso de investigadores afiliados a la UNI a instrumentación y problemas propios de la física experimental de altas energías [3].

En física teórica, el problema de la localización relativista exigía compatibilizar el concepto de posición de una partícula con la invariancia de Lorentz. Gallardo, Kalnay y Risemberg estudiaron las restricciones matemáticas de esa compatibilidad y mostraron limitaciones de formulaciones previamente aceptadas [4]. La continuación de esta línea y el trabajo sobre el corchete simétrico de Dirac [5], [6] revelan que en la Facultad de Ciencias coexistían desde muy temprano problemas abstractos de mecánica relativista, estructura hamiltoniana y fundamentos matemáticos de la física.

La secuencia de artículos de Carlos del Río y sus colaboradores constituye, a su vez, un ejemplo de investigación de ingeniería basada en experimentación. La fotoelasticidad tridimensional permitió convertir patrones ópticos de birrefringencia en información sobre tensiones internas de piezas sometidas a carga o contracción. En placas y cilindros de geometría compleja, estos procedimientos ofrecían una vía experimental para validar modelos de resistencia de materiales antes de la generalización del cálculo numérico por elementos finitos [7]–[9].

La presencia simultánea de sistemas dinámicos, geología del plutón de Acarí y resonancia magnética nuclear en hidruros de uranio muestra la diversidad de la etapa. Sotomayor trabajó sobre familias genéricas de campos vectoriales y estabilidad estructural [10]; Dunin-Borkowski examinó la diferenciación magmática de una intrusión del batolito costero peruano [11]; y el estudio de hidruro y deuterio de uranio analizó desplazamientos de Knight, ensanchamiento de líneas y difusión de hidrógeno [12]. En pocos años, la UNI aparece vinculada con ciencia básica, materiales nucleares y conocimiento geológico del territorio.

2.8 Autores, fuentes y colaboración

La mayoría de los autores aparece una sola vez, lo que refleja una etapa dominada por contribuciones individuales o colaboraciones externas. Víctor A. Latorre participa en dos artículos de física nuclear experimental; C. J. del Río, en tres artículos de mecánica experimental; A. J. Kálnay, en tres trabajos de física teórica; y otros nombres se asocian con líneas específicas.

Las revistas incluyen *Physical Review*, *Physical Review B*, *Physical Review D*, *Journal of Mathematical Physics*, *Experimental Mechanics*, *Strain*, *Geologische Rundschau*. La diversidad y especialización de estas fuentes indican que, aun con un número reducido de documentos, la producción vinculada a la UNI circuló tempranamente en comunidades científicas internacionales.

2.9 Balance del periodo

El periodo 1966–1970 constituye la etapa inicial comprobada de la producción de la UNI visible en fuentes indexadas por Scopus y verificadas mediante DOI. Los 12 documentos no configuran todavía una estructura institucional amplia, pero revelan varios rasgos que reaparecerán en décadas posteriores: combinación de ciencia fundamental e ingeniería, colaboración internacional, atención a materiales y recursos del territorio, y publicación en revistas especializadas.

No se registran publicaciones de arquitectura en esta exportación. Tampoco debe suponerse que la actividad científica de la UNI se limitó a estos artículos: Scopus no cubre de manera exhaustiva revistas nacionales, informes técnicos, tesis, libros ni documentos institucionales de la época. Este capítulo describe, por tanto, la fracción internacionalmente indexada y constituye el punto de partida para analizar la expansión posterior.

2.10 Referencias

- [1] J. C. Armstrong et al., *Physical Review*, vol. 144, no. 3, pp. 823–826, 1966.
doi: 10.1103/PhysRev.144.823.
- [2] V. A. Latorre et al., *Physical Review*, vol. 144, no. 3, pp. 891–901, 1966.
doi: 10.1103/PhysRev.144.891.
- [3] D. Benaksas et al., *Physical Review*, vol. 160, no. 5, pp. 1245–1251, 1967.
doi: 10.1103/PhysRev.160.1245.
- [4] J. C. Gallardo et al., *Physical Review*, vol. 158, no. 5, pp. 1484–1490, 1967.
doi: 10.1103/PhysRev.158.1484.
- [5] A. J. Kálnay et al., *Physical Review D*, vol. 1, no. 4, pp. 1092–1104, 1970.
doi: 10.1103/PhysRevD.1.1092.
- [6] W. H. Franke et al., *Journal of Mathematical Physics*, vol. 11, no. 5, pp. 1729–1734, 1970.
doi: 10.1063/1.1665318.

- [7] A. J. Durelli et al., *Experimental Mechanics*, vol. 7, no. 11, pp. 481–484, 1967.
doi: 10.1007/BF02326263.
- [8] A. J. Durelli et al., *Experimental Mechanics*, vol. 8, no. 7, pp. 319–326, 1968.
doi: 10.1007/BF02326022.
- [9] C. Del Rio et al., *Strain*, vol. 4, no. 3, pp. 30–31, 1968.
doi: 10.1111/j.1475-1305.1968.tb01370.x.
- [10] J. Sotomayor et al., *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 74, no. 4, pp. 722–726, 1968.
doi: 10.1090/S0002-9904-1968-12013-0.
- [11] E. Dunin-Borkowski et al., *Geologische Rundschau*, vol. 59, no. 3, pp. 1141–1180, 1970.
doi: 10.1007/BF02042287.
- [12] J. Grunzweig-Genossar et al., *Physical Review B*, vol. 1, no. 5, pp. 1958–1977, 1970.
doi: 10.1103/PhysRevB.1.1958.

Capítulo 3. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1971–1980

La producción científica atribuida por Scopus a la Universidad Nacional de Ingeniería durante el periodo 1971–1980 continúa siendo reducida, pero permite observar la aparición y consolidación de algunas líneas de investigación que tendrían importancia en las décadas posteriores.

Para este periodo se han identificado nueve documentos, todos clasificados como artículos científicos. No se registran publicaciones entre 1971 y 1975; la serie comienza en 1976 y se concentra principalmente en física del estado sólido, magnetoescopía, resonancia magnética, matemática aplicada y confiabilidad sísmica.

Aunque el número de publicaciones es todavía pequeño, los trabajos muestran una participación activa de investigadores vinculados con la UNI en redes de colaboración internacional. En particular, aparecen relaciones académicas y científicas con laboratorios de Francia y de Estados Unidos, lo que refleja una temprana inserción de algunos investigadores de la Universidad en comunidades científicas de alcance internacional.

El periodo también permite reconocer la continuidad de áreas que luego adquirirían mayor presencia en la producción científica de la UNI. Entre ellas destacan la espectroscopía y el estudio de materiales, el modelamiento matemático y la ingeniería sísmica. Estas líneas muestran que, aun en una etapa de baja productividad bibliográfica, comenzaron a formarse capacidades que contribuirían al desarrollo posterior de la investigación en la Universidad.

El análisis de este decenio permite, por tanto, observar una etapa de transición entre las primeras publicaciones aisladas de fines de la década de 1960 y una actividad científica que, en los periodos siguientes, comenzaría a diversificarse y a adquirir mayor continuidad.

3.1 Alcance documental y evolución anual

El archivo reúne nueve documentos con años de publicación comprendidos entre 1976 y 1980. Todos están clasificados por Scopus como artículos. La ausencia de registros entre 1971 y 1975 no demuestra necesariamente que la UNI no produjera investigación durante esos años: la

cobertura retrospectiva de Scopus es selectiva y depende de la indexación histórica de las revistas y de la normalización de las filiaciones institucionales.

La producción se distribuye de manera discontinua: dos artículos en 1976, uno en 1977, dos en 1978, dos en 1979 y dos en 1980. En conjunto, el periodo representa todavía una etapa de producción internacional de baja frecuencia, sustentada principalmente en investigadores individuales y colaboraciones externas.

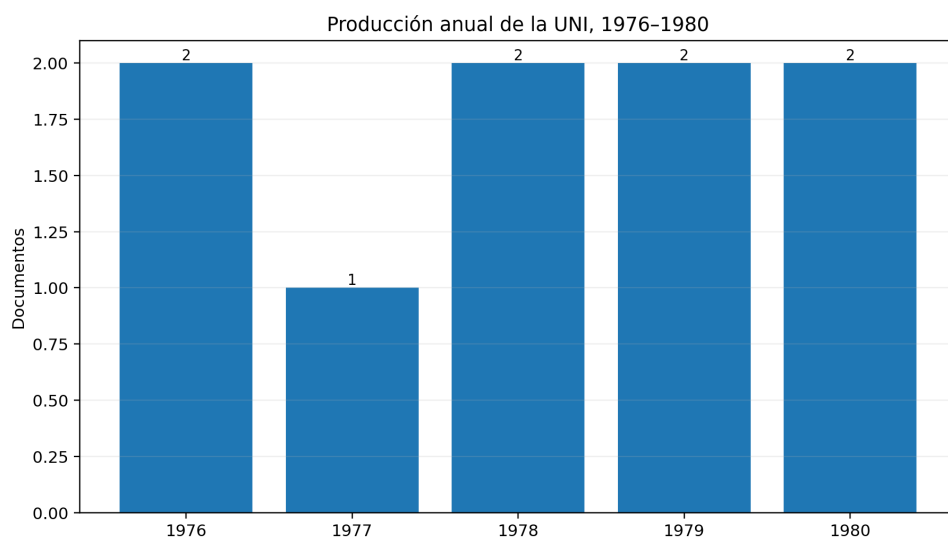


Figura 3: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 1976–1980. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

3.2 Física del estado sólido y magnetoespectroscopia

La línea más visible corresponde a la física del estado sólido. H. R. Verdún y H. D. Drew estudiaron el bolsillo de huecos del bismuto mediante magnetoespectroscopia en el infrarrojo lejano. El primer trabajo examinó los efectos de estructura de bandas [1], mientras que el segundo se concentró en los efectos de interacción electrón–electrón [2]. Ambas contribuciones fueron publicadas en *Physical Review B* y reflejan una investigación experimental de alta especialización, realizada en cooperación con la Universidad de Maryland.

En 1978, H. R. Verdún y F. Volino analizaron, mediante resonancia magnética, la formación de una solución sólida heterogénea en la fase plástica del ciclohexano dopado con un radical nitroxilo [3]. En el mismo año, J. Ávalos y colaboradores estudiaron acoplamientos electrón–protón y la dimensionalidad de excitones triplete en compuestos TCNQ [4]. Estos artículos muestran continuidad con la tradición de resonancia magnética iniciada en la década anterior y una inserción activa en redes francesas de investigación.

3.3 Resonancia paramagnética y materiales cristalinos

Entre 1979 y 1980 aparecen investigaciones sobre resonancia paramagnética electrónica en materiales cristalinos. E. López y R. T. Cox estudiaron iones Fe^{3+} y Mn^{2+} en sitios trigonales de MgTiO_3 [5]. Al año siguiente, J. Vega Lino, E. López y A. Valera identificaron señales ESR asociadas con la sustitución de Fe^{3+} en sitios de Ti^{4+} del mismo compuesto [6]. La continuidad de material, técnica y autores permite reconocer un pequeño núcleo experimental en física de materiales dentro de la UNI.

3.4 Matemática y ecuaciones diferenciales

J. R. Claeysen dio continuidad a la presencia de la matemática en la producción internacional de la UNI. En 1976 estudió el efecto de retardos en ecuaciones diferenciales funcionales [7], y en 1980 presentó el método de bifurcación por promedios integrales aplicado a la ecuación general con un retardo [8]. Los artículos, publicados en revistas especializadas de análisis y ecuaciones diferenciales, anticipan la posterior consolidación de líneas de modelamiento, estabilidad, optimización y métodos numéricos.

3.5 Ingeniería sísmica y confiabilidad

La ingeniería aparece de forma explícita en 1979 con el estudio de A. J. Schiff, R. E. Torres-Cabrejos y J. T. P. Yao sobre la confiabilidad sísmica de equipos eléctricos que contienen elementos estructurales cerámicos [9]. El trabajo combina análisis probabilístico, comportamiento estructural y riesgo sísmico. Constituye un antecedente temprano de una de las líneas de mayor continuidad posterior en la UNI: ingeniería sísmica, vulnerabilidad y reducción del riesgo de desastres.

El trabajo de Julio Ruiz-Claeyssen de 1976 desarrolló herramientas para estudiar ecuaciones diferenciales funcionales con retardo, problemas en los que el estado futuro de un sistema depende no solo de su situación presente sino también de su historia. Mediante técnicas de reducción a variedades integrales, el análisis permitió relacionar ecuaciones funcionales perturbadas con ecuaciones diferenciales ordinarias, lo que facilitó el estudio de estabilidad y bifurcaciones [7]. Este tipo de formulación tendría aplicaciones posteriores en control, dinámica de poblaciones, redes y modelamiento de sistemas complejos.

Las investigaciones de Horacio Verdún y H. D. Drew sobre bismuto se situaron en la frontera de la física de la materia condensada. La magnetoespectroscopia infrarroja lejana se utilizó para explorar la estructura electrónica del bolsillo de huecos del bismuto y separar los efectos asociados con la estructura de bandas de aquellos debidos a interacciones electrón–electrón [1], [2]. La importancia de estos trabajos radica en que combinaban mediciones espectroscópicas de alta precisión con modelos cuánticos de portadores en un sólido semimetálico.

En resonancia magnética se estudió la fase plástica del ciclohexano dopado con radicales nitroxilo y, en otra línea, compuestos TCNQ con excitones triplete [3], [4]. Las mediciones permitieron inferir distribución molecular, movilidad y acoplamientos electrón–protón. Esta

continuidad metodológica ayuda a entender por qué la resonancia paramagnética se convirtió en una de las herramientas experimentales características de la Facultad de Ciencias durante esos años.

El núcleo local de MgTiO_3 es especialmente significativo porque ya muestra autores trabajando desde el Departamento de Física de la UNI. Los espectros ESR de Fe^{3+} y Mn^{2+} permitieron identificar posiciones cristalográficas y parámetros del campo cristalino [5], [6]. Es una transición importante: la colaboración internacional seguía siendo decisiva, pero la universidad comenzaba a sostener experimentos y problemas propios en materiales cristalinos.

La ingeniería sísmica aparece en el artículo de Schiff, Torres-Cabrejos y Yao como un problema de confiabilidad de equipos eléctricos que contienen elementos cerámicos [9]. El enfoque probabilístico buscaba estimar el comportamiento de componentes frágiles frente a solicitaciones sísmicas. Esa combinación de análisis estructural, incertidumbre y seguridad de instalaciones anticipa una línea que posteriormente se convertiría en una de las fortalezas más reconocibles de la UNI.

3.6 Autores, fuentes y colaboración internacional

H. R. Verdún es el autor más recurrente del periodo, con tres artículos, seguido por J. R. Claeysen y E. López Carranza, con dos cada uno. La recurrencia debe interpretarse como un indicador bibliométrico y no como prueba suficiente de la existencia formal de grupos institucionales.

Physical Review B y Molecular Physics reúnen dos artículos cada una. Las demás publicaciones aparecen en Journal of Differential Equations, Journal of Mathematical Analysis and Applications, Journal of Physics and Chemistry of Solids, Solid State Communications, Japanese Journal of Applied Physics y Earthquake Engineering & Structural Dynamics. La calidad y especialización de estas fuentes muestran que la baja cantidad de documentos coexistió con una inserción internacional significativa.

Las filiaciones revelan colaboraciones con la Universidad de Maryland, el Centre d'Études Nucléaires de Grenoble y otros centros de Francia y Estados Unidos. Esta internacionalización fue decisiva para acceder a instrumentación avanzada, particularmente en magnetoespectroscopia y resonancia magnética.

3.7 Balance del periodo

Entre 1971 y 1980, la producción se concentra en la segunda mitad del decenio. Los nueve artículos muestran un perfil dominado por ciencias fundamentales, especialmente física del estado sólido, resonancia magnética y matemática. La ingeniería sísmica aparece como una línea aplicada emergente. En comparación con 1966–1970, el periodo presenta menor diversidad disciplinaria, pero mayor continuidad temática en física de materiales y espectroscopia. No se registran documentos de arquitectura. La etapa puede entenderse como un tiempo de especialización, en el que algunos investigadores de la UNI sostuvieron vínculos con laboratorios internacionales y comenzaron a formar núcleos propios de experimentación y modelamiento.

3.8 Referencias

- [1] H. R. Verdún et al., *Physical Review B*, vol. 14, no. 4, pp. 1370–1394, 1976.
doi: 10.1103/PhysRevB.14.1370.
- [2] H. R. Verdún et al., *Physical Review B*, vol. 15, no. 12, pp. 5636–5656, 1977.
doi: 10.1103/PhysRevB.15.5636.
- [3] H. R. Verdún et al., *Molecular Physics*, vol. 35, no. 2, pp. 385–396, 1978.
doi: 10.1080/00268977800100291.
- [4] J. Avalos et al., *Molecular Physics*, vol. 36, no. 3, pp. 669–684, 1978.
doi: 10.1080/00268977800101831.
- [5] E. L. Carranza et al., *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol. 40, no. 6, pp. 413–420, 1979.
doi: 10.1016/0022-3697(79)90055-6.
- [6] J. Vega Lino et al., *Solid State Communications*, vol. 33, no. 7, pp. 729–733, 1980.
doi: 10.1016/0038-1098(80)90818-2.
- [7] J. R. Claeysen et al., *Journal of Differential Equations*, vol. 20, no. 2, pp. 404–440, 1976.
doi: 10.1016/0022-0396(76)90117-0.
- [8] J. R. Claeysen et al., *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 78, no. 2, pp. 429–439, 1980.
doi: 10.1016/0022-247X(80)90158-4.
- [9] A. J. Schiff et al., *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, vol. 7, no. 1, pp. 85–98, 1979.
doi: 10.1002/eqe.4290070108.

Capítulo 4. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1981–1990

Durante el periodo 1981–1990, la producción científica vinculada con la UNI comienza a mostrar una mayor diversidad temática y señales de continuidad en algunas líneas de investigación. Para este decenio se han identificado 21 documentos: 15 artículos, cinco trabajos de congreso y una nota.

Las publicaciones abarcan geología, minería, geotecnia, prevención de desastres, física nuclear, física teórica, matemática aplicada, materiales electrocrómicos, ingeniería eléctrica y estudios arqueométricos. Esta diversidad refleja una etapa en la que la actividad científica de la UNI empieza a extenderse hacia problemas vinculados tanto con las ciencias fundamentales como con necesidades propias de la ingeniería y del territorio peruano.

Uno de los rasgos más importantes del periodo es el tránsito desde contribuciones relativamente dispersas hacia núcleos con mayor continuidad temática. En geotecnia y riesgos naturales se desarrollan trabajos relacionados con la estabilidad del terreno, los desastres y la respuesta de las estructuras. En geología económica y minería aparecen investigaciones vinculadas con los recursos minerales, mientras que en física se mantienen trabajos en física nuclear y física teórica.

Hacia el final de la década se observan además investigaciones en materiales funcionales, electroquímica y dispositivos electrocrómicos. Estas áreas resultarían especialmente importantes en etapas posteriores, cuando la investigación en materiales adquiriría una presencia más sostenida dentro de la producción científica de la Universidad.

Los trabajos de congreso registrados durante estos años constituyen también una señal de ampliación de las formas de difusión de los resultados de investigación. La participación en reuniones científicas y técnicas permitió incorporar los trabajos de la UNI a espacios de intercambio académico más amplios y contribuyó al establecimiento de redes de colaboración.

En la exportación de Scopus analizada no se identifican publicaciones de arquitectura durante este decenio. Esta ausencia debe interpretarse como una característica de la cobertura documental disponible y no necesariamente como indicación de que no existiera actividad académica o de investigación en ese campo.

En conjunto, el periodo 1981–1990 representa una etapa de transición importante. La producción continúa siendo relativamente reducida, pero ya pueden reconocerse líneas científicas y

tecnológicas que muestran continuidad y que contribuirán a la diversificación de la investigación de la UNI en las décadas siguientes.

4.1 Base documental y evolución anual

El conjunto considerado contiene 21 documentos publicados entre 1982 y 1990. No se registran documentos para 1981. La distribución anual es discontinua, pero se observa una mayor concentración hacia el final del decenio: 1988 reúne cuatro documentos y 1990 alcanza cinco, el máximo del periodo. Los resultados describen la exportación proporcionada y no constituyen un inventario exhaustivo de toda la investigación desarrollada en la UNI.

La composición documental es más diversa que en los periodos anteriores: 15 artículos (71,4 %), cinco trabajos de congreso (23,8 %) y una nota (4,8 %). Esta diversidad evidencia que, además de revistas científicas, los congresos internacionales empezaron a funcionar como una vía relevante de circulación para trabajos de ingeniería geotécnica, construcción y materiales.

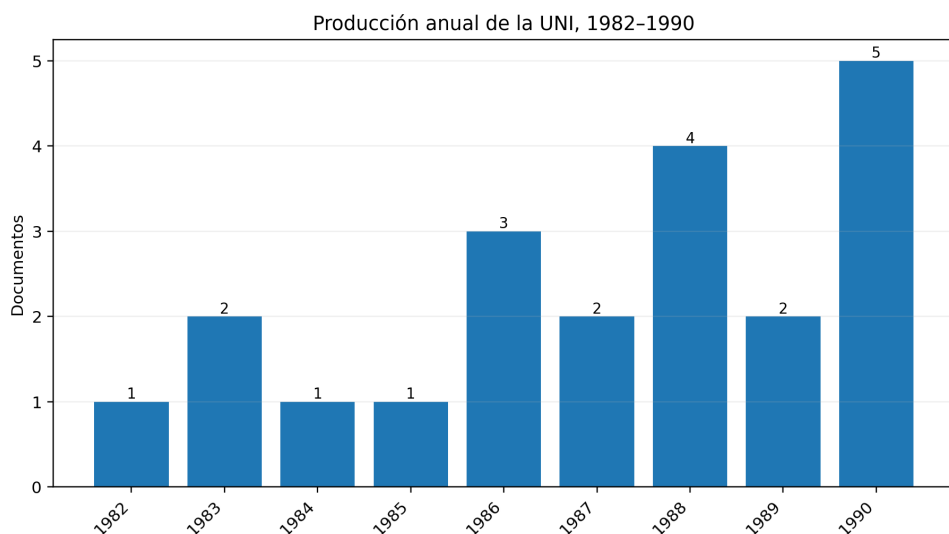


Figura 4: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 1982–1990. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

4.2 Arqueometría, datación y resonancia magnética

El primer registro del periodo, de 1982, corresponde a la datación por termoluminiscencia de cerámicas procedentes del abrigo de Telarmachay [1]. Este trabajo vincula técnicas físicas con arqueología andina.

En 1983 se publicó una investigación sobre la distribución de iones Cu^{2+} en membranas de intercambio catiónico mediante resonancia paramagnética electrónica [2]. Más adelante, en 1988, la espectroscopia ESR se aplicó a dientes fósiles y a problemas de datación [3]. Estos

trabajos prolongan la tradición de resonancia magnética observada en la década anterior y la orientan hacia polímeros, membranas y arqueometría.

4.3 Geotecnia, construcción y prevención de desastres

La geotecnia y la reducción del riesgo constituyen uno de los núcleos más visibles del decenio. A. Carrillo-Gil y colaboradores estudiaron la estabilidad de taludes en Iquitos, los acantilados naturales de Lima bajo efectos sísmicos, el riesgo de deslizamientos en los Andes y la subsidencia asociada con condiciones geológicas e hidrogeológicas especiales [4]–[7]. La recurrencia de autores y problemas permite reconocer una línea sostenida en mecánica de suelos y amenazas geológicas.

J. Kuroiwa aparece en trabajos sobre construcción prefabricada en quinchas y planificación física para la mitigación de amenazas múltiples [8], [9]. Estas contribuciones combinan tecnología constructiva, vivienda y gestión del riesgo. El estudio sobre el uso del concreto en el tramo principal del puente Annacis refleja, además, la participación de investigadores vinculados con la UNI en proyectos internacionales de infraestructura [10].

4.4 Geología económica, minería y metalogenia

La geología económica mantiene una presencia importante. En 1986 apareció una nota de discusión sobre mineralización y paragénesis en la mina Huanzala [11], y en 1987 C. E. Vidal publicó un trabajo de referencia sobre depósitos tipo Kuroko en la cuenca marginal cretácica del centro del Perú [12].

En conjunto, estas investigaciones muestran una articulación entre cartografía geológica, metalogenia y exploración minera. Constituyen antecedentes de la producción posterior de la UNI en minería, geología estructural, recursos minerales y evaluación territorial.

4.5 Física nuclear, partículas y teoría cuántica

La física nuclear mantuvo durante este decenio una presencia especializada y vinculada con centros internacionales de investigación. En 1986, M. Montoya, profesor del Departamento de Física de la UNI y con licencia para realizar actividades de investigación en Alemania, publicó junto con R. W. Hasse y P. Koczon el artículo *Coulomb Effects in Low Energy Fission*, en *Zeitschrift für Physik A – Atomic Nuclei* [13].

El trabajo fue realizado en la GSI. En la propia publicación se consigna expresamente que M. Montoya se encontraba “on leave from Departamento de Física, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Peru”. Esta filiación resulta particularmente importante para la reconstrucción histórica de la producción científica de la UNI, porque muestra la participación de uno de sus profesores en investigación internacional de física nuclear durante una estancia temporal en el extranjero.

El artículo propuso interpretar estructuras observadas en las distribuciones de energía cinética total de la fisión fría de ^{234}U y ^{236}U mediante la energía de interacción coulombiana entre los

fragmentos en el punto de escisión. El análisis mostró que, para una misma fragmentación de masas y valores similares de energía disponible, el aumento de la asimetría de carga podía favorecer configuraciones más compactas y valores mayores de energía cinética total. Esta interpretación permitió relacionar oscilaciones calculadas de la energía coulombiana máxima con estructuras observadas experimentalmente en la región de fisión fría [13].

Posteriormente, en 1988, M. Montoya participó también en el estudio de la emisión reforzada de partículas cargadas de baja energía en la reacción de fusión fría $^{90}\text{Zr} + ^{89}\text{Y}$ [14]. Estas publicaciones muestran la continuidad de una línea de investigación en física nuclear desarrollada mediante colaboración con centros europeos de alta especialización.

En 1989 se publicó además un modelo estadístico de funciones de estructura y cromodinámica cuántica [15], representativo de la continuidad de la física teórica y de partículas. Aunque numéricamente reducido, este conjunto de trabajos evidencia una presencia de la UNI en áreas de investigación fundamental de circulación internacional.

4.6 Matemática aplicada y computación científica

La matemática aplicada está representada por una solución cerrada para ecuaciones diferenciales matriciales de orden m [16] y, en 1990, por un método paralelo de gradiente conjugado preconditionado por bloques para resolver grandes sistemas lineales en una supercomputadora MIMD [17]. Este último trabajo anticipa el desarrollo posterior de computación científica, paralelismo y métodos numéricos de alto desempeño.

4.7 Materiales funcionales, electroquímica y dispositivos

El año 1990 marca la aparición de una línea que se volvería central en la década siguiente: materiales electrocrómicos y películas delgadas. Se estudiaron películas de V_2O_5 litiadas electroquímicamente como almacenes iónicos ópticamente pasivos [18], películas hidratadas de NiO_xH_y mediante voltametría cíclica y espectroscopia de impedancia [19], y propiedades electroquímicas y físicas de películas de óxido de níquel hidratado [20].

La participación de W. Estrada y colaboradores en estas publicaciones muestra el inicio de un núcleo dedicado a óxidos metálicos, electroquímica y dispositivos transparentes. Este eje sería decisivo para la expansión posterior de películas delgadas, sensores, nanotecnología y energía solar en la UNI.

4.8 Ingeniería eléctrica y protección de sistemas

En ingeniería eléctrica destaca la simulación del desempeño de relés de protección durante cortocircuitos y oscilaciones transitorias [21]. El trabajo refleja una temprana incorporación de modelamiento computacional a problemas de estabilidad y protección de sistemas eléctricos, línea que ganaría mayor presencia en los decenios siguientes.

La datación por termoluminiscencia de cerámicas de Telarmachay es un ejemplo temprano de transferencia de técnicas físicas hacia la arqueología. La radiación acumulada en los minerales de

la cerámica queda registrada en trampas electrónicas; al calentar la muestra, la emisión luminosa permite estimar el tiempo transcurrido desde la última cocción. Las edades obtenidas fueron comparadas con fechados por radiocarbono y mostraron concordancia en varias muestras [1]. El trabajo vincula instrumentación, física de radiaciones y reconstrucción del pasado andino.

En membranas de intercambio catiónico, la resonancia paramagnética electrónica permitió estudiar la distribución local de iones Cu^{2+} y demostrar que la concentración microscópica podía diferir considerablemente del promedio químico [2]. Esta observación aportaba información sobre microseparación de fases y sobre la estructura interna de materiales empleados en procesos electroquímicos. El mismo dominio experimental reaparece en la datación ESR de dientes fósiles [3], donde las señales paramagnéticas inducidas por radiación se utilizan como reloj físico.

La geotecnia del periodo se apoyó en problemas concretos del territorio peruano. Los estudios de taludes de Iquitos, acantilados de Lima, deslizamientos andinos y subsidencia combinaron reconocimiento geológico, propiedades de suelos, condiciones de agua subterránea y solicitaciones sísmicas [4]–[7]. La investigación aplicada tenía una dimensión inmediata: comprender mecanismos de inestabilidad capaces de afectar carreteras, viviendas y ciudades asentadas en terrenos vulnerables.

En prevención de desastres, Julio Kuroiwa articuló tecnología constructiva y planificación. La quincha prefabricada fue presentada como una solución ligera y adaptable para vivienda [8], mientras la planificación frente a amenazas múltiples planteó que la reducción del riesgo debía incorporarse al ordenamiento físico y a las decisiones de localización [9]. Esta visión anticipó el enfoque contemporáneo de resiliencia urbana y gestión integral del riesgo.

El trabajo de 1988 sobre la reacción de fusión fría $^{90}\text{Zr} + ^{89}\text{Y}$ estudió una emisión reforzada de partículas cargadas de baja energía durante el decaimiento del núcleo compuesto [14]. En paralelo, la producción de 1990 en materiales electrocrómicos examinó la inserción de litio en V_2O_5 y el comportamiento electroquímico de películas hidratadas de níquel [18]–[20]. Ambos frentes muestran cómo la UNI mantenía presencia tanto en física nuclear experimental como en una nueva ciencia de materiales orientada a dispositivos.

La computación científica comenzó a aparecer como herramienta autónoma. El método paralelo de gradiente conjugado preconditionado por bloques fue diseñado para resolver sistemas lineales de gran dimensión en arquitecturas MIMD [17]. En una época en la que el cálculo de alto rendimiento era todavía excepcional, el trabajo anticipaba la importancia posterior de la simulación numérica, la paralelización y el cómputo intensivo en las ingenierías.

4.9 Autores, fuentes y colaboración

Los nombres más recurrentes del periodo se concentran en geotecnia y riesgos naturales, con A. Carrillo-Gil y colaboradores; en prevención de desastres, con J. Kuroiwa; y en materiales y electroquímica, con W. Estrada y equipos internacionales. La producción depende en gran medida de colaboraciones con instituciones de Francia, Alemania, Suecia, Brasil, Canadá y otros países.

Las publicaciones se distribuyen entre revistas y actas especializadas como *Economic Geology*, *Physics Letters B*, *Journal of Applied Polymer Science*, *Mathematical and Computer Modelling*,

Journal of Materials Research, Journal of Electroanalytical Chemistry e IEEE Transactions on Industry Applications. La diversidad de fuentes evidencia la amplitud disciplinaria de la UNI y el creciente uso de congresos internacionales como medio de difusión.

4.10 Balance del periodo

Entre 1981 y 1990 la producción registrada por Scopus amplió su diversidad documental y temática. La geotecnia, la prevención de desastres y la geología económica constituyeron los campos de mayor continuidad aplicada, mientras que física nuclear, física teórica y matemática mantuvieron presencia en redes internacionales especializadas.

El rasgo más significativo del cierre del decenio fue el surgimiento de materiales electrocrómicos, películas delgadas y electroquímica, que se convertirían en una de las líneas más productivas de la UNI durante los años noventa. No se identifican publicaciones de arquitectura en el archivo analizado; su visibilidad indexada aparecería en periodos posteriores.

4.11 Referencias

- [1] A. Pereyra Parra et al., *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, vol. 11, nos. 1–2, pp. 91–95, 1982.
doi: 10.3406/bifea.1982.1554.
- [2] R. Vásquez et al., *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 28, no. 3, pp. 1093–1103, 1983.
doi: 10.1002/app.1983.070280315.
- [3] R. Bouchez et al., *Quaternary Science Reviews*, vol. 7, nos. 3–4, pp. 497–501, 1988.
doi: 10.1016/0277-3791(88)90052-2.
- [4] A. Carrillo Gil et al., *Actas de congreso*, pp. 459–471, 1983.
- [5] A. Carrillo et al., *Proc. 11th Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 4, pp. 1937–1941, 1985.
- [6] A. Carrillo-Gil et al., *Proc. 5th Symp. Landslides*, vol. 2, pp. 1137–1142, 1988.
- [7] A. Carrillo-Gil et al., *Proc. Int. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering*, vol. 3, pp. 1803–1807, 1989.
- [8] J. Kuroiwa et al., *Actas de congreso*, pp. 115–121, 1984.
- [9] J. Kuroiwa et al., *Natural and Man-Made Hazards*, pp. 805–816, 1988.
doi: 10.1007/978-94-009-1433-9_56.
- [10] P. R. Taylor et al., *ACI Special Publication*, vol. SP-093, pp. 695–720, 1986.
- [11] P. Soler et al., *Economic Geology*, vol. 81, no. 1, pp. 195–196, 1986.
doi: 10.2113/gsecongeo.81.1.195.
- [12] C. E. Vidal et al., *Economic Geology*, vol. 82, no. 6, pp. 1409–1430, 1987.
doi: 10.2113/gsecongeo.82.6.1409.

- [13] M. Montoya et al., *Zeitschrift für Physik A – Atomic Nuclei*, vol. 325, pp. 357–362, 1986.
doi: 10.1007/BF01294620.
- [14] U. Gollerthan et al., *Physics Letters B*, vol. 201, no. 2, pp. 206–210, 1988.
doi: 10.1016/0370-2693(88)90213-4.
- [15] E. Mac et al., *Zeitschrift für Physik C Particles and Fields*, vol. 43, no. 4, pp. 655–661, 1989.
doi: 10.1007/BF01550946.
- [16] J. Ruiz-Claeyssen et al., *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 18, no. 4, pp. 597–600, 1987.
doi: 10.1080/0020739870180412.
- [17] L. Vidal-Ascon et al., *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 14, no. C, pp. 112–119, 1990.
doi: 10.1016/0895-7177(90)90158-J.
- [18] A. Talledo et al., *Journal of Materials Research*, vol. 5, no. 6, pp. 1253–1256, 1990.
doi: 10.1557/JMR.1990.1253.
- [19] A. Gorenstein et al., *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 277, nos. 1–2, pp. 277–290, 1990.
doi: 10.1016/0022-0728(90)85107-G.
- [20] A. Gorenstein et al., *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, vol. 10304, pp. 272–284, 1990.
doi: 10.1117/12.2283620.
- [21] A. E. Efthymiadis et al., *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 26, no. 6, pp. 1108–1115, 1990.
doi: 10.1109/28.62395.

Capítulo 5. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 1991–2000

Durante el periodo 1991–2000, la producción científica atribuida por Scopus a la UNI muestra un crecimiento más sostenido y una mayor continuidad temática que en las décadas anteriores. Para estos diez años se han identificado 47 documentos: 39 artículos, siete trabajos de congreso y una revisión.

La producción pasa de dos documentos en 1991 a once en 2000 y muestra una aceleración especialmente visible a partir de 1995. Este crecimiento no solo refleja un aumento en el número de publicaciones, sino también la consolidación progresiva de equipos y líneas de investigación con mayor permanencia en el tiempo.

Entre los campos con mayor continuidad destacan los materiales funcionales, las películas delgadas, la electroquímica, los sensores de gases, la óptica y la espectroscopia. Estas líneas muestran una creciente articulación entre ciencia básica, caracterización de materiales y aplicaciones tecnológicas, y constituyen algunos de los núcleos más persistentes de la producción científica de la UNI durante este periodo.

Al mismo tiempo, se mantienen trabajos en física nuclear, cosmología, matemática aplicada, geología y prevención de desastres. Estas áreas evidencian la continuidad de tradiciones científicas desarrolladas en décadas anteriores y su adaptación a nuevas preguntas, métodos y redes de colaboración.

Durante estos años aparecen también contribuciones en control, comunicaciones, petróleo, ingeniería biomédica y transporte aéreo. La incorporación de estos temas muestra una diversificación progresiva de la investigación y una mayor presencia de problemas vinculados con distintos campos de la ingeniería.

Otro rasgo importante del decenio es el fortalecimiento de la cooperación internacional y de la publicación en revistas especializadas. La participación en redes externas permitió ampliar el acceso a equipos, métodos y comunidades científicas, y contribuyó a dar mayor visibilidad a los resultados obtenidos por investigadores vinculados con la UNI.

En conjunto, el periodo 1991–2000 representa una etapa de transición entre una producción todavía relativamente dispersa y una estructura de investigación con mayor continuidad, especialización y proyección internacional. Los núcleos que se consolidan durante estos años

servirán de base para la expansión más acelerada de la producción científica que se observará en los periodos siguientes.

5.1 Base documental y evolución anual

La exportación contiene 47 documentos publicados entre 1991 y 2000. Todos los años del periodo están representados. La producción permaneció en dos documentos anuales entre 1991 y 1994, aumentó a cuatro en 1995, alcanzó nueve en 1996 y cerró el decenio con once documentos en 2000. Los años 1996–2000 reúnen 35 documentos, equivalentes aproximadamente al 74 % del total, lo que evidencia una clara concentración de la actividad indexada en la segunda mitad del decenio.

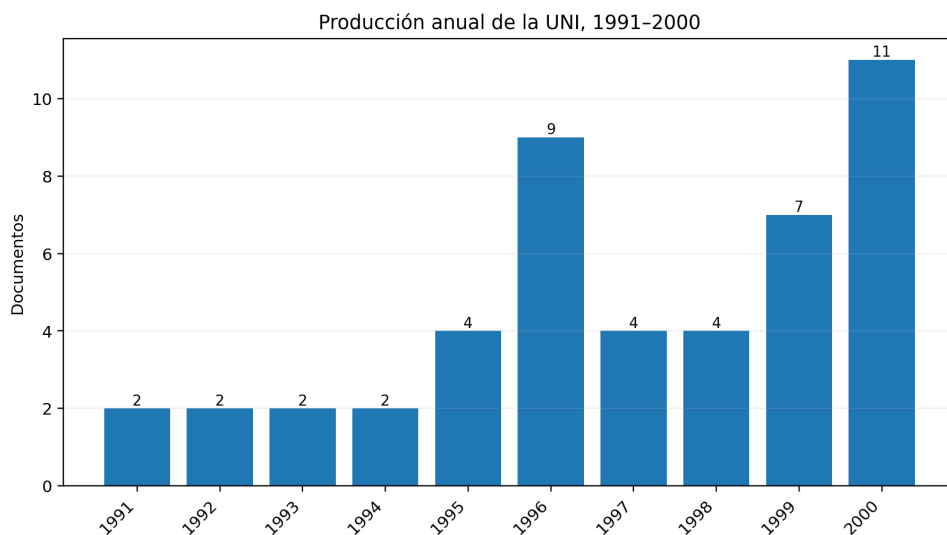


Figura 5: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 1991–2000. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

Por tipo documental, el predominio correspondió a los artículos científicos (83,0 %). Los trabajos de congreso representaron el 14,9 % y la única revisión, el 2,1 %. La presencia de actas de congresos es especialmente visible en control, ingeniería sísmica, comunicaciones, física médica y reducción de desastres.

5.2 Materiales funcionales, películas delgadas y electroquímica

El núcleo de mayor continuidad y productividad se concentró en materiales funcionales y películas delgadas. W. Estrada y sus colaboradores estudiaron óxidos de níquel, cobalto, tungsteno, titanio, vanadio, estaño y zinc, preparados mediante pulverización catódica, pirólisis por pulverización y otras técnicas de deposición. Los trabajos combinaron caracterización estructural, óptica, eléctrica y electroquímica con aplicaciones en electrocromismo, almacenamiento iónico

y dispositivos transparentes. Entre los artículos representativos se encuentran la inserción de hidrógeno y el electrocromismo en películas de NiO_x [1], la caracterización de recubrimientos de óxido de cobalto [2], el electrocromismo de NiO_x y WO_x obtenidos por pirólisis [3] y las películas mejoradas de NiO_x y WO_xP_y publicadas en 2000 [4]. Otros trabajos del mismo núcleo abordaron absorción infrarroja en V_2O_5 , espectroscopia de impedancia en óxidos de titanio, inhibición de corrosión, ruido electroquímico en acero/hormigón y estudios estructurales de SnO_2 [5], [6], [7], [8], [9].

La reiteración de autores, materiales y métodos muestra que esta línea ya había adquirido una organización estable. Thin Solid Films fue la fuente más utilizada del periodo, con seis documentos, y se convirtió en uno de los principales canales internacionales para la producción de la UNI en ciencia de materiales.

5.3 Sensores de gases, óxidos semiconductores y catálisis

Un núcleo estrechamente vinculado con el anterior se desarrolló alrededor de sensores de gases y óxidos semiconductores. J. L. Solís, V. Lantto, D. Paraguay, M. Miki-Yoshida y colaboradores investigaron películas y materiales basados en $\alpha\text{-SnWO}_4$, Sn-W , ZnO y SnO_2 . Se estudiaron la microestructura, el dopaje y la respuesta a monóxido de carbono y vapor de etanol [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19].

La producción de 1999 y 2000 evidencia una red internacional consolidada entre la UNI y centros de México y Europa, particularmente en técnicas de pirólisis por pulverización y caracterización de películas de ZnO y SnO_2 . En paralelo, R. Sun Kou y colaboradores desarrollaron arcillas pilareadas y evaluaron sus propiedades catalíticas en hidroconversión [20], [21].

5.4 Óptica, espectroscopia y materiales magnéticos

La óptica y la espectroscopia mantuvieron continuidad mediante estudios de cristales dopados con neodimio y materiales magnéticos. H. Loro y colaboradores analizaron intensidades de absorción óptica en $\text{LiNbO}_3\text{:MgO}$ [22] y absorción polarizada en cristales KTiOPO_4 [23]. T. Chuang y H. R. Verdún estudiaron la conversión ascendente de energía y la absorción desde estados excitados en cristales láser Nd:YLF [24].

También se registró una investigación por resonancia magnética nuclear en la aleación nanocristalina $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$ [25]. En conjunto, estos trabajos conectaron física del estado sólido, espectroscopia y aplicaciones fotónicas.

5.5 Física nuclear, cosmología y fundamentos teóricos

La física nuclear mantuvo presencia mediante la participación de M. Montoya en un experimento de colisiones de iones pesados en el GSI de Darmstadt. En 1991 se publicó el estudio del decaimiento del núcleo compuesto ^{179}Au formado en la reacción de fusión fría $^{90}\text{Zr}+^{89}\text{Y}$ [26]. Este trabajo prolongó la vinculación con laboratorios europeos de física nuclear experimental.

En cosmología y gravitación, A. Bernui, G. I. Gomero, M. J. Rebouças y A. F. F. Teixeira analizaron el amortiguamiento de radiación en espacios-tiempo de Friedmann–Robertson–Walker con diferentes topologías [27] y las reverberaciones topológicas en espacios-tiempo planos [28]. En fundamentos de la física se abordó además el problema de la reacción de radiación en un modelo acoplado simple [29].

Aunque este conjunto fue menos numeroso que el de materiales, tuvo una elevada especialización y una clara inserción internacional.

5.6 Matemática, computación y control

La matemática aplicada aparece en estudios de estabilidad de ecuaciones diferenciales discontinuas con retardos [30], subdiferenciabilidad de funciones no convexas [31] y continuación única para ecuaciones de Timoshenko [32].

En computación y reconocimiento de patrones se propuso un método independiente de rotación y escala basado en optimización [33]. En control se registraron trabajos sobre controladores autoajustables para procesos no lineales [34] y control de estructura variable basado en DSP para motores de imanes permanentes [35]. Estas contribuciones anticipan el crecimiento posterior de automatización, procesamiento digital y sistemas inteligentes.

5.7 Geología, ingeniería sísmica y reducción de desastres

La geología y la geofísica estuvieron representadas por investigaciones isotópicas en la cuenca Pucará [36], inversión de velocidades de ondas de Rayleigh mediante recocido simulado [37] y estudios de permeabilidad en medios heterogéneos y anisótropos [38].

La ingeniería sísmica y la gestión de desastres se expresaron en trabajos sobre el programa peruano de mitigación 1992–1995 [39], licuación de suelos, el terremoto de Nasca de 1996 y reducción de daños en construcciones tradicionales [40], [41], [42]. El estudio de campo y modelamiento del tsunami de Chimbote de 1996 constituyó una contribución internacional de especial relevancia [43].

Este núcleo vinculó investigación científica con problemas territoriales y de seguridad pública del Perú.

5.8 Ingeniería eléctrica, comunicaciones, petróleo y aplicaciones biomédicas

En ingeniería eléctrica se publicó un método sin cojinetes para máquinas de inducción [44]. La ingeniería de petróleo estuvo representada por el estudio de los efectos de heterogeneidad y anisotropía en permeabilidades medidas con sondas [38]. En ingeniería biomédica apareció una simulación de irradiación con rayos X en una mano humana [45], señal de una temprana aplicación de herramientas físicas y computacionales a problemas médicos. También se registró

un análisis de los cambios regulatorios en el transporte aéreo peruano [46]. En química de productos naturales se estudiaron metabolitos de *Geastrum triplex* [47].

El artículo de 1991 sobre el núcleo compuesto ^{179}Au estudió su desexcitación después de formarse en la reacción $^{90}\text{Zr} + ^{89}\text{Y}$. Se midieron espectros de partículas cargadas y radiación gamma y se contrastaron con cálculos estadísticos, con el propósito de comprender cómo un sistema nuclear altamente excitado reparte su energía entre distintos canales de evaporación [26]. El trabajo prolongó una línea experimental de física nuclear iniciada en la década anterior.

En materiales electrocrómicos, la inserción de hidrógeno en películas de NiOx mostró cómo la composición y el estado de oxidación modifican simultáneamente la respuesta óptica y electroquímica [1]. Los trabajos posteriores sobre óxidos de cobalto, tungsteno y vanadio combinaron difracción, espectroscopia, voltametría e impedancia para relacionar microestructura, transporte de carga y cambio de transmitancia [2]–[4], [6], [7]. Esta secuencia explica la continuidad de la línea de películas delgadas durante todo el decenio.

Los sensores de gases desarrollados con CdS, SnWO₄, Sn–W y ZnO buscaban convertir cambios de conductancia superficial en una señal selectiva frente a monóxido de carbono o vapores orgánicos [10], [12], [13], [14], [18]. El dopaje y la microestructura de las películas resultaron variables cruciales para sensibilidad, estabilidad y temperatura de operación. Esta investigación conectó ciencia de superficies, química del estado sólido y necesidades de monitoreo ambiental e industrial.

En óptica, las mediciones de absorción de Nd³⁺ en LiNbO₃:MgO, KTiOPO₄ y Nd:YLF permitieron determinar intensidades de transición, mecanismos de conversión ascendente y absorción desde estados excitados [22], [24], [23]. Estas propiedades son relevantes para el diseño y desempeño de cristales láser. La presencia de investigadores de la UNI en ese conjunto muestra una línea de espectroscopia con conexión directa a fotónica y dispositivos ópticos.

Los estudios de geología y riesgo también se hicieron más cuantitativos. La geoquímica isotópica de la cuenca Pucará comparó depósitos tipo Mississippi Valley con áreas estériles [36], mientras la inversión de velocidades de ondas de Rayleigh recurrió al recocido simulado para estimar modelos del subsuelo [37]. En gestión del riesgo, el terremoto de Nasca, la licuación de suelos y el tsunami de Chimbote fueron analizados mediante observación de campo y modelamiento [43], [40], [41].

La diversificación tecnológica se observa en varios trabajos que anuncian campos posteriores. El reconocimiento de patrones independiente de rotación y escala introdujo técnicas de optimización en visión computacional [33]; el control autoajustable y el control de estructura variable incorporaron procesamiento digital a procesos y motores [34], [35]; y la simulación de irradiación de una mano humana mostró una aplicación temprana de herramientas físicas a problemas biomédicos [45].

5.9 Autores, fuentes y colaboración científica

Los autores más recurrentes en la exportación fueron W. Estrada, J. L. Solís, V. Lantto, M. Miki-Yoshida y A. Bernui. También aparecen con continuidad D. Paraguay, H. Loro, M.

Montoya, R. Sun Kou, S. Moreno, G. I. Gomero y colaboradores. Estos recuentos deben interpretarse con cautela debido a variantes de iniciales y formas de firma.

Thin Solid Films fue la fuente más frecuente, seguida por Physica Scripta T, Solar Energy Materials and Solar Cells, Journal of Applied Physics, Applicable Analysis, Sensors and Actuators B y Revista de Metalurgia. La colaboración internacional fue un rasgo central, especialmente con instituciones de México, Suecia, Finlandia, Brasil, Alemania, Francia, Estados Unidos y otros países.

5.10 Balance del periodo

El decenio 1991–2000 constituye una etapa de consolidación. La producción anual aumentó de manera visible desde 1995 y aproximadamente el 74 % de los documentos se concentró entre 1996 y 2000. La tendencia dominante fue la formación de núcleos estables en materiales funcionales, películas delgadas, electroquímica y sensores. Junto con ellos se mantuvieron líneas de física nuclear, cosmología, óptica, matemática, geología y prevención de desastres, y emergieron trabajos en control, comunicaciones, ingeniería biomédica y transporte.

El cambio principal no fue solo cuantitativo. La reiteración de autores, métodos, revistas y redes de colaboración indica una transición desde contribuciones relativamente aisladas hacia equipos con mayor continuidad temática. Esta base explicará buena parte de la expansión científica de la UNI durante la primera década del siglo XXI.

5.11 Referencias

- [1] J. Scarminio et al., *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 139, no. 5, pp. 1236–1239, 1992.
doi: 10.1149/1.2069389.
- [2] W. Estrada et al., *Journal of Applied Physics*, vol. 74, no. 9, pp. 5835–5841, 1993.
doi: 10.1063/1.354203.
- [3] J. Arakaki et al., *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 37, no. 1, pp. 33–41, 1995.
doi: 10.1016/0927-0248(94)00195-2.
- [4] M. Gómez et al., *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 64, no. 4, pp. 297–309, 2000.
doi: 10.1016/S0927-0248(00)00214-2.
- [5] E. Medico et al., *Revista de Metalurgia (Madrid)*, vol. 28, no. 1, pp. 22–31, 1992.
- [6] A. Talledo et al., *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 27, no. 11, pp. 2445–2447, 1994.
doi: 10.1088/0022-3727/27/11/030.
- [7] M. Strømme et al., *Journal of Applied Physics*, vol. 79, no. 7, pp. 3749–3757, 1996.
doi: 10.1063/1.361209.
- [8] A. Bautista et al., *Revista de Metalurgia (Madrid)*, vol. 33, no. 2, pp. 113–119, 1997.
doi: 10.3989/revmetalm.1997.v33.i2.869.

- [9] D. R. Acosta et al., *Thin Solid Films*, vol. 375, nos. 1–2, pp. 147–150, 2000.
doi: 10.1016/S0040-6090(00)01262-1.
- [10] J. L. Solis et al., *Physica Scripta*, vol. 1994, no. T54, pp. 248–251, 1994.
doi: 10.1088/0031-8949/1994/T54/061.
- [11] D. R. Acosta et al., *Thin Solid Films*, vol. 288, nos. 1–2, pp. 1–7, 1996.
doi: 10.1016/S0040-6090(96)08815-3.
- [12] V. Golovanov et al., *Sensors and Actuators, B: Chemical*, vol. 34, nos. 1–3, pp. 401–406, 1996.
doi: 10.1016/S0925-4005(97)80013-5.
- [13] J. L. Solis et al., *Physica Scripta T*, vol. 69, pp. 281–285, 1997.
doi: 10.1088/0031-8949/1997/t69/059.
- [14] J. L. Solis et al., *Sensors and Actuators, B: Chemical*, vol. 48, nos. 1–3, pp. 322–327, 1998.
doi: 10.1016/S0925-4005(98)00065-3.
- [15] D. F. Paraguay et al., *Thin Solid Films*, vol. 350, no. 1, pp. 192–202, 1999.
doi: 10.1016/S0040-6090(99)00050-4.
- [16] J. L. Solis et al., *Physica Scripta T*, vol. 79, pp. 216–219, 1999.
- [17] D. F. Paraguay et al., *Thin Solid Films*, vol. 366, nos. 1–2, pp. 16–27, 2000.
doi: 10.1016/S0040-6090(00)00752-5.
- [18] D. F. Paraguay et al., *Thin Solid Films*, vol. 373, nos. 1–2, pp. 137–140, 2000.
doi: 10.1016/S0040-6090(00)01120-2.
- [19] M. Miki-Yoshida et al., *Thin Solid Films*, vol. 376, nos. 1–2, pp. 99–109, 2000.
doi: 10.1016/S0040-6090(00)01408-5.
- [20] S. Moreno et al., *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 101, no. 9, pp. 1569–1578, 1997.
doi: 10.1021/jp961564l.
- [21] S. Moreno et al., *Journal of Catalysis*, vol. 182, no. 1, Art. no. jcat.1998.2349, pp. 174–185, 1999.
doi: 10.1006/jcat.1998.2349.
- [22] F. Jague et al., *Journal of Applied Spectroscopy*, vol. 62, no. 5, pp. 815–819, 1995.
doi: 10.1007/BF02606643.
- [23] C. Zaldo et al., *Journal of Physics: Condensed Matter*, vol. 8, no. 49, pp. 10693–10701, 1996.
doi: 10.1088/0953-8984/8/49/054.
- [24] T. Chuang et al., *IEEE Journal of Quantum Electronics*, vol. 32, no. 1, pp. 79–91, 1996.
doi: 10.1109/3.481923.
- [25] D. Aliaga-Guerra et al., *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 140–144, no. PART 1, pp. 435–436, 1995.
doi: 10.1016/0304-8853(94)00726-8.

- [26] U. Gollerthan et al., *Zeitschrift für Physik A Hadrons and Nuclei*, vol. 338, no. 1, pp. 51–60, 1991.
doi: 10.1007/BF01279114.
- [27] A. Bernui et al., *Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology*, vol. 57, no. 8, pp. 4699–4706, 1998.
doi: 10.1103/PhysRevD.57.4699.
- [28] G. I. Gomero et al., *International Journal of Modern Physics A*, vol. 15, no. 26, pp. 4141–4162, 2000.
doi: 10.1142/S0217751X00002081.
- [29] A. Bernui et al., *Foundations of Physics*, vol. 30, no. 1, pp. 121–138, 2000.
doi: 10.1023/A:1003695126634.
- [30] A. Bernui et al., *Applicable Analysis*, vol. 42, nos. 1–4, pp. 157–174, 1991.
doi: 10.1080/00036819108840039.
- [31] F. Flores-Bazán et al., *Optimization*, vol. 33, no. 1, pp. 1–8, 1995.
doi: 10.1080/02331939508844059.
- [32] D. Mario et al., *Applicable Analysis*, vol. 63, nos. 3–4, pp. 239–252, 1996.
doi: 10.1080/00036819608840506.
- [33] T. L. Hemminger et al., *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 3, pp. 487–495, 1996.
doi: 10.1016/0031-3203(95)00100-X.
- [34] A. Rojas-Moreno et al., *Proceedings of the American Control Conference*, vol. 3, pp. 2028–2032, 1999.
- [35] J. Paz et al., *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, vol. 2, pp. 724–729, 2000.
- [36] R. Moritz et al., *Mineralium Deposita*, vol. 31, no. 3, pp. 147–162, 1996.
doi: 10.1007/BF00204023.
- [37] M. D. Martínez et al., *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 122, nos. 1–2, pp. 3–17, 2000.
doi: 10.1016/S0031-9201(00)00183-7.
- [38] J. F. Manrique et al., *SPE Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 16–23, 1997.
doi: 10.2118/27650-PA.
- [39] J. Kuroiwa et al., *Proceedings of the Conference on Natural Disaster Reduction*, pp. 84–85, 1996.
- [40] J. E. A. Hurtado et al., *Earthquake geotechnical engineering. Proceedings of the 2nd international conference on earthquake geotechnical engineering, Lisbon, June 1999. (3 vols.)*, pp. 749–758, 1999.
- [41] J. E. Alva-Hurtado et al., *Earthquake geotechnical engineering. Proceedings of the 2nd international conference on earthquake geotechnical engineering, Lisbon, June 1999. (3 vols.)*, pp. 1035–1042, 1999.

- [42] O. Miranda et al., *Management Information Systems*, pp. 389–396, 2000.
- [43] J. Bourgeois et al., *Pure and Applied Geophysics*, vol. 154, nos. 3–4, pp. 513–540, 1999.
doi: 10.1007/s000240050242.
- [44] A. O. Salazar et al., *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 29, no. 6, pp. 2965–2967, 1993.
doi: 10.1109/20.280902.
- [45] F. Amaya et al., *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, vol. 4, pp. 2520–2521, 2000.
- [46] L. Vera-Barandiaran et al., *Journal of Air Transport Management*, vol. 4, no. 3, pp. 181–185, 1998.
doi: 10.1016/S0969-6997(98)00019-2.
- [47] V. Torpoco et al., *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, vol. 43, no. 2, pp. 227–229, 1998.

Capítulo 6. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2001–2010

Durante el periodo 2001–2010, la producción científica atribuida por Scopus a la UNI experimenta un cambio de escala respecto de las décadas anteriores. Para estos diez años se han identificado 178 documentos: 91 artículos, 78 trabajos de congreso, siete revisiones, un libro y un capítulo de libro. La producción pasa de siete documentos en 2001 a 39 en 2010 y muestra una aceleración particularmente visible desde 2007. Este crecimiento refleja una ampliación sostenida de la actividad científica y una mayor participación de investigadores de la UNI en revistas especializadas y reuniones académicas internacionales.

Uno de los núcleos más productivos del periodo corresponde a materiales funcionales, películas delgadas, nanotecnología, sensores, fotocatalisis y energía solar. Estas líneas muestran una articulación cada vez más estrecha entre ciencia de materiales, caracterización experimental y aplicaciones en energía y ambiente.

También se consolidan trabajos en matemática y optimización, física nuclear, cosmología, física de partículas, ingeniería sísmica, hidráulica, sistemas eléctricos, óptica, química, petróleo, control y tecnologías espaciales. La diversidad de estas áreas evidencia una expansión significativa del espectro de investigación de la Universidad.

La presencia casi equivalente de artículos y trabajos de congreso es una característica importante de este decenio. La expansión científica de la UNI se apoyó tanto en publicaciones en revistas como en la participación en congresos especializados, que funcionaron como espacios de difusión, intercambio de resultados y establecimiento de nuevas colaboraciones.

En conjunto, el periodo 2001–2010 marca una etapa de crecimiento y diversificación de la producción científica de la UNI. Las líneas consolidadas durante estos años y la mayor participación en redes académicas nacionales e internacionales prepararon el terreno para la expansión aún más acelerada que se observará a partir de la década siguiente.

6.1 Alcance documental y criterios de análisis

El archivo contiene 178 documentos publicados entre 2001 y 2010. A diferencia de un recuento limitado a artículos, este capítulo incorpora todos los tipos documentales recuperados: artículos,

trabajos de congreso, revisiones, libros y capítulos de libro. La identificación de tendencias y núcleos de investigación se basa en la recurrencia de autores, títulos, resúmenes, fuentes y filiaciones. Estos núcleos son bibliométricos y no deben equipararse automáticamente con grupos formalmente reconocidos por la universidad.

La cobertura de Scopus depende de la indexación histórica de revistas y congresos, así como de la normalización de las filiaciones. Por ello, las cifras describen la producción visible en esta base y no constituyen un inventario exhaustivo de toda la actividad científica, tecnológica o arquitectónica de la UNI.

6.2 Evolución anual y tipos documentales

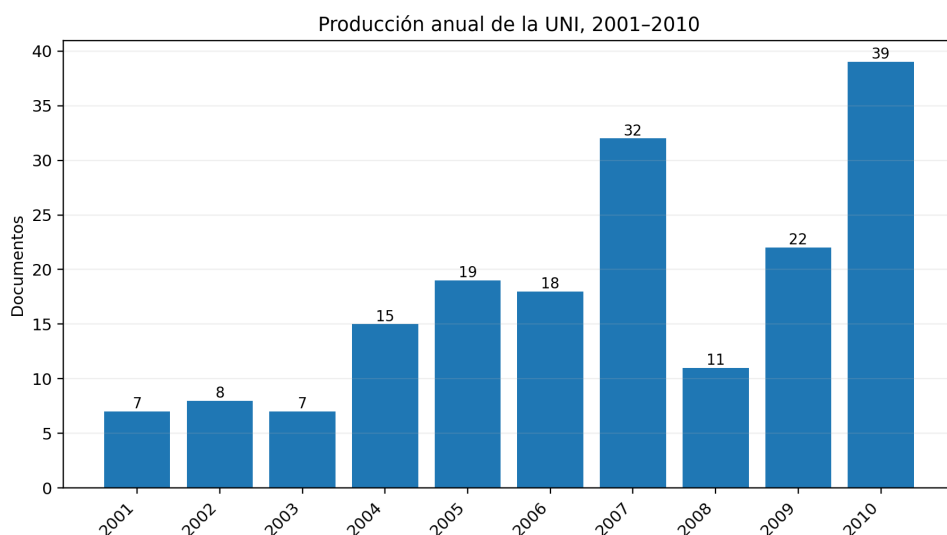


Figura 6: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 2001–2010. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

La serie muestra una etapa de crecimiento moderado entre 2001 y 2006 y una expansión más intensa desde 2007. Los cuatro años 2007–2010 concentran 104 documentos, equivalentes al 58,4 % del total. El máximo de 39 documentos en 2010 es más de cinco veces el valor de 2001.

Los artículos representan el 51,1 % y los trabajos de congreso el 43,8 %. Esta composición revela la importancia de los congresos como vía de comunicación científica, especialmente en ingeniería civil, control, electrónica, física, tecnología espacial y aplicaciones computacionales. Las siete revisiones muestran además esfuerzos de síntesis en temas ambientales, químicos, biomédicos y de exposición a radiaciones no ionizantes.

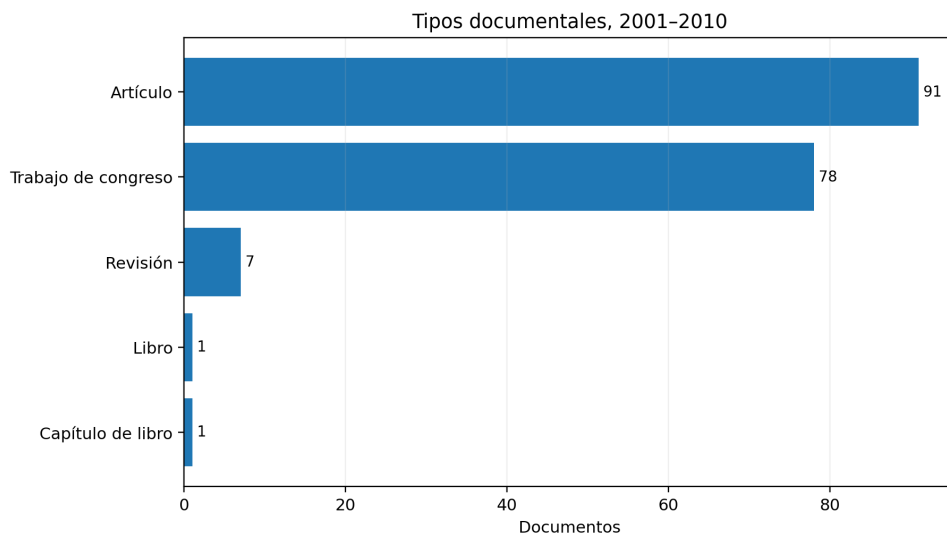


Figura 7: Distribución de los tipos documentales, 2001–2010. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

6.3 Materiales funcionales, nanotecnología y energía solar

El núcleo más continuo y productivo se concentró en películas delgadas, óxidos metálicos, nanopartículas, electroquímica, sensores de gases, fotocátalisis y conversión solar. W. Estrada, J. Rodríguez, J. L. Solís, M. Quintana y colaboradores estudiaron WO_3 , TiO_2 , ZnO , NiO y otros materiales mediante deposición reactiva, pirólisis por pulverización, sol-gel y técnicas electroquímicas. Entre los trabajos se encuentran los sensores de WO_3 [1], la fotodegradación de colorantes [2], las películas de ZnO para fotoelectrocátalisis [3], los electrodos de TiO_2 para celdas solares [4] y la ingeniería estructural de nanopartículas de WO_3 [5].

De la caracterización de materiales se pasó a las aplicaciones en energía, salud y ambiente. Se desarrollaron celdas solares sensibilizadas por colorantes [6], métodos de detección de gases mediante fluctuaciones [7], comparaciones de transporte de carga en ZnO y TiO_2 [8], sensores de NiO [9] y sistemas de desinfección solar de agua [10]. La continuidad de autores y colaboraciones con Suecia, Alemania, México, Brasil y otros países permite reconocer uno de los polos científicos más consolidados de la UNI.

6.4 Matemática, optimización y modelamiento

La matemática y la optimización conformaron un segundo núcleo estable. W. Sosa y colaboradores abordaron optimización multicriterio, conjuntos débilmente eficientes, problemas de equilibrio, funciones de acoplamiento y métodos de punto proximal. La secuencia comprende una nueva formulación multicriterio [11], minimización sobre conjuntos débilmente eficientes [12], condiciones de existencia para problemas de equilibrio [13] y métodos proximales en espacios de Hilbert [14].

Junto con esta línea teórica aparecieron trabajos de modelamiento estocástico, control predictivo, modelos de Volterra, circuitos de molienda y procesos por lotes. La presencia de artículos y congresos muestra una convergencia creciente entre matemática aplicada, ingeniería química, automatización y procesamiento computacional.

6.5 Física nuclear, cosmología y partículas

En física nuclear, M. Montoya y colaboradores investigaron la fisión inducida por neutrones mediante simulaciones Monte Carlo, con énfasis en distribuciones de masa y energía cinética y en los efectos de la emisión neutrónica. Los trabajos incluyen la simulación de la fisión térmica del ^{235}U [15], el análisis de fragmentos finales del ^{234}U [16] y la fisión del ^{239}Pu [17].

En cosmología, A. Bernui y colaboradores estudiaron topología cósmica y correlaciones angulares de la radiación cósmica de fondo [18]. En física de partículas, O. Ravínez participó en extensiones del modelo estándar y violación CP [19]. También se registran contribuciones sobre rayos cósmicos, gamma, neutrinos, IceCube, detectores y simulaciones GEANT₄, muchas de ellas difundidas en AIP Conference Proceedings.

6.6 Ingeniería civil, hidráulica y reducción del riesgo

La ingeniería civil reunió investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica, edificios históricos, albañilería, concreto reforzado, deslizamientos, erosión, socavación y control de riberas. El terremoto de Arequipa de 2001 sirvió de base para reflexionar sobre ciudades sostenibles [20], mientras otros trabajos evaluaron la vulnerabilidad de la Catedral de Lima [21], viviendas y estructuras patrimoniales.

En hidráulica se estudiaron la erosión producida por chorros, la socavación aguas abajo de compuertas, estructuras antivórtice, control de pendientes y migración del camarón peruano. La recurrencia de trabajos de congreso evidencia una comunidad aplicada, orientada a problemas concretos de infraestructura, cuencas y prevención de desastres.

6.7 Energía, sistemas eléctricos, control y procesos

En sistemas eléctricos se abordaron estabilidad de voltaje, campos magnéticos, inversores, pronóstico de carga y control de convertidores. Un resultado representativo fue el cálculo rápido de márgenes de seguridad de estabilidad de voltaje [22]. En ingeniería química y de procesos se investigaron equilibrio de fases, solubilidad, consistencia termodinámica, reactores por lotes y control predictivo; la evaluación mediante algoritmos genéticos de datos gas-sólido constituye un ejemplo [23].

Al final del periodo aumentaron los trabajos sobre control no lineal, sistemas MIMO, PID, modelos de Laguerre-Volterra y señales estocásticas. Estas publicaciones reflejan el fortalecimiento de la automatización y de la integración entre experimentación, modelamiento y computación.

6.8 Óptica, electrónica, química y biomedicina

La óptica y la fotónica incluyeron espectroscopia de cristales dopados, dispositivos OLED, materiales orgánicos, reflectometría láser y sensores de fibra. El refractómetro Fabry-Perot asistido por una red de periodo largo es representativo de la instrumentación desarrollada [24]. La química comprendió aceites esenciales, actividad antibacteriana, complejos metálicos, productos naturales y compuestos con potencial antitumoral [25]. En aplicaciones biomédicas se publicaron trabajos sobre mamografía, radioterapia, tuberculosis y bioimagen; el microscopio invertido de bajo costo para detectar crecimiento temprano de *Mycobacterium tuberculosis* constituye una aplicación relevante [26].

6.9 Petróleo, geología, minería y tecnologías espaciales

Las áreas de petróleo, geología y minería abordaron balance de materiales, control de agua en pozos, voladura, molienda, carbón e hidrogeología. El cierre exitoso de agua mediante geles poliméricos en un pozo de gas de alta temperatura ilustra la orientación aplicada [27]. En geología, el estudio isotópico del macizo de Arequipa aportó nuevas restricciones sobre su evolución paleoproterozoica [28].

En 2010 surgió con claridad una línea de pequeños satélites. Los trabajos propusieron una red peruana [29] y los primeros pasos para establecer un programa nacional [30], además de subsistemas, cargas útiles y simulaciones de constelaciones CubeSat. Esta producción anuncia la posterior expansión de la tecnología espacial en la UNI.

6.10 Arquitectura y dimensión territorial

La arquitectura no aparece todavía como un núcleo bibliométrico autónomo y continuo. Sin embargo, temas vinculados con ciudad, patrimonio, vulnerabilidad de edificios históricos, planificación física, vivienda y sostenibilidad urbana se relacionan directamente con la arquitectura y el urbanismo. La producción indexada en estas materias se encontraba integrada principalmente con ingeniería sísmica, gestión del riesgo y planificación territorial.

Las celdas solares sensibilizadas por colorante constituyen un buen ejemplo de cómo la línea de materiales avanzó desde la síntesis hacia la comprensión de mecanismos de funcionamiento. En películas nanocristalinas de TiO_2 tratadas superficialmente con Al^{3+} , cantidades inferiores a una monocapa de óxido de aluminio modificaron la posición de la banda de conducción, prolongaron la vida de los electrones y alteraron su transporte; el resultado fue una mejora de la eficiencia fotovoltaica bajo condiciones óptimas [6]. El estudio muestra que pequeñas modificaciones de superficie pueden cambiar de manera significativa el desempeño de un dispositivo energético.

La desinfección solar de agua llevó la fotocatalisis fuera del laboratorio. En un colector parabólico compuesto se evaluaron TiO_2 inmovilizado y un sensibilizador de Ru(II) , primero con agua contaminada de manera controlada y luego con agua del río Yaurisque, en Cusco. El TiO_2 soportado produjo reducción de *E. coli* y, cuando se alcanzó la desinfección, no se

observó recrecimiento bacteriano a las 24 horas [10]. Este tipo de experimento vincula materiales, radiación solar y una necesidad concreta de agua segura.

La física nuclear del periodo utilizó simulaciones Monte Carlo para reconstruir lo que ocurre antes y después de la emisión de neutrones de fisión. Al comparar distribuciones de masa y energía cinética, los trabajos mostraron que la emisión neutrónica modifica los observables finales y puede introducir sesgos si se interpretan directamente como propiedades de los fragmentos primarios [15]–[17]. La importancia metodológica radica en distinguir el proceso físico original de los efectos producidos durante la desexcitación y la medición.

En biomedicina, el microscopio invertido de bajo costo para el ensayo MODS respondió a un obstáculo concreto del diagnóstico de tuberculosis: la necesidad de observar desde abajo los cultivos líquidos donde aparece el patrón característico de crecimiento de *Mycobacterium tuberculosis*. El equipo artesanal fue concebido para sustituir microscopios comerciales costosos y podía trabajar también en modo digital, lo que abrió la posibilidad de diagnóstico local y remoto [26]. El trabajo combina diseño instrumental, salud pública y reducción de costos.

La tecnología espacial comenzó a estructurarse como programa. Las propuestas de una red peruana de pequeños satélites y de los primeros pasos para un programa nacional discutieron arquitectura, comunicaciones, operación y posibles aplicaciones de CubeSat [29], [30]. Más que un resultado aislado, esas contribuciones muestran la intención de construir capacidades sistémicas en un área que exige integrar electrónica, control, telecomunicaciones, mecánica, software y gestión de misión.

6.11 Autores, fuentes y colaboración

Si se consideran las formas de firma sin una normalización completa, W. Estrada aparece en 15 documentos; J. Rodríguez y J. L. Solís, en alrededor de diez cada uno; W. Sosa, en siete; y A. Hagfeldt, C. G. Granqvist, R. Reyes y M. Cremona, en seis. También destacan H. Nieto-Chaupis, A. Bernui, M. Quintana, M. Montoya, O. Ravínez, L. Mosquera y otros investigadores. Las variantes con y sin acentos o segundos apellidos hacen que estas cifras sean aproximadas.

AIP Conference Proceedings fue la fuente más frecuente, con 18 documentos, seguida por Thin Solid Films, con siete. También aparecen Optimization, Revista Mexicana de Física, IEEE Sensors Journal, Journal of Physical Chemistry C, SpaceOps, revistas de ingeniería sísmica, física, química y materiales. La amplitud de fuentes y filiaciones confirma una creciente internacionalización y una estrategia de difusión combinada entre revistas y congresos.

6.12 Balance del periodo

El decenio 2001–2010 marca el paso desde núcleos especializados relativamente pequeños hacia una producción más diversificada y continua. Materiales, sensores, fotocatalisis y energía solar mantuvieron el liderazgo, pero la expansión también incluyó matemática, física nuclear, cosmología, ingeniería sísmica, hidráulica, sistemas eléctricos, control, óptica, química, biomedicina, minería, petróleo y tecnología espacial.

El peso de los trabajos de congreso es una característica central del periodo. Casi la mitad de los documentos se difundió mediante reuniones científicas, lo que amplió la visibilidad de equipos en formación y favoreció la cooperación internacional. Al mismo tiempo, el crecimiento de artículos en revistas especializadas muestra la consolidación de varias líneas. El máximo de 2010 anticipa la aceleración y transformación de la producción de la UNI durante la década siguiente.

6.13 Referencias

- [1] J. L. Solis et al., *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 84, no. 7, pp. 1504–1508, 2001.
doi: 10.1111/j.1151-2916.2001.tb00868.x.
- [2] R. López Cisneros et al., *Chemosphere*, vol. 48, no. 4, Art. no. 4166, 2002.
doi: 10.1016/S0045-6535(02)00117-0.
- [3] M. Quintana et al., *Catalysis Today*, vol. 76, nos. 2–4, pp. 141–148, 2002.
doi: 10.1016/S0920-5861(02)00214-6.
- [4] M. M. Gómez et al., *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 76, no. 1, pp. 37–56, 2003.
doi: 10.1016/S0927-0248(02)00215-5.
- [5] L. F. Reyes et al., *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 24, no. 6, pp. 1415–1419, 2004.
doi: 10.1016/S0955-2219(03)00417-5.
- [6] H. Alarcón et al., *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 109, no. 39, pp. 18483–18490, 2005.
doi: 10.1021/jp0513521.
- [7] L. B. Kish et al., *IEEE Sensors Journal*, vol. 5, no. 4, pp. 671–675, 2005.
doi: 10.1109/JSEN.2005.851018.
- [8] M. Quintana et al., *Journal of Physical Chemistry C*, vol. 111, no. 2, pp. 1035–1041, 2007.
doi: 10.1021/jp065948f.
- [9] C. Luyo et al., *Sensors and Actuators, B: Chemical*, vol. 138, no. 1, pp. 14–20, 2009.
doi: 10.1016/j.snb.2008.11.057.
- [10] J. Rodríguez et al., *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, vol. 132, no. 1, pp. 0110011–0110015, 2010.
doi: 10.1115/1.4000328.
- [11] W. Sosa et al., *Numerical Algorithms*, vol. 35, nos. 2–4, pp. 233–247, 2004.
doi: 10.1023/B:NUMA.0000021770.77789.b7.
- [12] W. Sosa et al., *Optimization*, vol. 56, nos. 1–2, pp. 207–219, 2007.
doi: 10.1080/02331930600808533.
- [13] A. N. Iusem et al., *Mathematical Programming*, vol. 116, nos. 1–2, pp. 259–273, 2009.
doi: 10.1007/s10107-007-0125-5.
- [14] A. N. Iusem et al., *Optimization*, vol. 59, no. 8, pp. 1259–1274, 2010.
doi: 10.1080/02331931003603133.

- [15] M. Montoya et al., *Revista Mexicana de Física*, vol. 53, no. 5, pp. 366–370, 2007.
- [16] M. Montoya et al., *Revista Mexicana de Física*, vol. 54, no. 6, pp. 440–445, 2008.
- [17] M. Montoya et al., *AIP Conference Proceedings*, vol. 1265, pp. 65–69, 2010.
doi: 10.1063/1.3480262.
- [18] A. Bernui et al., *Astronomy and Astrophysics*, vol. 454, no. 2, pp. 409–414, 2006.
doi: 10.1051/0004-6361:20054243.
- [19] J. C. Montero et al., *Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology*, vol. 73, no. 1, Art. no. 016003, 2006.
doi: 10.1103/PhysRevD.73.016003.
- [20] J. Kuroiwa et al., *Natural Hazards Review*, vol. 3, no. 4, pp. 158–162, 2002.
doi: 10.1061/(ASCE)1527-6988(2002)3:4(158).
- [21] R. Proaño et al., *8th US National Conference on Earthquake Engineering 2006*, vol. 15, pp. 9285–9294, 2006.
- [22] Zarate L.A.Ll. et al., *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 21, no. 1, pp. 19–27, 2006.
doi: 10.1109/TPWRS.2005.860945.
- [23] J. O. Valderrama et al., *Journal of Supercritical Fluids*, vol. 39, no. 1, pp. 20–29, 2006.
doi: 10.1016/j.supflu.2006.02.003.
- [24] L. Mosquera et al., *Optics Letters*, vol. 35, no. 4, pp. 613–615, 2010.
doi: 10.1364/OL.35.000613.
- [25] W. Hernández et al., *Zeitschrift für Naturforschung - Section B Journal of Chemical Sciences*, vol. 65, no. 10, pp. 1271–1278, 2010.
doi: 10.1515/znb-2010-1015.
- [26] M. Zimic et al., *PLoS ONE*, vol. 5, no. 3, Art. no. e9577, 2010.
doi: 10.1371/journal.pone.0009577.
- [27] G. A. Al-Muntasheri et al., *Saudi Aramco Journal of Technology*, no. SUMMER, 2010.
- [28] C. Casquet et al., *Journal of South American Earth Sciences*, vol. 29, no. 1, pp. 128–142, 2010.
doi: 10.1016/j.jsames.2009.08.009.
- [29] J. Martin Canales Romero et al., *SpaceOps 2010 Conference*, 2010.
doi: 10.2514/6.2010-1919.
- [30] J. M. Canales Romero et al., *IEEE Aerospace Conference Proceedings, Art. no. 5447020*, 2010.
doi: 10.1109/AERO.2010.5447020.

Capítulo 7. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2011–2015

Durante el periodo 2011–2015, la producción científica atribuida por Scopus a la UNI continúa su expansión y muestra una mayor diversificación temática. Para estos cinco años se han identificado 224 documentos, cifra claramente superior a la registrada en los periodos anteriores. La producción pasa de 31 documentos en 2011 a 60 en 2015 y alcanza su máximo en 2014, con 66 publicaciones. El conjunto comprende 142 artículos, 64 trabajos de congreso, 11 capítulos de libro, cinco revisiones y dos documentos de fe de erratas. La diversidad de tipos documentales refleja una presencia creciente de la UNI en diferentes formas de comunicación académica.

Uno de los rasgos más destacados del periodo es el crecimiento de la ingeniería sísmica y de los estudios relacionados con la reducción del riesgo. Estas investigaciones adquieren especial relevancia en un país expuesto de manera permanente a amenazas sísmicas y muestran la continuidad de una línea vinculada con problemas de gran importancia nacional.

En física se observa una participación creciente en grandes colaboraciones internacionales dedicadas al estudio de neutrinos. Este tipo de investigaciones amplía considerablemente las redes de cooperación de los investigadores vinculados con la UNI y fortalece su presencia en proyectos científicos de alcance internacional.

También se consolidan las investigaciones en estructuras compuestas, materiales y nanotecnología, al tiempo que mantienen continuidad áreas como matemática, optimización, sensores, agua, energía y petróleo. La persistencia de estas líneas evidencia la formación progresiva de capacidades y grupos con mayor estabilidad temática.

Durante estos años adquieren además mayor visibilidad la arquitectura y los sistemas digitales. La incorporación de nuevos problemas, métodos y herramientas tecnológicas amplía el perfil de la producción científica de la Universidad y muestra una interacción cada vez mayor entre ciencias, ingeniería, arquitectura y tecnologías de la información.

En conjunto, el periodo 2011–2015 representa una etapa de consolidación y expansión. La producción aumenta, se diversifican los campos de investigación y se fortalece la participación en redes internacionales. Estas tendencias anticipan el crecimiento mucho más acelerado que caracterizará a la producción científica de la UNI durante el siguiente quinquenio.

7.1 Alcance y composición documental

Para el periodo 2011–2015 se han identificado 224 registros correspondientes a la UNI en Scopus. El conjunto comprende artículos, trabajos de congreso, capítulos de libro, revisiones y fe de erratas, lo que permite observar no solo el volumen de la producción, sino también la diversidad de formas mediante las cuales se difundieron los resultados de investigación.

La identificación de grupos y tendencias se realiza a partir de la recurrencia de autores, temas, fuentes y colaboraciones. Se trata, por tanto, de una aproximación bibliométrica que permite reconocer núcleos de actividad científica, sin asumir necesariamente que cada uno de ellos corresponda a un grupo formalmente reconocido por la Universidad.

7.2 Evolución anual

La producción pasó de 31 documentos en 2011 a 32 en 2012 y 35 en 2013. En 2014 se produjo un salto hasta 66 documentos, y en 2015 se mantuvo un nivel alto, con 60. En conjunto, 2014 y 2015 concentraron 126 documentos, equivalentes al 56,3 % del quinquenio. El crecimiento se explica tanto por artículos como por trabajos de congreso y capítulos de libro, lo que revela una mayor participación en redes, proyectos y encuentros especializados.

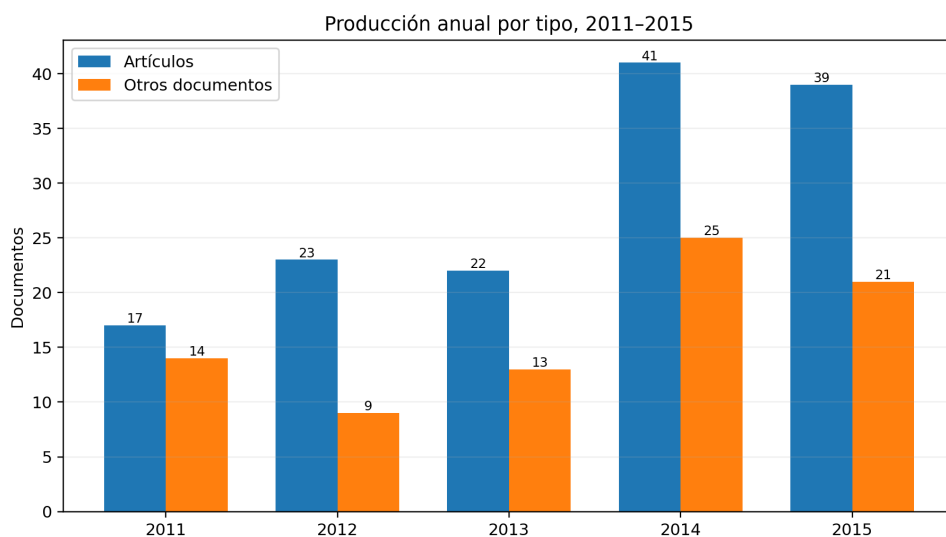


Figura 8: Producción anual de artículos y otros documentos, 2011–2015. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

Composición total: 142 artículos, 64 trabajos de congreso, 11 capítulos de libro, 5 revisiones y 2 documentos de fe de erratas.

7.3 Ingeniería sísmica, tsunamis y reducción del riesgo

La ingeniería sísmica constituye la línea más visible del quinquenio. Los trabajos abarcan microzonificación de Lima y Callao, perfiles de velocidad de ondas S, comportamiento cíclico de muros de concreto armado y albañilería, evaluación de vulnerabilidad, modelamiento de escenarios de megaterremotos y daños por tsunamis. C. Zavala, M. Estrada y colaboradores participan en los trabajos citados sobre daños y comportamiento estructural [1], [2]. La cooperación con instituciones japonesas fortaleció la observación, el ensayo experimental y la modelación aplicada a la realidad peruana.

7.4 Grandes colaboraciones en física de neutrinos

La participación de C. J. Solano Salinas y K. Hurtado en la colaboración MINERvA introdujo una modalidad de producción basada en grandes consorcios internacionales. Las investigaciones estudiaron dispersión cuasielástica, producción coherente de piones y otros procesos neutrino-núcleo [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Estas publicaciones, con extensas listas de autores e instituciones, elevaron la visibilidad internacional de la UNI en física de altas energías y muestran una inserción en experimentos multinacionales de gran escala.

7.5 Estructuras compuestas y mecánica avanzada

J. L. Mantari y colaboradores desarrollaron modelos de orden superior para placas, vigas y estructuras sándwich, incluyendo materiales funcionalmente graduados y formulaciones cuasi tridimensionales [10], [11], [12]–[14]. La presencia en Composite Structures y Composites Part B: Engineering muestra un núcleo de alta productividad teórica y numérica, orientado a flexión, vibración, pandeo y comportamiento termoelástico.

7.6 Materiales, nanotecnología, sensores y ambiente

La tradición en materiales funcionales continuó mediante nanopartículas de ZnO y ZnO₂, fotocatalisis, irradiación gamma, carbón activado, corrosión de aleaciones, sensores ópticos y sistemas de desinfección de agua [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]. Estos trabajos conectan síntesis y caracterización con aplicaciones ambientales, alimentarias y tecnológicas. La producción muestra una transición hacia problemas de agua, descontaminación y detección, manteniendo vínculos con química, física e ingeniería de materiales.

7.7 Matemática, optimización y modelamiento

La matemática mantuvo una línea estable en problemas de equilibrio, desigualdades cuasivariacionales, operadores monótonos, cálculo de variaciones, entropía topológica y optimización de caja negra [23], [24]. W. Sosa y otros investigadores participaron en redes internacionales

de matemática aplicada y optimización. Paralelamente, se desarrollaron modelos predictivos y control de procesos mediante representaciones de Volterra–Laguerre y algoritmos estocásticos.

7.8 Agua, energía, petróleo y procesos industriales

El quinquenio incluye estudios sobre seguridad hídrica, gestión de recursos, producción de petróleo y gas, recuperación de campos maduros, estabilidad de sistemas eléctricos, medición de viento y control industrial [25]. La presencia de trabajos de congreso en petróleo e instrumentación evidencia una interacción creciente con sectores productivos y con problemas de infraestructura y energía.

7.9 Arquitectura, ciudad y enseñanza

A diferencia de periodos anteriores, en 2011–2015 aparecen documentos explícitamente vinculados con arquitectura. Destacan estudios sobre enseñanza de la arquitectura bioclimática, vivienda, ciudad y enfoques ambientales [26]. Aunque el volumen todavía es reducido, estos registros anticipan la mayor presencia de arquitectura, urbanismo y patrimonio en los años siguientes.

7.10 Sistemas digitales, telecomunicaciones y salud

La diversificación comprende radio definida por software, demodulación digital, sistemas de alerta, sensores de fibra óptica y algoritmos para detección de tos y seguimiento de tuberculosis [17], [27], [28]. Estas contribuciones muestran la convergencia entre electrónica, telecomunicaciones, procesamiento de señales y aplicaciones en salud. El quinquenio incluyó además un estudio sobre aceptación de tecnologías de información en universidades [29] y una contribución experimental en comunicación cuántica mediante quantum fingerprinting [30].

Los ensayos a escala real de muros delgados de concreto armado respondieron a una característica de la construcción peruana: el uso extendido de muros reforzados con malla electrosoldada en edificios de baja y mediana altura. Siete muros fueron sometidos a carga cíclica y se compararon resistencia, rigidez, energía disipada y amortiguamiento equivalente. Los resultados permitieron calibrar un modelo histerético capaz de reproducir el comportamiento experimental [2]. El estudio vincula directamente laboratorio, modelamiento y práctica constructiva local.

En MINERvA, la medición de dispersión cuasielástica de antineutrinos sobre un blanco de hidrocarburos obtuvo secciones eficaces diferenciales y las comparó con modelos del nucleón dentro del núcleo [3]. Los datos a mayor transferencia de momento favorecieron interpretaciones que incorporan modificaciones de las funciones de forma vectoriales antes que un simple aumento de la masa axial. Para la UNI, la importancia adicional reside en la participación de sus investigadores en una cadena experimental que incluye calibración, reconstrucción, simulación y análisis estadístico a gran escala.

Las formulaciones de J. L. Mantari para placas funcionalmente graduadas redujeron el número de incógnitas manteniendo efectos de cortante y estiramiento a través del espesor. En una

de ellas, una teoría cuasi tridimensional híbrida se aplicó a vibraciones de placas apoyadas en una fundación elástica tipo Pasternak y se contrastó con soluciones tridimensionales y formulaciones cerradas existentes [10]. La línea muestra cómo la innovación matemática en modelos estructurales puede disminuir costo computacional sin renunciar a fenómenos físicos relevantes.

Las nanopartículas de ZnO_2 sintetizadas mediante irradiación ultravioleta o ultrasonido mostraron diferencias de tamaño y distribución morfológica; las obtenidas con UV presentaron la mayor actividad antibacteriana frente a *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* [16]. El trabajo enlaza control de síntesis, caracterización por difracción y microscopía, y evaluación microbiológica, un patrón interdisciplinario que se repetiría en la producción posterior de materiales para ambiente y salud.

El algoritmo automático de detección de tos para seguimiento de tuberculosis constituye otro ejemplo de convergencia. La señal acústica se transforma en variables capaces de distinguir episodios de tos y seguir su evolución durante el tratamiento [27], [28]. El objetivo no es solo diagnóstico: un sistema de monitoreo continuo puede aportar indicadores objetivos de recuperación y reducir la dependencia de observación clínica esporádica.

7.11 Autores, fuentes y colaboración

Entre los autores más recurrentes aparecen M. Estrada, C. Zavala, Z. Aguilar, C. J. Solano Salinas, K. Hurtado y J. L. Mantari, además de extensas redes de coautoría internacional. Journal of Disaster Research fue la fuente más frecuente, con 30 documentos, seguida por publicaciones de ingeniería sísmica, Physical Review Letters, Composite Structures y actas especializadas. La composición del conjunto muestra una combinación de grupos locales consolidados, cooperación bilateral y grandes colaboraciones multinacionales.

7.12 Balance del quinquenio

El periodo 2011–2015 marca una transición hacia una producción más amplia y heterogénea. La ingeniería sísmica y la reducción del riesgo se consolidan como polo institucional; la física de neutrinos introduce publicaciones de grandes consorcios; las estructuras compuestas adquieren alta productividad; y materiales, matemática, sensores, agua, energía, petróleo y arquitectura amplían el perfil científico y tecnológico de la UNI. La expansión de 2014–2015 anticipa el crecimiento más acelerado del quinquenio siguiente.

7.13 Referencias

- [1] Y. Maruyama et al., *Earthquake Spectra*, vol. 28, suppl. 1, pp. S165–S178, 2012.
doi: 10.1193/1.4000023.
- [2] L. G. Quiroz et al., *Engineering Structures*, vol. 52, pp. 153–167, 2013.
doi: 10.1016/j.engstruct.2013.02.033.

- [3] L. Fields et al., *Physical Review Letters*, vol. III, no. 2, Art. no. 022501, 2013.
doi: 10.1103/PhysRevLett.III.022501.
- [4] G. A. Fiorentini et al., *Physical Review Letters*, vol. III, no. 2, Art. no. 022502, 2013.
doi: 10.1103/PhysRevLett.III.022502.
- [5] L. Aliaga et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, vol. 743, pp. 130–159, 2014.
doi: 10.1016/j.nima.2013.12.053.
- [6] A. Higuera et al., *Physical Review Letters*, vol. 113, no. 26, Art. no. 261802, 2014.
doi: 10.1103/PhysRevLett.113.261802.
- [7] B. Eberly et al., *Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology*, vol. 92, no. 9, Art. no. 092008, 2015.
doi: 10.1103/PhysRevD.92.092008.
- [8] B. G. Tice et al., *Physical Review Letters*, vol. 112, no. 23, Art. no. 231801, 2014.
doi: 10.1103/PhysRevLett.112.231801.
- [9] T. Walton et al., *Physical Review D - Particles, Fields, Gravitation and Cosmology*, vol. 91, no. 7, Art. no. 071301, 2015.
doi: 10.1103/PhysRevD.91.071301.
- [10] J. L. Mantari et al., *Composite Structures*, vol. 118, no. 1, pp. 455–471, 2014.
doi: 10.1016/j.compstruct.2014.07.039.
- [11] J. L. Mantari et al., *Thin-Walled Structures*, vol. 90, pp. 150–158, 2015.
doi: 10.1016/j.tws.2015.01.015.
- [12] J. L. Mantari et al., *Composites Part B: Engineering*, vol. 69, pp. 317–334, 2015.
doi: 10.1016/j.compositesb.2014.10.009.
- [13] J. L. Mantari et al., *Composite Structures*, vol. 132, pp. 952–959, 2015.
doi: 10.1016/j.compstruct.2015.06.035.
- [14] J. L. Mantari et al., *Composites Part B: Engineering*, vol. 66, pp. 407–419, 2014.
doi: 10.1016/j.compositesb.2014.05.026.
- [15] A. Acevedo et al., *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, vol. 134, no. 1, Art. no. 011008, 2012.
doi: 10.1115/1.4005338.
- [16] R. Colonia et al., *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 5, no. 1, Art. no. 015008, 2014.
doi: 10.1088/2043-6262/5/1/015008.
- [17] L. Mosquera et al., *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 274, no. 1, Art. no. 012020, 2011.
doi: 10.1088/1742-6596/274/1/012020.
- [18] J. Alarcón et al., *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 364, no. 1, pp. 49–55, 2011.
doi: 10.1016/j.jcis.2011.08.025.

- [19] R. Arrabal et al., *Corrosion Science*, vol. 55, pp. 301–312, 2012.
doi: 10.1016/j.corsci.2011.10.033.
- [20] G. Comina et al., *Lab on a Chip*, vol. 14, no. 16, pp. 2978–2982, 2014.
doi: 10.1039/c4lc00394b.
- [21] R. Arrabal et al., *Corrosion Science*, vol. 55, pp. 351–362, 2012.
doi: 10.1016/j.corsci.2011.10.038.
- [22] G. Zhu et al., *New Journal of Chemistry*, vol. 39, no. 12, pp. 9557–9568, 2015.
doi: 10.1039/c5nj01462j.
- [23] G. D. Rodriguez Rafael et al., *Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO'11 - Companion Publication*, pp. 185–186, 2011.
doi: 10.1145/2001858.2001962.
- [24] M. Nasri et al., *Optimization*, vol. 60, nos. 8–9, pp. 1161–1170, 2011.
doi: 10.1080/02331934.2010.527341.
- [25] V. A. H. Quiñones et al., *SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference Proceedings*, vol. 2015-January, 2015.
doi: 10.2118/SPE-177240-MS.
- [26] Castillo L.F.E et al., *Proceedings - 28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture + Urban Design: Opportunities, Limits and Needs - Towards an Environmentally Responsible Architecture, PLEA 2012*, 2012.
- [27] B. H. Tracey et al., *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, pp. 6017–6020, 2011.
doi: 10.1109/IEMBS.2011.6091487.
- [28] S. Larson et al., *PLoS ONE*, vol. 7, no. 10, Art. no. e46229, 2012.
doi: 10.1371/journal.pone.0046229.
- [29] A. U. Jan et al., *Computers in Human Behavior*, vol. 27, no. 2, pp. 845–851, 2011.
doi: 10.1016/j.chb.2010.11.009.
- [30] F. Xu et al., *Nature Communications*, vol. 6, Art. no. 8735, 2015.
doi: 10.1038/ncomms9735.

Capítulo 8. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2016–2020

Durante el periodo 2016–2020, la producción científica atribuida por Scopus a la UNI experimenta una expansión muy acelerada. Para estos cinco años se han identificado 667 documentos, una cifra que marca un cambio importante de escala respecto de los periodos anteriores.

La producción pasa de 61 documentos en 2016 a 214 en 2020, con una aceleración especialmente intensa desde 2018. El conjunto comprende artículos, trabajos de congreso, revisiones, capítulos de libro, cartas, editoriales y una fe de erratas, lo que refleja una creciente diversidad en las formas de comunicación de los resultados de investigación.

Uno de los rasgos más visibles del periodo es la participación de investigadores vinculados con la UNI en grandes colaboraciones internacionales de física de neutrinos. Estas redes incrementan la presencia de la Universidad en publicaciones de amplia circulación y muestran una mayor integración con comunidades científicas de alcance global.

También adquieren una presencia importante la ingeniería estructural y sísmica, los materiales y la nanotecnología, el agua y el ambiente, la física nuclear, los sistemas eléctricos, la energía, el petróleo, la minería y la arquitectura. A estas líneas se suma el rápido crecimiento de la inteligencia artificial y de los sistemas digitales, que empiezan a ocupar un lugar cada vez más visible en la producción científica de la Universidad.

La elevada proporción de trabajos de congreso constituye una característica destacada de estos años. Su crecimiento evidencia una mayor participación de docentes y estudiantes en reuniones científicas y tecnológicas, así como una expansión de los espacios de difusión e intercambio académico. Paralelamente, los artículos en revistas especializadas contribuyen a consolidar líneas con mayor continuidad y visibilidad internacional.

El periodo 2016–2020 muestra, por tanto, una Universidad con una actividad científica mucho más amplia, diversificada e internacionalizada. El incremento de las publicaciones, la incorporación de nuevos campos y la ampliación de las redes de colaboración preparan el escenario para el volumen de producción alcanzado durante el quinquenio siguiente.

8.1 Base documental y evolución

El archivo contiene 667 registros válidos con años comprendidos entre 2016 y 2020. La distribución anual fue de 61 documentos en 2016, 78 en 2017, 147 en 2018, 167 en 2019 y 214 en 2020. En solo cuatro años, la producción anual se multiplicó por 3,5. El salto más pronunciado ocurrió entre 2017 y 2018, cuando el número de documentos aumentó 88,5 %. La expansión continuó en 2019 y 2020, aunque con tasas menores.

La base incluye 335 trabajos de congreso, 308 artículos, nueve revisiones, cuatro capítulos de libro, dos cartas, dos editoriales y una fe de erratas. En seis registros de grandes colaboraciones internacionales, el tipo documental no pudo recuperarse con seguridad debido a la longitud extraordinaria de los campos de autores y filiaciones. Esta diversidad documental es relevante: el crecimiento del periodo no se explica únicamente por artículos en revistas, sino también por una participación creciente en congresos internacionales de ingeniería, computación, electrónica, energía y física.

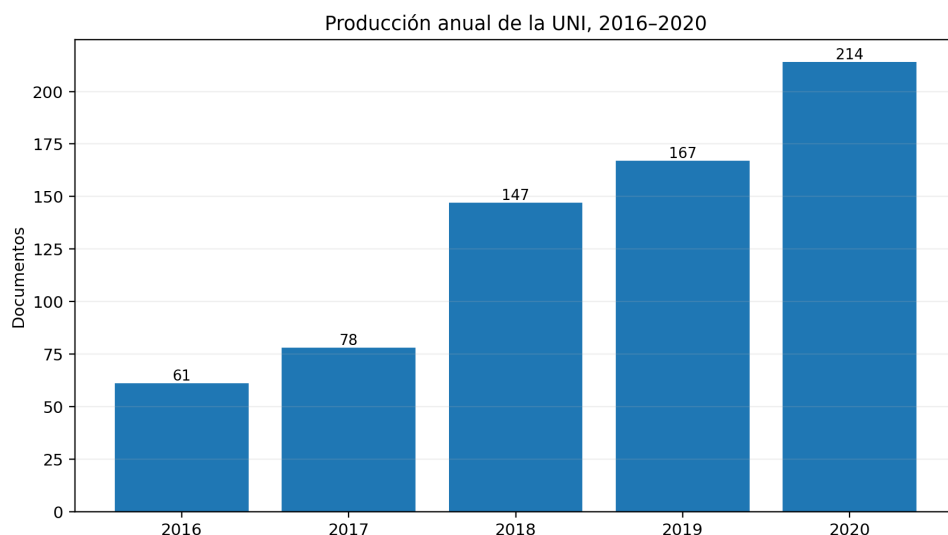


Figura 9: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 2016–2020. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

8.2 Física de neutrinos y grandes colaboraciones

Uno de los rasgos más visibles del periodo fue la participación de investigadores de la UNI en colaboraciones internacionales de física de neutrinos. En MINERvA se publicaron predicciones de flujo para el haz NuMI, mediciones de efectos nucleares, producción de piones y correlaciones del estado final [1]–[3]. Estas investigaciones involucraron a decenas de instituciones y aparecieron en *Physical Review D* y *Physical Review Letters*.

En 2020 se añadió la participación en DUNE y ProtoDUNE, proyectos de escala mundial orientados al estudio de oscilaciones de neutrinos, violación CP, neutrinos de supernovas y tecnologías de detectores de argón líquido [4]. Bibliométricamente, estas publicaciones elevan la visibilidad internacional de la UNI; científicamente, muestran la inserción de investigadores de la universidad en experimentos que exigen infraestructura, instrumentación y análisis de datos de frontera.

8.3 Ingeniería estructural, sísmica y gestión del riesgo

La ingeniería estructural mantuvo una producción sostenida en placas, vigas y cascarones laminados o funcionalmente graduados. J. L. Mantari y colaboradores desarrollaron formulaciones de orden superior y métodos híbridos para flexión, vibración y pandeo [5], [6]. Esta línea tuvo presencia en Composites Part B, Composite Structures, Thin-Walled Structures y Aerospace Science and Technology.

La ingeniería sísmica y la reducción del riesgo continuaron mediante estudios de vulnerabilidad, evaluación de daños, tsunamis y teledetección. La revisión sobre detección de daños por tsunami con sensores remotos sintetizó metodologías que luego se articularon con imágenes satelitales, vehículos aéreos no tripulados y aprendizaje automático [7].

8.4 Materiales, nanotecnología, sensores y ambiente

La tradición de la UNI en materiales funcionales evolucionó hacia polímeros impresos, nanopartículas, superficies modificadas, biochar, sensores y tecnologías de tratamiento ambiental. Los trabajos sobre polímeros magnéticamente separables para el análisis selectivo de biotina [8] y la síntesis verde de nanopartículas de óxido de zinc con actividad antimicrobiana [9] ilustran la convergencia entre química, nanotecnología, alimentos y salud. En materiales magnéticos también se publicó un estudio sobre conmutación inducida por torque espín-órbita mediante pulsos eléctricos de picosegundos [10].

El agua y la contaminación ambiental se convirtieron en ejes de creciente importancia. Se estudiaron arsénico, manganeso y aluminio en aguas subterráneas amazónicas [11], la degradación fotoelectrocatalítica de colorantes [12], la remoción de arsénico y plomo mediante biochar impregnado con ZnO [13] y el tratamiento electroquímico de efluentes industriales [14]. Este núcleo vincula investigación básica en superficies y materiales con problemas nacionales de calidad ambiental y salud pública.

8.5 Física nuclear y fisión

La física nuclear mantuvo una línea especializada dirigida por M. Montoya. Los trabajos analizaron la influencia de la emisión neutrónica sobre las distribuciones de carga, masa y energía cinética de los fragmentos de fisión [15], así como la relación entre masa pre y postneutrónica y la multiplicidad neutrónica promedio [16]. En 2020 se estudió el sesgo del método rVtE en la región simétrica de la fisión térmica del ^{239}Pu [17].

Esta línea destaca por su continuidad histórica y por el uso de simulaciones Monte Carlo para examinar limitaciones de los métodos experimentales. Su orientación combina física fundamental, análisis de datos y reconstrucción de observables nucleares.

8.6 Inteligencia artificial, computación y sistemas digitales

Desde 2017 se observa una expansión rápida de la inteligencia artificial y el procesamiento digital. Se aplicaron redes neuronales a la detección de retinopatía diabética [18], segmentación automática de palmeras en imágenes obtenidas con vehículos aéreos no tripulados [19], localización en interiores mediante Bluetooth [20] y seguridad ciudadana basada en computación en la niebla [21]. En 2020, una arquitectura neuronal compacta para reconocimiento visual de lugares alcanzó difusión en robótica [22].

Esta producción no corresponde a un único grupo, sino a una red de equipos de electrónica, sistemas, telecomunicaciones, agricultura, salud e ingeniería civil. Su crecimiento en actas IEEE, Lecture Notes in Computer Science e IEEE Access muestra una rápida incorporación de métodos de aprendizaje automático a problemas aplicados.

8.7 Energía, sistemas eléctricos y recursos hídricos

La investigación energética comprendió reconfiguración de redes de distribución, reducción de pérdidas, generación renovable, convertidores, ciclos termodinámicos y optimización. La reconfiguración de redes mediante una variante de optimización binaria por enjambre de partículas [23] y el análisis termoeconómico de la integración de ciclos supercríticos de CO₂ [24] son representativos de esta tendencia.

En recursos hídricos se estudiaron cambios estacionales y variabilidad de caudales [25], además de calidad de agua, tratamiento de efluentes y riesgos ambientales. La integración de energía, agua, ambiente y modelamiento matemático fue una característica cada vez más visible del periodo.

8.8 Arquitectura, urbanismo, minería y petróleo

La arquitectura y el urbanismo ganaron presencia mediante la revista *Devenir* y trabajos sobre patrimonio, vivienda, territorio y transformación urbana. Aunque su volumen fue menor que el de ingeniería y ciencias, esta producción amplió el perfil disciplinario de la UNI y consolidó una vía de publicación indexada para investigaciones históricas, proyectuales y territoriales.

Minería y petróleo mantuvieron una producción importante en actas de la Society of Petroleum Engineers, congresos metalúrgicos y eventos de ingeniería. Los temas abarcaron caracterización de residuos, reservorios, recuperación mejorada, integridad de pozos, procesamiento de minerales, gestión de operaciones y evaluación ambiental. La fuerte presencia de trabajos de congreso refleja el carácter aplicado y profesional de estas áreas.

8.9 Salud, biomedicina y respuesta a la pandemia

Las aplicaciones biomédicas incluyeron análisis de imágenes, materiales antimicrobianos, sensores, dosimetría y estudios epidemiológicos. En 2020 aparecieron trabajos vinculados con la pandemia de COVID-19, entre ellos el análisis de la relación entre altitud, tasa de infección y letalidad [26]. Aunque esta producción fue heterogénea, muestra la capacidad de la UNI para aplicar herramientas de física, estadística, computación e ingeniería a problemas de salud.

El estudio de aguas subterráneas de la Amazonía occidental realizó una evaluación integrada de contaminantes geogénicos en pozos de Iquitos y Pucallpa. La caracterización hidroquímica permitió distinguir tipos de acuíferos y mostrar que algunos contenían arsénico, manganeso o aluminio en concentraciones potencialmente dañinas para la salud; se reportaron valores de arsénico de hasta cientos de microgramos por litro en acuíferos aluviales anóxicos [11]. El resultado pone de relieve que disponer de agua subterránea no garantiza por sí mismo su aptitud para consumo.

La fotoelectrocatalisis de colorantes azoicos utilizó capas nanocompuestas de nanobarras de ZnO decoradas con nanopartículas de plata para aumentar la actividad bajo irradiación [12]. En otra línea, biochars obtenidos de residuos agrícolas e impregnados con ZnO fueron evaluados para remover arsénico y plomo [13]. Ambos enfoques parten de materiales diferentes, pero comparten una estrategia: diseñar superficies capaces de transformar o retener contaminantes y medir su desempeño en condiciones químicas controladas.

En inteligencia artificial aplicada al territorio amazónico, la segmentación automática de *Mauritia flexuosa* utilizó imágenes de alta resolución obtenidas con drones y una red convolucional basada en DeepLab v3+. El conjunto MauFlex reunió más de 25 mil fragmentos de imagen y el modelo alcanzó altos valores de exactitud, especificidad y sensibilidad [19]. La investigación demuestra cómo visión computacional y plataformas UAV pueden apoyar el monitoreo de ecosistemas de acceso difícil.

La arquitectura neuronal compacta FlyNet+CANN para reconocimiento visual de lugares combinó una red inspirada en el sistema neural de la mosca de la fruta con una red atractora continua que incorpora memoria temporal [22]. El objetivo fue aproximar el desempeño de algoritmos de navegación visual con una estructura mucho más compacta y biológicamente inspirada. Este tipo de trabajo coloca a la producción de la UNI en la intersección entre robótica, neurocomputación y aprendizaje automático.

En fisión nuclear, la simulación del método iViE mostró que la multiplicidad neutrónica promedio puede resultar sobredimensionada en la región próxima a la fisión simétrica debido a la forma en que se reconstruyen masas provisionales y energías [17]. El resultado es metodológicamente importante: una discrepancia experimental puede surgir no solo de la física del proceso, sino también del algoritmo usado para inferir cantidades que no se observan directamente.

8.10 Autores, fuentes y formas de difusión

Las fuentes más frecuentes fueron las actas de la conferencia LACCEI, Journal of Physics: Conference Series, Physical Review D, congresos IEEE INTERCON y ANDESCON, eventos

de sistemas eléctricos y actas de ingeniería petrolera. Esta distribución confirma que los congresos tuvieron un peso decisivo en el crecimiento bibliométrico de 2016–2020.

Entre los núcleos recurrentes se identifican C. J. Solano Salinas y K. Hurtado en neutrinos; J. L. Mantari en estructuras compuestas; G. Picasso, J. Rodríguez, M. M. Gómez, J. L. Solís y colaboradores en materiales y ambiente; M. Montoya en física nuclear; G. Kemper y M. Castillo-Cara en sistemas digitales; y equipos de ingeniería eléctrica, petróleo, minería y arquitectura. Las variantes de firma y las grandes listas de coautores aconsejan interpretar los recuentos individuales como aproximaciones.

8.11 Balance del periodo

Entre 2016 y 2020 la producción registrada en Scopus pasó de 61 a 214 documentos. El crecimiento fue real, pero estuvo compuesto por dos dinámicas complementarias: consolidación de artículos en revistas y expansión muy rápida de trabajos de congreso. Los artículos fortalecieron líneas de alta especialización; los congresos ampliaron la participación de docentes y estudiantes en redes de ingeniería, computación y tecnología.

El periodo marca una transformación del perfil científico de la UNI. A las líneas históricas de física, materiales, estructuras, energía y recursos naturales se sumaron inteligencia artificial, robótica, ciudades inteligentes, nanotecnología ambiental, salud digital y grandes colaboraciones de física. Al cierre de 2020, la universidad mostraba una estructura más diversa e internacionalizada, aunque con el desafío de convertir el crecimiento documental en grupos estables, financiamiento sostenido, formación doctoral y resultados tecnológicos transferibles.

8.12 Referencias

- [1] L. Aliaga et al., *Physical Review D*, vol. 94, no. 9, Art. no. 092005, 2016.
doi: 10.1103/PhysRevD.94.092005.
- [2] P. A. Rodrigues et al., *Physical Review Letters*, vol. 116, no. 7, Art. no. 071802, 2016.
doi: 10.1103/PhysRevLett.116.071802.
- [3] X.-G. Lu et al., *Physical Review Letters*, vol. 121, no. 2, Art. no. 022504, 2018.
doi: 10.1103/PhysRevLett.121.022504.
- [4] B. Abi et al., *Journal of Instrumentation*, vol. 15, no. 12, Art. no. P12004, 2020.
doi: 10.1088/1748-0221/15/12/P12004.
- [5] J. L. Mantari et al., *Composites Part B: Engineering*, vol. 89, pp. 127–142, 2016.
doi: 10.1016/j.compositesb.2015.11.025.
- [6] J. L. Mantari et al., *Composite Structures*, vol. 152, pp. 306–315, 2016.
doi: 10.1016/j.compstruct.2016.05.037.
- [7] S. Koshimura et al., *Geosciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 5, Art. no. 177, 2020.
doi: 10.3390/geosciences10050177.

- [8] R. J. Uzuriaga-Sánchez et al., *Food Chemistry*, vol. 190, pp. 460–467, 2016.
doi: 10.1016/j.foodchem.2015.05.129.
- [9] L. E. Román et al., *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 16, no. 9, pp. 9889–9895, 2016.
doi: 10.1166/jnn.2016.12399.
- [10] K. Jhuria et al., *Nature Electronics*, vol. 3, no. 11, pp. 680–686, 2020.
doi: 10.1038/s41928-020-00488-3.
- [11] C. M. C. de Meyer et al., *Science of the Total Environment*, vol. 607–608, pp. 1437–1450, 2017.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.07.059.
- [12] G. A. Cerrón-Calle et al., *Chemosphere*, vol. 219, pp. 296–304, 2019.
doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.12.003.
- [13] G. J. F. Cruz et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 8, no. 3, Art. no. 103800, 2020.
doi: 10.1016/j.jece.2020.103800.
- [14] W. Reátegui-Romero et al., *Desalination and Water Treatment*, vol. 202, pp. 206–218, 2020.
doi: 10.5004/dwt.2020.26175.
- [15] M. Montoya et al., *Journal of Physics Communications*, vol. 2, no. 8, Art. no. 085016, 2018.
doi: 10.1088/2399-6528/aac07b.
- [16] M. Montoya et al., *Results in Physics*, vol. 14, Art. no. 102356, 2019.
doi: 10.1016/j.rinp.2019.102356.
- [17] M. Montoya et al., *Results in Physics*, vol. 17, Art. no. 103053, 2020.
doi: 10.1016/j.rinp.2020.103053.
- [18] G. García et al., *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10614 LNCS, pp. 635–642, 2017.
doi: 10.1007/978-3-319-68612-7_72.
- [19] G. Morales et al., *Forests*, vol. 9, no. 12, Art. no. 736, 2018.
doi: 10.3390/f9120736.
- [20] J. Lovon-Melgarejo et al., *IEEE Access*, vol. 7, Art. no. 8642816, 2019.
doi: 10.1109/ACCESS.2019.2899736.
- [21] M. Castillo-Cara et al., *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 7, Art. no. 8931206, 2019.
doi: 10.1109/TLA.2019.8931206.
- [22] M. Chancan et al., *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 5, no. 2, Art. no. 8962234, 2020.
doi: 10.1109/LRA.2020.2967324.

- [23] R. Pegado et al., *Electric Power Systems Research*, vol. 169, pp. 206–213, 2019.
doi: 10.1016/j.epsr.2018.12.030.
- [24] E. D. Sánchez Villafana et al., *Applied Thermal Engineering*, vol. 152, pp. 1–12, 2019.
doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.02.052.
- [25] A. Kuriqi et al., *Acta Geophysica*, vol. 68, no. 5, pp. 1461–1475, 2020.
doi: 10.1007/s11600-020-00475-4.
- [26] J. Segovia-Juarez et al., *Respiratory Physiology and Neurobiology*, vol. 281, Art. no. 103494, 2020.
doi: 10.1016/j.resp.2020.103494.

Capítulo 9. Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI, 2021–2025

Durante el periodo 2021–2025, la producción científica atribuida por Scopus a la UNI alcanza el mayor volumen registrado en toda la serie examinada en este libro. Para estos cinco años se han identificado 1 406 documentos con año de publicación verificable.

La producción anual comprende 291 documentos en 2021, 246 en 2022, 266 en 2023, 283 en 2024 y 320 en 2025. Después del nivel alcanzado en 2021, se observa una disminución en 2022 y, posteriormente, una recuperación gradual que culmina en 2025 con la cifra más alta del quinquenio.

El conjunto está formado por 728 artículos, 556 trabajos de congreso, 63 capítulos de libro, 44 revisiones y otros tipos documentales. Esta composición muestra que la expansión de la producción científica de la UNI continúa apoyándose tanto en revistas especializadas como en congresos y otras formas de comunicación académica.

Entre las tendencias más visibles del periodo destacan las investigaciones relacionadas con ambiente y agua, energía, materiales y sensores, ingeniería civil y gestión del riesgo, inteligencia artificial, arquitectura y urbanismo, minería, física y aplicaciones de las radiaciones. La amplitud de estos campos refleja una Universidad cuya producción científica se ha diversificado considerablemente respecto de las primeras décadas analizadas.

La inteligencia artificial y las tecnologías digitales adquieren durante estos años una presencia especialmente importante y se incorporan a problemas de ingeniería, energía, transporte, seguridad, salud y análisis de datos. Paralelamente, continúan líneas de larga trayectoria en materiales, física, ingeniería sísmica, energía, minería y recursos hídricos.

La arquitectura y el urbanismo alcanzan asimismo una mayor visibilidad en la producción indexada, con trabajos relacionados con patrimonio, territorio, vivienda, sostenibilidad y transformación urbana. Esta presencia confirma la conveniencia de considerar conjuntamente en este libro la producción en ciencias, ingeniería y arquitectura de la UNI.

El análisis de autores, títulos, fuentes, filiaciones y temas permite reconocer núcleos de actividad científica y redes de colaboración. Estos núcleos son identificados bibliométricamente y no deben interpretarse necesariamente como grupos formalmente constituidos por la Universidad.

En conjunto, el periodo 2021–2025 representa una etapa de alta productividad y amplia diversificación. Sin embargo, las variaciones anuales muestran que el crecimiento no es automático ni necesariamente continuo. El desafío para la UNI consiste en transformar este volumen de publicaciones en una capacidad científica sostenida, con líneas de investigación estables, mayor participación de estudiantes, formación de nuevos investigadores, incremento del número de docentes en RENACYT y una producción científica cada vez más vinculada con los problemas y las oportunidades de desarrollo del país.

9.1 Alcance documental y evolución general

El archivo analizado contiene 1 406 documentos cuyo año pudo verificarse entre 2021 y 2025. Otros 51 registros presentaron desplazamientos de columnas derivados de campos extraordinariamente extensos de autores y filiaciones; por prudencia, no se incorporaron al recuento anual ni a la distribución por tipo documental. Los resultados describen la exportación suministrada y no deben interpretarse como un inventario definitivo de toda la actividad académica de la UNI.

La producción total alcanzó 291 documentos en 2021, descendió a 246 en 2022 y luego se recuperó progresivamente: 266 en 2023, 283 en 2024 y 320 en 2025. La caída de 2022 marca una interrupción del crecimiento acelerado observado durante 2016–2021. La recuperación posterior permitió superar el máximo anterior recién en 2025, pero con un ritmo más moderado. En consecuencia, el quinquenio combina una fase inicial de contracción con otra de reactivación gradual.

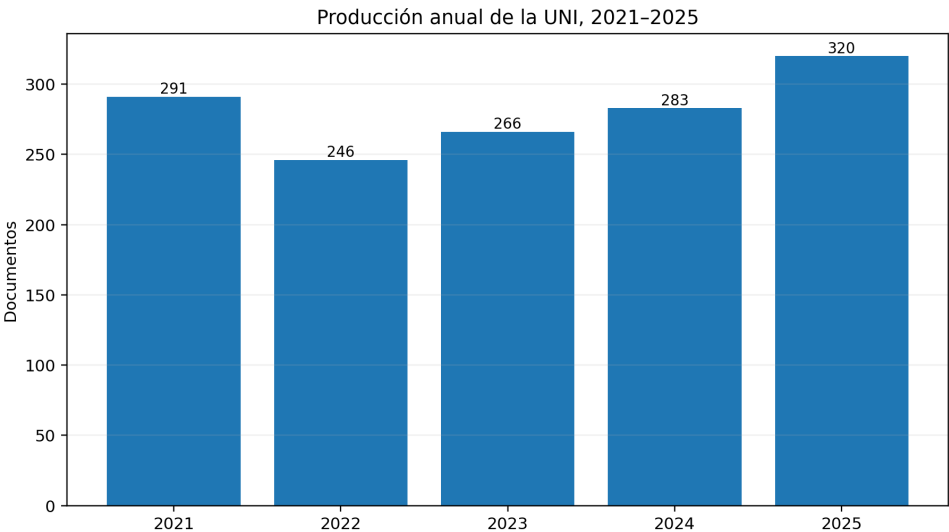


Figura 10: Producción anual de la UNI registrada en Scopus, 2021–2025. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

9.2 Tipos documentales y formas de difusión

Los artículos constituyen el tipo documental más numeroso, con 728 registros (51,8 %). Los trabajos de congreso suman 556 (39,5 %), mientras que los capítulos de libro alcanzan 63 (4,5 %) y las revisiones 44 (3,1 %). También aparecen editoriales, notas, fe de erratas y una carta. En seis registros válidos no fue posible recuperar con seguridad el tipo documental por el desplazamiento ocasionado por listas de autores excepcionalmente largas.

La alta proporción de trabajos de congreso muestra la importancia de LACCEI, INTER-CON, el Congreso Mundial de Ingeniería Sísmica, el Congreso Internacional de Astronáutica y otras reuniones como canales de comunicación de resultados. Al mismo tiempo, el crecimiento de revistas como *Energies*, *Journal of Disaster Research*, *Devenir*, *Polymers* y *Mechanics of Advanced Materials and Structures* revela núcleos que lograron continuidad editorial en campos especializados.

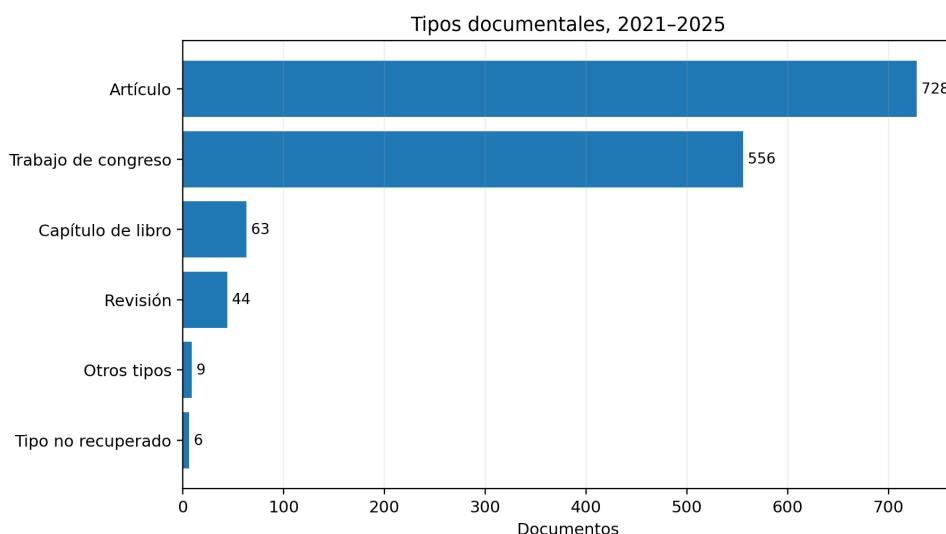


Figura 11: Distribución de los tipos documentales, 2021–2025. Fuente: elaboración propia a partir de los datos analizados en este libro.

9.3 Materiales, nanotecnología, sensores y catálisis

La investigación en materiales funcionales mantuvo una presencia amplia y transversal. Se desarrollaron nanopartículas, polímeros molecularmente impresos, electrodos modificados, materiales magnéticos, adsorbentes y nanocompuestos destinados a detección, remoción de contaminantes y almacenamiento de energía. Los sensores electroquímicos para tetraciclina y nitritos, los polímeros selectivos para colorantes y la síntesis verde de nanopartículas representan aplicaciones en alimentos, agua y salud [1], [2], [3], [4]. Entre los autores presentes en estas

publicaciones se encuentran A. M. Baena-Moncada, S. Khan, A. A. Cárdenas-Riojas y A. La Rosa-Toro.

La línea combina ciencia básica y solución tecnológica. La evaluación de biochars e hydrochars para adsorción y almacenamiento energético, así como la incorporación de nanopartículas de dióxido de manganeso al concreto, ilustran la conexión entre materiales, ambiente y construcción [5], [6]. A ello se suman trabajos sobre producción fotocatalítica de hidrógeno y revisiones de materiales para supercapacitores basados en óxidos, hidróxidos y carbones derivados de biomasa [7]–[9]. Esta convergencia constituye uno de los rasgos distintivos de la producción reciente de la UNI.

9.4 Agua, ambiente y sostenibilidad

El ambiente fue uno de los ejes más extensos del quinquenio. Los estudios abordaron aguas residuales, contaminantes emergentes, pesticidas, productos farmacéuticos, metales, efectos de actividades mineras y calidad de ríos. La evaluación de fármacos en plantas de tratamiento y ríos peruanos alcanzó una elevada repercusión internacional [10]. Otros trabajos emplearon lógica difusa, adsorción, catálisis, electroquímica y monitoreo multirresiduo para diagnosticar riesgos y proponer soluciones [11], [12]. La magnitud de esta producción evidencia la transformación de la ingeniería ambiental en un campo articulador entre química, minería, salud pública y gestión territorial.

9.5 Ingeniería civil, estructuras y gestión del riesgo

La ingeniería civil mantuvo una línea consolidada en peligro sísmico, estructuras, tsunamis, vulnerabilidad urbana y reconocimiento posterior a desastres. La evidencia paleosísmica de la falla Purgatorio y la reconstrucción de la fuente del terremoto y tsunami de Lima de 1974 contribuyeron a la evaluación del peligro en el territorio peruano [13], [14]. La planificación de rutas para múltiples vehículos aéreos no tripulados y la construcción de mapas de daños mediante medios noticiosos muestran la incorporación de inteligencia artificial y teledetección a la gestión del riesgo [15], [16]. L. Moya y M. Estrada figuran entre los autores de los trabajos citados, desarrollados en redes nacionales e internacionales.

En estructuras avanzadas, J. L. Mantari y colaboradores continuaron publicando modelos para placas, vigas, materiales compuestos y estructuras funcionalmente graduadas. Los trabajos de congreso en ingeniería sísmica y construcción también tuvieron gran peso, lo que explica que el crecimiento del periodo no dependa exclusivamente de artículos de revista.

9.6 Energía, sistemas eléctricos y transición tecnológica

La energía comprende sistemas eléctricos de potencia, generación fotovoltaica, microredes, control, eficiencia, hidrógeno y aprovechamiento solar. La asignación y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos para reducir pérdidas representa la aplicación de algoritmos de optimización a redes eléctricas [17]. La propuesta de chimeneas solares cercanas a entornos urbanos

combina generación eléctrica, producción de agua, hidrógeno y vigilancia de la calidad del aire [18]. Energies, con 25 documentos, figura entre las fuentes más frecuentes del quinquenio, señal de una comunidad activa en transición energética y sostenibilidad.

9.7 Inteligencia artificial, computación y telecomunicaciones

La inteligencia artificial dejó de ser una línea aislada y se convirtió en una herramienta transversal. Se aplicaron aprendizaje profundo, visión computacional, procesamiento de señales y modelos predictivos a localización en interiores, evaluación de daños, agricultura, salud, industria y seguridad. El método de localización Bluetooth basado en técnicas de desenfoque ilustra el avance hacia sistemas más robustos y precisos [19]. En telecomunicaciones satelitales se aplicó inteligencia artificial al beamforming de antenas para sistemas MIMO multiusuario [20]. La elevada participación en INTERCON, LACCEI y revistas de computación confirma la expansión de estos temas y su integración con electrónica, energía, ingeniería civil y gestión.

9.8 Arquitectura, urbanismo, patrimonio y territorio

La arquitectura y el urbanismo adquirieron una visibilidad sin precedentes. Devenir reunió 24 documentos sobre patrimonio moderno, vivienda, espacio público, memoria urbana y transformación territorial. El estudio de G. A. Silva Tezén dedicado al Cine Túpac Amaru muestra el interés por las emociones, los usos sociales y la permanencia simbólica de la arquitectura [21]. El crecimiento de estos trabajos indica la consolidación de una comunidad académica propia dentro de la producción indexada de la UNI.

9.9 Minería, metalurgia, petróleo y procesos productivos

Las áreas vinculadas con recursos naturales incluyeron procesamiento de minerales, metalurgia, hidrocarburos, reservorios, corrosión, residuos y evaluación ambiental. La investigación reciente muestra un desplazamiento desde el enfoque extractivo convencional hacia optimización, automatización, economía circular y reducción de impactos. El análisis mediante lógica difusa de la influencia de la minería sobre la calidad del agua representa esta articulación entre recursos, ambiente y herramientas computacionales [11]. También aparecen estudios de cadenas de suministro y capacidades organizacionales, como el análisis de flexibilidad y agilidad en la cadena peruana del café [22].

9.10 Física, grandes colaboraciones y materia condensada

La participación de investigadores de la UNI en grandes colaboraciones de neutrinos continuó siendo una fuente importante de visibilidad. Los documentos de DUNE y MINERvA contienen centenares de autores e instituciones y abordan detectores, interacciones neutrino–núcleo y observación de neutrinos de supernovas [23]. Estas publicaciones requieren una interpreta-

ción bibliométrica cuidadosa: expresan la inserción de investigadores de la UNI en consorcios internacionales, pero no equivalen a trabajos generados íntegramente en la institución.

En materia condensada y espintrónica se registraron contribuciones de alta visibilidad sobre torques de espín inducidos por corriente en capas magnéticas GdFeCo [24]. La presencia simultánea de física fundamental, instrumentación y materiales avanzados confirma la continuidad de una tradición científica que se remonta a las primeras décadas cubiertas por este libro.

9.11 Física nuclear, dosimetría y aplicaciones de las radiaciones

M. Montoya y colaboradores mantuvieron una línea sobre fisión nuclear centrada en la técnica de doble energía (2E), la reconstrucción de masas y energías cinéticas y los sesgos producidos por la emisión neutrónica. Los estudios abarcaron la fisión térmica de ^{239}Pu , la fisión espontánea de ^{252}Cf y la reacción $^{235}\text{U}(\text{nth},\text{f})$ [25], [26], [27]. Esta continuidad combina modelamiento Monte Carlo, análisis de datos experimentales y fundamentos de la fisión.

Las aplicaciones de las radiaciones se extendieron a física médica. Se investigó la radioterapia pulmonar de bajas dosis mediante fluoroscopios de arco en C, con simulaciones, validación en fantasmas y mediciones en un sujeto post mortem [28]–[30]. En 2025 se evaluó una matriz electrónica cúbica tridimensional para control de calidad radioterapéutico [31]. El conjunto conecta física nuclear, detección, dosimetría e innovación clínica.

El estudio sobre fármacos en plantas municipales de tratamiento y ríos del Perú analizó 38 compuestos mediante cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas en tandem. Se detectó una fracción importante de los compuestos objetivo tanto en efluentes como en aguas superficiales; paracetamol, gabapentina y diversos antibióticos aparecieron entre las sustancias de interés [10]. Más allá de identificar contaminantes, el trabajo permitió evaluar remoción en plantas de tratamiento y riesgo ambiental en cuerpos receptores.

La paleosismología de la falla Purgatorio combinó análisis geomorfológico, excavación de trincheras y datación de estratos para reconstruir rupturas superficiales recientes. Los resultados situaron el evento más reciente entre los siglos XVII y XVIII y propusieron asociarlo con el terremoto de 1715, tradicionalmente atribuido a la zona de subducción [13]. La conclusión tiene consecuencias para la amenaza sísmica: fallas corticales cercanas a ciudades costeras pueden generar terremotos severos que no deben confundirse con los grandes eventos de interfaz.

La localización Bluetooth basada en aprendizaje profundo transformó mapas de intensidad de señal en imágenes mediante una técnica de desenfoque que imita la difusión espacial del espectro. Redes convolucionales, reducción de dimensionalidad y un algoritmo evolutivo se combinaron para optimizar la solución y alcanzaron una exactitud cercana al 94 % [19]. El trabajo es representativo de una tendencia reciente: reformular datos de sensores como problemas visuales para aprovechar arquitecturas de inteligencia artificial.

En física de fisión, el algoritmo Monte Carlo para la técnica 2E reconstruye las masas y energías cinéticas primarias a partir de energías medidas después de la emisión de neutrones. La simulación incorpora el retroceso producido por cada neutrón y busca reproducir conjuntamente distribuciones experimentales y multiplicidades promedio [27]. El interés del método

radica en recuperar cantidades pre-neutrónicas que no llegan directamente al detector y evaluar el sesgo de los procedimientos de reconstrucción.

La matriz electrónica cúbica para control de calidad en radioterapia fue concebida como un sistema tridimensional de dosimetría electrónica. El prototipo empleó cinco matrices activas dentro de un fantoma de PMMA, con 2 645 píxeles, y fue probado frente a linealidad, tasa de dosis, perfiles y curvas de porcentaje de dosis en profundidad para un haz de 6 MV [31]. La posibilidad de obtener información tridimensional sin un barrido mecánico apunta a una herramienta de verificación más rápida para tratamientos radioterapéuticos.

En materiales para energía, la producción reciente incluye electrodos y compuestos destinados a supercapacitores y producción fotocatalítica de hidrógeno [7]–[9]. Estas revisiones y estudios conectan óxidos de metales de transición, hidróxidos y carbones derivados de biomasa con almacenamiento electroquímico. El interés tecnológico es doble: elevar densidad de energía y potencia, y aprovechar precursores abundantes o residuos agrícolas dentro de estrategias de economía circular.

9.12 Autores, fuentes y redes de colaboración

Al considerar los segmentos de filiación que mencionan explícitamente a la UNI, aparecen con alta recurrencia A. M. Baena-Moncada, M. Díaz, G. Picasso, W. Ramos, V. Pretell, C. Zavala, J. L. Mantari, S. Khan, M. C. Pinto-Cruz, J. Sinchitullo, C. Castromonte, A. A. Cárdenas-Riojas, M. Estrada, J. Nahui-Ortiz y R. E. Rubio-Noriega. Estas cifras son aproximadas porque Scopus puede separar variantes de nombres y porque en grandes colaboraciones las listas de autores y filiaciones exceden ampliamente las dimensiones habituales.

Las fuentes más frecuentes fueron Proceedings of the LACCEI International Multi Conference for Engineering, Education and Technology, Journal of Physics: Conference Series, World Conference on Earthquake Engineering Proceedings, Proceedings of the International Astronautical Congress, Energies, Journal of Disaster Research y Devenir. La combinación de revistas y actas confirma que la producción de la UNI se difunde mediante diversos canales y que cualquier análisis institucional debe distinguir artículos, congresos, capítulos y revisiones.

9.13 Balance del quinquenio

El quinquenio 2021–2025 muestra una UNI más diversificada y conectada internacionalmente. La producción total descendió en 2022 después del alto nivel de 2021, pero se recuperó en los tres años siguientes y alcanzó 320 documentos en 2025. A diferencia de una lectura basada únicamente en artículos, el análisis de todos los documentos revela el peso decisivo de los trabajos de congreso y permite comprender mejor las variaciones anuales.

Las principales fortalezas se encuentran en ambiente y agua, materiales y sensores, energía, ingeniería civil y desastres, sistemas digitales, arquitectura, minería y física. Sin embargo, la abundancia de publicaciones no garantiza por sí sola consolidación institucional. El desafío consiste en convertir la participación en congresos y redes externas en programas estables, labo-

ratorios compartidos, formación de nuevos investigadores, prototipos, transferencia tecnológica e impacto verificable en el desarrollo nacional.

9.14 Referencias

- [1] S. Zeb et al., *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 900, Art. no. 115713, 2021.
doi: 10.1016/j.jelechem.2021.115713.
- [2] S. Malik et al., *Environmental Research*, vol. 212, Art. no. 113209, 2022.
doi: 10.1016/j.envres.2022.113209.
- [3] A. Wong et al., *Food Chemistry*, vol. 383, Art. no. 132384, 2022.
doi: 10.1016/j.foodchem.2022.132384.
- [4] R. M. De La Cruz-Puma et al., *Journal of Molecular Liquids*, vol. 403, Art. no. 124927, 2024.
doi: 10.1016/j.molliq.2024.124927.
- [5] J. Lang et al., *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, no. 5, Art. no. 105979, 2021.
doi: 10.1016/j.jece.2021.105979.
- [6] A. Torre et al., *Buildings*, vol. 14, no. 10, Art. no. 3094, 2024.
doi: 10.3390/buildings14103094.
- [7] A. B. Quispe Cohaila et al., *Energies*, vol. 17, no. 23, Art. no. 5830, 2024.
doi: 10.3390/en17235830.
- [8] A. M. Baena-Moncada et al., *Open Chemistry*, vol. 19, no. 1, pp. 709–725, 2021.
doi: 10.1515/chem-2021-0059.
- [9] J. G. Ruiz-Montoya et al., *Sustainable Energy and Fuels*, vol. 5, no. 21, pp. 5332–5365, 2021.
doi: 10.1039/d1se01170g.
- [10] J. I. Nieto-Juárez et al., *Environment International*, vol. 155, Art. no. 106674, 2021.
doi: 10.1016/j.envint.2021.106674.
- [11] A. Delgado et al., *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 1, pp. 348–357, 2021.
doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120141.
- [12] C. L. Madeira et al., *Chemosphere*, vol. 341, Art. no. 139954, 2023.
doi: 10.1016/j.chemosphere.2023.139954.
- [13] C. Benavente et al., *Tectonophysics*, vol. 834, Art. no. 229355, 2022.
doi: 10.1016/j.tecto.2022.229355.
- [14] C. Jimenez et al., *Journal of Disaster Research*, vol. 18, no. 8, pp. 825–834, 2023.
doi: 10.20965/jdr.2023.p0825.
- [15] R. Nagasawa et al., *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, Art. no. 18588, 2021.
doi: 10.1038/s41598-021-97804-4.

- [16] G. Okada et al., *Remote Sensing*, vol. 13, no. 7, Art. no. 1401, 2021.
doi: 10.3390/rs13071401.
- [17] A. Moreira et al., *IEEE Latin America Transactions*, vol. 20, no. 6, pp. 977–985, 2022.
doi: 10.1109/TLA.2022.9757741.
- [18] J. L. M. Tarrillo et al., *Energies*, vol. 17, no. 20, Art. no. 5039, 2024.
doi: 10.3390/en17205039.
- [19] R. Talla-Chumpitaz et al., *Information Fusion*, vol. 91, pp. 173–186, 2023.
doi: 10.1016/j.inffus.2022.10.011.
- [20] A. Staffieri et al., *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC*, vol. 2-F218715, pp. 579–588, 2025.
doi: 10.52202/083082-0069.
- [21] G. A. Silva Tezén et al., *Devenir (Peru)*, vol. 9, no. 18, pp. 27–48, 2022.
doi: 10.21754/devenir.v9i18.1339.
- [22] E. Ramos et al., *Supply Chain Management*, vol. 28, no. 1, pp. 55–73, 2023.
doi: 10.1108/SCM-12-2020-0620.
- [23] B. Abi et al., *European Physical Journal C*, vol. 81, no. 5, Art. no. 423, 2021.
doi: 10.1140/epjc/s10052-021-09166-w.
- [24] D. Céspedes-Berrocal et al., *Advanced Materials*, vol. 33, no. 12, Art. no. 2007047, 2021.
doi: 10.1002/adma.202007047.
- [25] M. Montoya et al., *Revista Mexicana de Física*, vol. 68, no. 1, Art. no. 011201, 2022.
doi: 10.31349/REVMEXFIS.68.011201.
- [26] M. Montoya et al., *Revista Mexicana de Física*, vol. 70, no. 3, Art. no. 031201, 2024.
doi: 10.31349/RevMexFis.70.031201.
- [27] M. Montoya et al., *Revista Mexicana de Física*, vol. 71, no. 3, pp. 1–4, 2025.
doi: 10.31349/RevMexFis.71.031203.
- [28] D. Roa et al., *Medical Dosimetry*, vol. 46, no. 1, pp. 74–79, 2021.
doi: 10.1016/j.meddos.2020.08.002.
- [29] D. Roa et al., *Physica Medica*, vol. 94, pp. 24–34, 2022.
doi: 10.1016/j.ejmp.2021.12.014.
- [30] S. Leon et al., *Biomedical Physics and Engineering Express*, vol. 8, no. 6, Art. no. 065004, 2022.
doi: 10.1088/2057-1976/ac8939.
- [31] D. E. Roa et al., *Medical Physics*, vol. 52, no. 11, Art. no. e70134, 2025.
doi: 10.1002/mp.70134.

Capítulo 10. Potencialidades y perspectivas de la producción científica de la UNI

El recorrido realizado a lo largo de los capítulos anteriores permite observar una transformación profunda de la producción científica de la UNI. Entre 1966 y 2025, los registros atribuidos por Scopus a la UNI muestran el tránsito desde una actividad inicial, discontinua y concentrada en pocos investigadores hacia una producción mucho más amplia, diversa e internacionalizada.

En total, el periodo analizado reúne 2 564 documentos. El crecimiento se hace especialmente visible desde 2014 y se acelera entre 2016 y 2021, impulsado por artículos, trabajos de congreso y grandes colaboraciones internacionales. Después de 2021, la producción total experimenta una disminución y luego una recuperación gradual, mientras los artículos mantienen una trayectoria más sostenida.

Sin embargo, el principal desafío para la UNI no consiste únicamente en aumentar el número de publicaciones. El objetivo debe ser convertir esa expansión bibliográfica en capacidades científicas y tecnológicas estables: grupos de investigación con continuidad, formación de nuevos investigadores, líneas de trabajo de largo plazo, mayor participación de estudiantes, cooperación internacional, infraestructura compartida y vínculos más estrechos entre investigación, innovación y necesidades del país.

La historia examinada en este libro muestra que la Universidad dispone de capacidades acumuladas en numerosos campos. Algunas líneas poseen una larga trayectoria, como física, materiales, geología, energía, ingeniería sísmica, matemática y minería. Otras han adquirido mayor presencia en etapas recientes, entre ellas inteligencia artificial, nanotecnología, sistemas digitales, sostenibilidad, arquitectura indexada, ambiente, agua y aplicaciones de las radiaciones.

Estas capacidades constituyen una base sobre la cual puede construirse una etapa de mayor productividad científica. La calidad académica de los docentes y estudiantes de la UNI permite pensar que la producción publicada puede crecer significativamente si se crean condiciones que faciliten la investigación y, al mismo tiempo, se reduce el temor o la inseguridad que todavía pueden existir frente al proceso de investigar y publicar.

No toda investigación requiere comenzar con grandes laboratorios o equipos costosos. En muchos campos, el punto de partida puede ser la identificación de un problema relevante, una pregunta bien formulada y la decisión de buscar una solución rigurosa utilizando los medios

disponibles. El análisis de datos, la simulación, el modelamiento, el desarrollo de programas, los experimentos de bajo costo, el uso compartido de equipos y la colaboración con otros grupos pueden abrir oportunidades de investigación de alto valor científico. Desde esta perspectiva, una de las grandes potencialidades de la UNI consiste en incorporar a más docentes y estudiantes a una actividad científica continua. Cada tesis, proyecto de curso, problema tecnológico, necesidad industrial o desafío nacional puede convertirse en una oportunidad para generar conocimiento y, cuando los resultados lo justifiquen, en una publicación científica. El número todavía reducido de investigadores de la UNI incorporados al RENACYT muestra también un amplio margen de crecimiento. Incrementar esa participación debe ser consecuencia de una comunidad universitaria que investiga, publica, forma jóvenes investigadores y mantiene líneas de trabajo sostenidas en el tiempo.

Este capítulo examina, por ello, las principales potencialidades de la UNI para consolidar su producción científica, identifica algunas de las limitaciones que todavía dificultan ese desarrollo y plantea perspectivas orientadas a transformar la visibilidad bibliográfica alcanzada en capacidades científicas, tecnológicas e institucionales de largo plazo.

10.1 Punto de partida: una capacidad científica acumulada

Los ocho periodos estudiados reúnen 2 564 documentos con año verificable. El volumen es todavía reducido en las primeras décadas, pero la serie revela una acumulación progresiva de capacidades. Entre 1966 y 1990 predominan contribuciones individuales y pequeños equipos en física, matemática, química, geología, mecánica experimental, ingeniería sísmica y prevención de desastres. Durante 1991–2010 se consolidan materiales funcionales, películas delgadas, sensores, electroquímica, optimización, física nuclear, energía y sistemas eléctricos. Desde 2011, la estructura temática se amplía de manera decisiva hacia física de neutrinos, estructuras avanzadas, nanotecnología ambiental, inteligencia artificial, arquitectura, gestión del riesgo, recursos hídricos, minería, biomedicina y aplicaciones de las radiaciones.

Esta trayectoria muestra que la principal potencialidad de la UNI no reside en una sola disciplina, sino en la coexistencia de ciencias básicas, ingenierías y arquitectura. Esa combinación facilita abordar problemas complejos que exigen teoría, experimentación, diseño, modelamiento, construcción, evaluación territorial y consideración social.

10.2 Crecimiento, desaceleración y cambio en los canales de difusión

La producción total creció con especial rapidez desde 2014 y alcanzó 291 documentos en 2021. En 2022 descendió a 246 y luego se recuperó hasta 320 en 2025. Este comportamiento no representa un estancamiento homogéneo. Los artículos científicos continuaron aumentando, mientras disminuyó temporalmente el peso de trabajos de congreso y otros documentos. La serie sugiere una transición parcial desde la comunicación en reuniones científicas hacia una mayor publicación en revistas.

La desaceleración posterior al máximo de 2021 constituye una señal de alerta. El crecimiento bibliográfico no puede sostenerse indefinidamente solo mediante la ampliación de coautorías o

la participación en congresos. Requiere renovación de investigadores, infraestructura operativa, continuidad presupuestal, gestión de proyectos y capacidad editorial. La perspectiva más favorable no es recuperar mecánicamente una tasa de crecimiento excepcional, sino mejorar la calidad, continuidad e impacto de la producción.

10.3 Potencialidades científicas y tecnológicas

La evidencia de los capítulos permite reconocer ocho plataformas de alto potencial. La primera corresponde a materiales avanzados, nanotecnología, sensores, electroquímica y catálisis, con una tradición que se remonta a las películas delgadas y que hoy se vincula con ambiente, alimentos, salud y almacenamiento de energía. La segunda comprende ingeniería sísmica, estructuras, tsunamis, teledetección y gestión del riesgo, área en la que la UNI posee continuidad histórica y un problema nacional permanente como campo de aplicación.

La tercera plataforma integra agua, ambiente, minería sostenible y economía circular. La cuarta reúne energía, sistemas eléctricos, optimización, generación renovable y transición energética. La quinta articula inteligencia artificial, visión computacional, telecomunicaciones, sensores distribuidos y ciudades inteligentes. La sexta corresponde a física, tecnología nuclear, dosimetría y aplicaciones médicas. La séptima comprende arquitectura, urbanismo, patrimonio y territorio. La octava se relaciona con tecnología espacial, satélites pequeños, observación de la Tierra y comunicaciones.

Estas plataformas no deben entenderse como compartimentos separados. Su mayor potencial surge de la convergencia: inteligencia artificial aplicada a desastres y energía; materiales aplicados a agua y salud; tecnología espacial para minería, agricultura y gestión territorial; física de radiaciones para medicina; y arquitectura integrada con sostenibilidad, movilidad y resiliencia.

Tabla. Plataformas prioritarias y capacidades observadas

10.4 De núcleos bibliométricos a grupos institucionales

La recurrencia de autores, temas y revistas permite reconocer núcleos productivos, pero no garantiza que todos funcionen como grupos institucionales estables. En varios casos, la producción depende de uno o dos investigadores, de estancias en el extranjero o de proyectos internacionales específicos. Cuando estas personas se retiran o cambia el financiamiento, la línea puede debilitarse rápidamente.

La principal perspectiva institucional consiste en transformar los núcleos bibliométricos en programas reconocidos, con liderazgo, integrantes, estudiantes, infraestructura, presupuesto, metas y mecanismos de sucesión. Cada grupo debería articular pregrado, posgrado y proyectos; mantener una agenda de cinco a diez años; y registrar no solo publicaciones, sino también datos, software, prototipos, patentes, normas, servicios tecnológicos y formación de nuevos investigadores.

10.5 Formación y renovación del talento

La expansión futura dependerá de la capacidad de formar y retener investigadores. La producción analizada evidencia que las redes internacionales han sido decisivas para el acceso a laboratorios, formación doctoral y circulación de conocimientos. La UNI puede convertir esta experiencia en una política sistemática de doctorados en cooperación, estancias posdoctorales, profesores visitantes, cotutelas y retorno de egresados formados en el exterior.

La incorporación de estudiantes a proyectos desde los primeros ciclos, mediante semilleros y ayudantías de investigación, permitiría ampliar la base científica. En el posgrado, las tesis deberían vincularse con líneas institucionales y proyectos financiados. La evaluación docente debe reconocer de manera equilibrada la calidad de la enseñanza, la investigación, la formación de estudiantes y la transferencia de resultados.

10.6 Infraestructura, datos y servicios compartidos

La diversificación temática exige equipamiento costoso y personal técnico especializado. La duplicación de pequeños laboratorios aislados resulta menos eficiente que la creación de plataformas compartidas de caracterización de materiales, microscopía, análisis químico, simulación de alto rendimiento, fabricación digital, instrumentación, ensayos estructurales, procesamiento geoespacial y dosimetría.

Además del equipamiento, la UNI necesita una infraestructura digital de investigación: repositorios de datos y código, identificadores persistentes, perfiles normalizados, seguimiento de proyectos y tableros abiertos de producción. Esta base permitiría corregir variantes de filiación, distinguir la contribución real de los autores UNI y evaluar la continuidad de los grupos con mayor precisión que una simple suma de documentos.

10.7 Publicar, transferir y resolver problemas

La publicación es una condición de visibilidad y evaluación, pero no constituye por sí sola la culminación de la investigación aplicada. En ingeniería y arquitectura, muchos resultados relevantes se expresan también como prototipos, diseños, códigos, modelos, normas, metodologías, sistemas de alerta, servicios de laboratorio y propuestas urbanas. El desafío consiste en mantener el rigor académico y, al mismo tiempo, aumentar la capacidad de transferencia.

La UNI puede organizar programas de innovación orientados por misión en problemas nacionales: seguridad sísmica, agua y saneamiento, descarbonización, minería responsable, movilidad urbana, salud tecnológica, infraestructura digital y adaptación climática. Cada programa debería integrar investigación básica y aplicada, demostradores, entidades públicas, empresas, comunidades y mecanismos de adopción.

10.8 Internacionalización con liderazgo propio

Las colaboraciones internacionales explican una parte importante de la visibilidad de la UNI, especialmente en física de neutrinos, materiales, estructuras y estudios de desastres. Esta integración es una fortaleza, pero debe evolucionar desde la participación individual hacia acuerdos institucionales duraderos.

La perspectiva deseable es que los investigadores de la UNI no solo se incorporen a consorcios externos, sino que lideren preguntas vinculadas con el Perú, coordinen paquetes de trabajo, compartan infraestructura, atraigan estudiantes extranjeros y administren datos o instalaciones de alcance regional. La cooperación internacional debe fortalecer capacidades locales y no sustituirlas.

10.9 Indicadores para una nueva etapa

El número de documentos seguirá siendo útil, pero debe complementarse con indicadores de calidad y capacidad: artículos en revistas relevantes para cada disciplina, citas normalizadas, liderazgo de autoría, continuidad de líneas, participación estudiantil, proyectos competitivos, datos y software abiertos, prototipos validados, patentes licenciadas, normas técnicas, empresas derivadas, servicios prestados e impacto en políticas públicas.

También conviene distinguir artículos, trabajos de congreso, revisiones, capítulos de libro y productos técnicos. La serie histórica muestra que los cambios en el peso de cada tipo documental pueden alterar considerablemente la interpretación del crecimiento. Una evaluación madura debe evitar tanto la sobrevaloración del volumen como la descalificación de canales legítimos de comunicación propios de la ingeniería y la arquitectura.

10.10 Continuidad de las políticas de investigación entre rectorados

El análisis de seis décadas de publicaciones permite plantear una cuestión que trasciende el número de documentos producidos: la continuidad de las políticas institucionales de investigación. La UNI ha tenido sucesivas gestiones rectorales que impulsaron proyectos, centros y áreas consideradas prioritarias en su momento. Varias de estas iniciativas fueron valiosas y algunas alcanzaron resultados importantes; sin embargo, no siempre se observa que hayan formado parte de una política científica acumulativa que las administraciones siguientes estuvieran obligadas a evaluar, continuar, modificar o concluir sobre la base de resultados.

Conviene distinguir, por ello, entre los proyectos desarrollados durante un rectorado y una política institucional de largo plazo. No todo proyecto ejecutado durante una gestión puede atribuirse personalmente al rector, pues intervienen facultades, investigadores, cooperación internacional y organismos externos. Sin embargo, las autoridades universitarias desempeñan un papel decisivo al otorgar respaldo institucional, asignar recursos y establecer prioridades.

José Ignacio López Soria, 1984–1989: apertura y reconstrucción institucional

José Ignacio López Soria ejerció el rectorado entre 1984 y 1989, en una etapa que la historiografía institucional de la UNI ha caracterizado como un “cambio de rumbo” [1]. Durante ese periodo se produjo un acontecimiento de gran importancia para la investigación aplicada: la creación e inauguración del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Su creación fue aprobada en 1986 y el centro fue inaugurado oficialmente el 1 de junio de 1987 [2].

El CISMID no puede considerarse obra exclusiva de un rectorado: fue resultado de años de cooperación entre la UNI, investigadores de la Facultad de Ingeniería Civil y la cooperación japonesa. Precisamente por ello constituye un ejemplo valioso de institucionalización. El centro logró sobrevivir a numerosos cambios de autoridades, formar especialistas, mantener infraestructura y desarrollar investigación durante varias décadas.

Javier Sota Nadal, 1989–1999: matemática e historia institucional

Durante el rectorado de Javier Sota Nadal se desarrollaron iniciativas que posteriormente conservaron presencia institucional. Una de ellas fue el Instituto de Matemática y Ciencias Afines (IMCA), fundado en 1997 gracias al esfuerzo de Sota Nadal, César Camacho y otros colaboradores [3]. El IMCA contribuyó a fortalecer la investigación y la formación avanzada en matemática, apoyándose además en redes de cooperación internacional.

En esos años se fortaleció también el Proyecto Historia UNI. La edición de la *Historia de la UNI* publicada al término de aquella gestión reconoce expresamente el apoyo del rectorado de Sota Nadal para constituir un pequeño equipo de investigación dedicado a la historia de la ingeniería, la arquitectura, la ciencia y la tecnología [4].

Este caso resulta particularmente significativo porque muestra que algunos proyectos pueden adquirir continuidad cuando forman equipos y construyen una identidad institucional que trasciende a la autoridad que inicialmente los apoyó.

Luis Gonzales Cacho, 1999–2002, y Roberto Morales Morales, 2002–2008

Luis Gonzales Cacho ejerció el rectorado entre 1999 y 2002 [5]. En esta etapa, y posteriormente durante el rectorado de Roberto Morales Morales, continuaron funcionando capacidades institucionales creadas en periodos anteriores, entre ellas el IMCA, el CISMID y las actividades de Historia UNI.

Roberto Morales había participado previamente, desde la Facultad de Ingeniería Civil, en el proceso que condujo a la creación del CISMID. La documentación institucional de 2006 lo registra como rector de la UNI [6]. La trayectoria del CISMID durante estas gestiones muestra un caso en el que una iniciativa logró convertirse en capacidad permanente de la Universidad.

Estos ejemplos matizan la idea de una ruptura absoluta entre rectorados. La UNI ha tenido casos exitosos de continuidad; el problema es que no siempre esa continuidad parece responder a un procedimiento institucional general de evaluación y transferencia de políticas entre una gestión y la siguiente.

Aurelio Padilla Ríos, 2008–2014: la apuesta aeroespacial y el Chasqui I

Una de las iniciativas tecnológicas más visibles del rectorado de Aurelio Padilla Ríos fue el desarrollo del nanosatélite Chasqui I. La propia UNI ha reconocido posteriormente que durante su gestión se realizó la experiencia del Chasqui I y la ha presentado como un antecedente importante de la investigación aeroespacial de la Universidad [7].

El proyecto permitió desarrollar capacidades en diseño, electrónica, telecomunicaciones, control, software y tecnología espacial. El nanosatélite fue puesto en órbita en agosto de 2014 desde la Estación Espacial Internacional [8].

El Chasqui I constituye un ejemplo de proyecto tecnológico que logró una meta visible y de alta complejidad. Sin embargo, después de esa misión la actividad aeroespacial no mantuvo inmediatamente la misma continuidad como programa central de la Universidad. Años después la UNI volvió a impulsar proyectos como el Chasqui II y nuevas iniciativas de ingeniería aeroespacial. La experiencia plantea una pregunta relevante: ¿cómo asegurar que, después de alcanzar un primer resultado tecnológico, la siguiente etapa comience inmediatamente sobre las capacidades y conocimientos ya acumulados?

Jorge Alva Hurtado, 2015–2020: institucionalización del sistema de investigación

Durante el rectorado de Jorge Alva Hurtado se observa una orientación distinta. Además del desarrollo de infraestructura y proyectos específicos, se aprobaron instrumentos destinados a organizar de manera transversal el sistema de investigación. El compendio institucional *Investigar en la UNI* reúne las políticas de investigación, el Reglamento de Proyectos de Investigación, las directivas para las facultades, los programas de subvención a docentes investigadores, los incentivos por publicaciones indizadas, las subvenciones para conferencias y estadías, así como el Código de Ética del Investigador [9].

Esta orientación es particularmente pertinente para el análisis realizado en este libro. El periodo 2016–2020 coincide con una aceleración considerable de la producción registrada en Scopus. La coincidencia temporal no demuestra por sí sola una relación causal, pero sí muestra que durante esos años la Universidad construyó mecanismos explícitos para financiar proyectos, reconocer grupos, estimular publicaciones y facilitar actividades de investigación.

El caso sugiere que, además de los grandes proyectos emblemáticos, una universidad necesita políticas horizontales que permitan que múltiples grupos investiguen y publiquen de manera sostenida.

La transición de 2021

Al concluir el periodo rectoral de Jorge Alva se produjo una etapa de transición con rectorados interinos. Debido a su brevedad y naturaleza transitoria, no resulta apropiado atribuir a esas gestiones una política científica propia comparable con la de los periodos rectorales completos. Para el análisis de tendencias institucionales es más útil considerar esa etapa como un intervalo de transición.

La gestión 2021–2025: áreas prioritarias e hidrógeno verde

Entre 2021 y 2025 una de las apuestas tecnológicas más visibles de la UNI fue el hidrógeno verde. La Universidad promovió proyectos vinculados con nuevas tecnologías energéticas y finalmente instaló una planta piloto en el Centro de Energías Renovables. La planta fue inaugurada el 21 de marzo de 2025 y emplea un electrolizador con tecnología de membrana de intercambio de protones (PEM) [10]. La documentación institucional la presenta como una instalación orientada a la formación académica y científica, la investigación y el desarrollo de soluciones energéticas sostenibles [10], [11].

La adquisición de una planta piloto representa una inversión importante, pero la existencia de infraestructura no constituye por sí misma un resultado científico. Su impacto debe evaluarse mediante los experimentos realizados, las tesis desarrolladas, los investigadores y estudiantes formados, las publicaciones científicas, las patentes, los desarrollos tecnológicos y las colaboraciones que se generen a partir de su utilización.

En el corpus Scopus de la UNI correspondiente a 2021–2025 existen publicaciones relacionadas con hidrógeno, materiales energéticos y producción fotocatalítica. Sin embargo, hasta el cierre del periodo estudiado no se ha identificado un artículo Scopus que presente resultados científicos obtenidos mediante la operación de esta planta piloto específica. Esta observación debe interpretarse con cautela, porque la planta fue inaugurada recién en marzo de 2025. Precisamente por ello, su producción científica deberá evaluarse en los años siguientes.

Un antecedente pionero relacionado con el almacenamiento de hidrógeno

La investigación vinculada con el hidrógeno no es completamente nueva en la historia científica de la UNI. En 1983, M. Montoya, profesor de la UNI, realizó una estadía de investigación en el KFA de Jülich. Allí participó en una investigación sobre el comportamiento del hidrógeno en la aleación intermetálica LaNi_5 .

Mediante dispersión inelástica de neutrones se estudiaron los modos vibracionales localizados de los átomos de hidrógeno en el material. Los resultados fueron publicados en 1984 por R. Hempelmann, D. Richter, G. Eckold, J. J. Rush, J. M. Rowe y M. Montoya en el artículo *Localized hydrogen modes in LaNi_5H_x* [12].

El trabajo estaba planteado entonces desde la física de los hidruros metálicos y no desde el concepto contemporáneo de hidrógeno verde. Sin embargo, los hidruros intermetálicos adquirieron posteriormente importancia por su capacidad para absorber y liberar hidrógeno reversiblemente. Por ello, aquella investigación constituye un antecedente pionero vinculado con la UNI en uno de los problemas tecnológicos que hoy acompañan al desarrollo del hidrógeno como vector energético: su almacenamiento.

Este antecedente muestra la conveniencia de que, cuando la UNI establezca una nueva prioridad científica, examine también las capacidades, publicaciones, experiencias y redes internacionales desarrolladas anteriormente por sus propios investigadores. Una nueva política puede fortalecerse si construye sobre conocimientos ya acumulados en lugar de comenzar nuevamente desde cero.

De proyectos rectorales a una política científica acumulativa

La secuencia histórica muestra prioridades distintas. López Soria coincidió con la institucionalización del CISMID; Sota Nadal apoyó la consolidación del IMCA y de Historia UNI; durante las gestiones siguientes algunas de esas capacidades continuaron; Padilla dio gran visibilidad a la tecnología aeroespacial mediante el Chasqui I; Jorge Alva fortaleció normas, incentivos y mecanismos generales del sistema de investigación; y entre 2021 y 2025 adquirió especial visibilidad la apuesta por el hidrógeno verde.

No sería correcto concluir que cada rector eliminó necesariamente lo realizado por su antecesor. La evidencia muestra casos claros de continuidad. CISMID, IMCA e Historia UNI demuestran que ciertas iniciativas pueden sobrevivir a diferentes administraciones. La cuestión central es que la continuidad no parece estar garantizada por un mecanismo general mediante el cual cada nueva gestión reciba las líneas estratégicas de la anterior, evalúe sus resultados y determine cuáles deben mantenerse, fortalecerse, reorientarse o concluir.

Una universidad que aspire a incrementar sostenidamente su producción científica debería institucionalizar este proceso. Al finalizar cada rectorado debería existir, para cada programa estratégico, un balance verificable que incluya recursos invertidos, equipos adquiridos, investigadores participantes, estudiantes formados, tesis realizadas, publicaciones Scopus, patentes, desarrollos tecnológicos, redes de cooperación y resultados transferidos a la sociedad.

La administración siguiente podría entonces continuar, reformular o cerrar una línea, pero la decisión tendría fundamento científico e institucional y no dependería solamente del cambio de autoridades o de las nuevas prioridades de una gestión.

El caso del hidrógeno verde constituye una prueba especialmente clara. La gestión 2021–2025 dejó instalada una infraestructura significativa. Corresponderá observar durante los años siguientes si esa inversión genera una comunidad científica estable, publicaciones, tesis, propiedad intelectual y aplicaciones. Si ello ocurre, la planta habrá pasado de ser un proyecto impulsado durante una gestión a constituirse en una capacidad científica permanente de la UNI.

El desafío consiste, por tanto, en pasar de una sucesión de proyectos rectorales a una política científica acumulativa. Cada administración debe conservar la posibilidad de introducir nuevas iniciativas, pero también asumir la responsabilidad de evaluar y desarrollar el patrimonio científico recibido de las anteriores. Solo así la inversión realizada durante una gestión podrá convertirse en capacidad institucional sostenida durante décadas.

10.II Perspectiva 2026–2035

Para la década 2026–2035, la UNI posee condiciones para consolidarse como la principal universidad tecnológica pública del Perú si articula sus capacidades dispersas. Una agenda viable debería comenzar por identificar y financiar un conjunto limitado de plataformas prioritarias; fortalecer doctorados y laboratorios compartidos; establecer fondos internos competitivos y plurianuales; mejorar la gestión administrativa de proyectos; y crear incentivos para la cooperación entre facultades.

La continuidad entre rectorados debería incorporarse explícitamente a esa agenda. Los programas estratégicos tendrían que disponer de objetivos plurianuales, responsables, recursos,

indicadores y evaluaciones periódicas que permitan distinguir entre proyectos que deben continuar, aquellos que requieren reorientación y aquellos que han cumplido su ciclo.

El crecimiento futuro será sostenible si se apoya en instituciones y no solamente en trayectorias individuales. La meta no debe ser publicar más por sí mismo, sino producir conocimiento confiable, formar investigadores y convertir resultados en bienes públicos, tecnologías y decisiones que contribuyan al desarrollo del país.

10.12 Incentivar al investigador: de la exhortación a una política efectiva

Una de las conclusiones que puede extraerse de la evolución reciente de la producción científica peruana es que no basta con exhortar a los docentes a investigar y publicar. Para modificar de manera sostenida el comportamiento de una comunidad académica es necesario crear condiciones en las que la investigación tenga consecuencias concretas para la trayectoria profesional, las oportunidades de capacitación y la remuneración de quienes la realizan.

La Ley Universitaria N.º 30220, promulgada en 2014, introdujo la figura del docente investigador. Su artículo 86 estableció que el docente investigador se dedica a la generación de conocimiento e innovación, tiene una carga lectiva reducida y recibe una bonificación especial equivalente al 50 % de sus haberes totales. La propia ley dispuso, además, que su permanencia en esa condición debía evaluarse periódicamente en función de su producción científica [13].

La aplicación efectiva de esta bonificación en las universidades públicas comenzó en 2017. El Decreto Supremo N.º 119-2017-EF estableció los montos, criterios y condiciones para su implementación [14]. Por tanto, conviene distinguir entre la promulgación de la Ley Universitaria en 2014 y el momento, a partir de 2017, en que el incentivo económico empezó a hacerse efectivo.

Este cambio coincidió con una aceleración considerable de la producción científica universitaria peruana. La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) informó que las universidades peruanas produjeron 4 709 documentos registrados en Scopus durante 2010–2014 y 11 978 durante 2015–2019, lo que representó un crecimiento de 154 % [15]. En la UNI, la serie examinada en este libro muestra también una aceleración especialmente pronunciada en la segunda mitad de la década: 61 documentos en 2016, 78 en 2017, 147 en 2018, 167 en 2019 y 214 en 2020.

No puede atribuirse ese crecimiento a una sola causa. En esos mismos años actuaron otros factores: el licenciamiento universitario, la mayor exigencia institucional en materia de investigación, los fondos competitivos, la internacionalización, la expansión de congresos indexados y el fortalecimiento de grupos de investigación. Sin embargo, la coincidencia entre nuevas exigencias institucionales y la aparición de incentivos económicos es consistente con la conclusión de que el incentivo material desempeñó un papel importante en el cambio de comportamiento de universidades y docentes.

El licenciamiento reforzó esa señal. La investigación pasó a formar parte de las condiciones que las universidades debían demostrar para obtener y mantener su autorización de funcionamiento. En consecuencia, publicar, disponer de docentes investigadores, organizar grupos y mostrar

resultados dejó de ser solamente una aspiración académica y pasó a tener también consecuencias institucionales [16].

Las universidades privadas respondieron igualmente mediante sistemas propios de estímulo. Un ejemplo especialmente explícito es la Universidad de Lima, cuyos lineamientos de promoción de publicaciones indexadas establecieron incentivos económicos para docentes y otros integrantes de su comunidad que publicaran documentos registrados en Scopus o Web of Science [17]. La Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas estableció asimismo un Concurso Anual de Incentivo a la Investigación con incentivos económicos directos para docentes responsables de proyectos [18]. Estas experiencias muestran que las propias universidades han reconocido que la investigación requiere no solo discursos de estímulo, sino también mecanismos concretos de recompensa.

La experiencia del IPEN: cuando investigar tenía consecuencias profesionales

Existe un antecedente peruano anterior que resulta particularmente ilustrativo. Durante mi gestión al frente del IPEN, entre 2001 y 2005, procuramos que la actividad científica tuviera consecuencias concretas en la vida profesional de los investigadores. La publicación de resultados, la generación de tecnología y el desempeño científico eran considerados en los procesos de promoción y en la asignación de oportunidades institucionales.

Los incentivos no consistían necesariamente en un pago directo por cada artículo. Se consideraba la producción científica en los ascensos; se valoraba el desempeño para seleccionar oportunidades de capacitación, becas y visitas científicas ofrecidas mediante los programas de cooperación del OIEA; y se tomaban en cuenta los resultados para asignar cargos de mayor responsabilidad. Estos últimos implicaban también mayores remuneraciones. De esta manera, el investigador podía percibir una relación concreta entre producir resultados y progresar profesionalmente.

La memoria de gestión 2001–2005 documenta que se introdujeron indicadores convencionales de producción científica, entre ellos el número de publicaciones en revistas indexadas, y que se promovió expresamente la publicación de los trabajos realizados en la institución [19]. El número de publicaciones indexadas pasó de cero en 2000 a una en 2001, tres en 2002, seis en 2003, seis en 2004 y ocho en 2005 [19].

Durante el mismo periodo se dio mayor importancia a la propiedad intelectual, a la protección de resultados y a las patentes. En un balance posterior de aquella gestión señalé también que en esos años se obtuvieron las primeras patentes del IPEN y que la institución se situó entre las primeras entidades públicas peruanas en utilizar este mecanismo de protección de resultados tecnológicos [20]. Más allá de la prioridad histórica exacta que pueda establecerse entre instituciones públicas, el hecho relevante para este análisis es que publicaciones y patentes comenzaron a ser consideradas productos institucionales que debían reconocerse y estimularse.

La experiencia mostró que el incentivo no tiene que limitarse a entregar una cantidad de dinero después de cada publicación. Puede adoptar una forma más integral: ascensos, acceso a capacitación internacional, becas, financiamiento, mayor responsabilidad, reconocimiento institucional y mejores remuneraciones. Lo esencial es que exista una relación visible entre el resultado científico y el progreso profesional.

Una propuesta para la UNI: un fondo especial de incentivos

La UNI podría aprovechar esa experiencia y establecer un programa más ambicioso de incentivos a la investigación y la innovación. Las restricciones presupuestales de una universidad pública no deberían impedir explorar fuentes complementarias de financiamiento. La Universidad podría promover un *Fondo UNI para la Investigación y la Innovación*, alimentado mediante convenios con empresas, donaciones, cooperación internacional, aportes de egresados, fundaciones y otras fuentes privadas compatibles con la autonomía y la integridad académica.

Una parte de esos recursos podría destinarse a bonificaciones especiales para los docentes, investigadores y equipos que produzcan resultados científicos y tecnológicos de calidad. No se trataría de pagar mecánicamente una cantidad idéntica por cada artículo. Un sistema bien diseñado debería ponderar, entre otros aspectos, la calidad y pertinencia de la publicación, la posición de la revista dentro de su especialidad, el liderazgo de autores de la UNI, la participación de estudiantes, la derivación de tesis, la cooperación internacional, la correcta filiación institucional, las patentes concedidas o licenciadas y los desarrollos tecnológicos efectivamente validados.

También deberían reconocerse incentivos no monetarios: reducción temporal de carga lectiva, prioridad en fondos internos competitivos, apoyo para estadías científicas, participación en congresos, contratación de asistentes, fortalecimiento de laboratorios y acceso preferente a programas de capacitación. La experiencia del IPEN sugiere que estos mecanismos pueden ser tan importantes como la bonificación directa cuando forman parte de una trayectoria profesional coherente.

El diseño tendría que evitar efectos indeseados. Premiar únicamente el número de documentos podría favorecer la fragmentación artificial de resultados, autorías injustificadas o publicaciones de escaso valor. Por ello, los incentivos deben acompañarse de evaluación académica, integridad científica y criterios diferenciados entre disciplinas. El objetivo no es producir más documentos a cualquier costo, sino aumentar la cantidad de investigación original, rigurosa y útil que alcance circulación nacional e internacional.

La participación privada en este fondo tampoco debería significar que una empresa determine los resultados de la investigación. Los aportes tendrían que administrarse con reglas públicas, mecanismos de transparencia, declaración de conflictos de interés y evaluación académica independiente. La colaboración con el sector privado puede ayudar a financiar la investigación sin reducir la autonomía científica de la Universidad.

Una verdadera carrera nacional del investigador

La responsabilidad de incentivar la investigación no corresponde solamente a las universidades. El Estado debe establecer una verdadera carrera del investigador científico y tecnológico, con niveles, evaluación periódica, progresión profesional y remuneraciones acordes con los resultados obtenidos.

El RENACYT y la Ley N.º 30948, Ley de Promoción del Desarrollo del Investigador Científico, constituyen avances importantes [21]. Pero ello no significa una carrera nacional que ofrezca

estabilidad, progresión, puestos dedicados a investigación y remuneraciones diferenciadas de acuerdo con resultados y responsabilidades.

Una carrera de ese tipo debería evaluar, según la naturaleza de cada campo, publicaciones científicas sometidas a evaluación por pares, patentes, desarrollos tecnológicos, formación de nuevos investigadores, dirección de tesis, obtención competitiva de recursos, creación de infraestructura científica y contribuciones verificables a problemas nacionales. Las publicaciones y las patentes tendrían un lugar central porque representan dos formas objetivas de producción: unas incorporan nuevos resultados al conocimiento colectivo y las otras protegen conocimientos con potencial de aplicación tecnológica.

La carrera tendría que permitir que un investigador progrese profesional y económicamente sin verse obligado a abandonar la investigación para ocupar cargos administrativos. Este problema ya era visible en el Perú hace varias décadas: cuando los mayores ingresos y oportunidades dependen principalmente de funciones de gestión, el sistema termina por incentivar a sus mejores investigadores a alejarse del laboratorio y de sus líneas científicas.

Una demanda de más de cuatro décadas

Esta propuesta no surge de la coyuntura actual. El 11 de noviembre de 1984, en el artículo “En defensa de los investigadores científicos”, publicado en *La República*, planteé la necesidad de otorgar a los investigadores un tratamiento adecuado y recordé las recomendaciones internacionales para que la investigación científica pudiera constituir una carrera profesional atractiva [22].

En agosto de 1990, al informar sobre el Primer Congreso de la Sociedad Peruana de Ciencia y Tecnología (SOPECYT), señalé que los investigadores habían trabajado durante meses en un proyecto de Ley de la Carrera del Investigador, destinado a establecer un estatus adecuado para quienes se dedicaban a la investigación científico-tecnológica [23].

En 1993, desde la SOPECYT, en coordinación con la Sociedad Peruana de Física (SOPERFI) y con autoridades de universidades e institutos públicos de investigación, promovimos ante el Congreso Constituyente Democrático la incorporación en la nueva Constitución de un mandato explícito del Estado en favor de la ciencia y la tecnología. La propuesta recibió el respaldo de instituciones como la Universidad Nacional de Ingeniería, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, la Pontificia Universidad Católica del Perú, el Instituto Geofísico del Perú y el Instituto del Mar del Perú. El Diario de Debates del 24 de agosto de 1993 registra la propuesta: “Es deber del Estado promover el desarrollo científico y tecnológico del país”, que fue aprobada por unanimidad y quedó finalmente incorporada en el artículo 14 de la Constitución Política de 1993 [24].

Ese mismo año, al analizar la situación de la ciencia peruana, señalé nuevamente la necesidad de establecer ingresos suplementarios para los profesores que realizaban proyectos de investigación y la urgencia de aprobar una Ley del Investigador [25]. De este modo, durante aquellos años la acción de la comunidad científica se orientó simultáneamente a lograr un reconocimiento constitucional de la responsabilidad del Estado en el desarrollo científico y tecnológico y a establecer una carrera profesional para los investigadores.

Han transcurrido, por tanto, más de cuatro décadas desde que se plantearon públicamente estas demandas. Durante ese tiempo se crearon nuevos registros, programas de financiamiento, incentivos universitarios y normas de promoción del investigador. Son avances que deben reconocerse. Sin embargo, sigue pendiente convertir esos instrumentos dispersos en un sistema coherente que haga de la investigación una profesión atractiva y sostenible.

De la vocación individual a un sistema de incentivos

La historia de la producción científica examinada en este libro muestra que la UNI posee capacidad intelectual para investigar y publicar. La experiencia reciente de las universidades peruanas muestra, además, que cuando las publicaciones adquieren valor para el licenciamiento, la carrera y la remuneración, las instituciones y sus docentes responden. La experiencia del IPEN mostró anteriormente que los ascensos, la capacitación, las oportunidades internacionales y las responsabilidades pueden utilizarse también como incentivos para elevar la producción científica y tecnológica.

De ambas experiencias se desprende una recomendación común. Si se desea más investigación, debe hacerse que investigar tenga consecuencias profesionales positivas. La vocación científica seguirá siendo indispensable, pero no debe exigirse que el investigador dependa únicamente de ella mientras otras actividades ofrecen mejores ingresos y oportunidades.

Para la UNI, ello significa complementar sus políticas actuales con un fondo estable de incentivos, incluidos recursos privados obtenidos con reglas transparentes, para premiar publicaciones, patentes y otros resultados de calidad. Para el Estado, significa culminar una tarea pendiente: construir una carrera nacional del investigador científico y tecnológico que permita progresar profesional y económicamente sobre la base de resultados verificables.

Después de seis décadas de producción científica estudiadas en este libro, el desafío ya no es demostrar que en la UNI se puede investigar. La historia demuestra que se puede. El desafío es crear las condiciones para que muchos más docentes y jóvenes investigadores puedan hacerlo de manera sostenida y encuentren en la generación de conocimiento y tecnología una carrera profesional reconocida, estable y atractiva.

10.13 Conclusiones

La producción registrada entre 1966 y 2025 demuestra que la UNI ha acumulado capacidades científicas significativas y diversas. La expansión reciente amplió la visibilidad institucional y confirmó la existencia de núcleos productivos en ciencias, ingeniería y arquitectura. Al mismo tiempo, la caída de 2022 y la recuperación posterior muestran que el crecimiento no es automático ni irreversible.

Las mayores potencialidades se encuentran en la convergencia entre líneas históricas y áreas emergentes, en la formación de talento y en la transformación de redes de autores en programas institucionales. A ello debe añadirse una condición fundamental: asegurar que las capacidades científicas, los grupos y las infraestructuras que demuestren resultados puedan trascender los periodos rectorales.

La perspectiva central es pasar de una universidad que registra una producción creciente a una universidad que dirige agendas científicas y tecnológicas de largo plazo, con impacto verificable en el Perú. Para ello, la continuidad no debe depender solamente de la voluntad de cada nueva autoridad, sino de mecanismos institucionales de evaluación, aprendizaje y transferencia entre gestiones.

10.14 Referencias

- [1] O. Pequeño Valdivia, “1984: La UNI cambia de rumbo. La elección de José Ignacio López Soria como rector,” *Gaceta Historia UNI*, año 1, no. 9, p. 2, 23 set. 2024. [en línea].
- [2] Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), “Julio Kuroiwa: El legado que sigue guiando la prevención en el Perú,” Universidad Nacional de Ingeniería, 8 jul. 2026. [en línea].
- [3] Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería, “Historia de la Facultad,” sección institucional; creación del Instituto de Matemática y Ciencias Afines (IMCA) mediante Resolución Rectoral N.º 000109 del 14 feb. 1997. [en línea].
- [4] J. I. López Soria, *Historia de la UNI*, 3.a ed., Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2012.
- [5] Universidad Nacional de Ingeniería, *La Gaceta*, no. 92, 24 oct. 2016.
- [6] Universidad Nacional de Ingeniería, Oficina Central de Planificación, *Estadística UNI 2006*, Lima, 2007.
- [7] Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, “La UNI y la UESOR firman Convenio Marco de Cooperación Académica y Científica,” 29 may. 2024. [en línea].
- [8] Universidad Nacional de Ingeniería, *La Gaceta*, no. 78, 2 oct. 2014, información institucional sobre el lanzamiento y puesta en órbita del Chasqui I.
- [9] Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional de Ingeniería, *Investigar en la UNI: normas generales, políticas, organización, reglamentos y actividades de investigación*, Lima, 2020. [en línea].
- [10] Vicerrectorado de Investigación, Universidad Nacional de Ingeniería, “La UNI inaugura primera planta piloto de producción de hidrógeno verde en la UNI y en el Perú a partir del agua,” 21 mar. 2025. [en línea].
- [11] Centro de Energías Renovables, Universidad Nacional de Ingeniería, información institucional sobre la inauguración de la planta de producción de hidrógeno verde de la UNI, 21 mar. 2025.
- [12] R. Hempelmann, D. Richter, G. Eckold, J. J. Rush, J. M. Rowe y M. Montoya, *Journal of the Less-Common Metals*, vol. 104, no. 1, pp. 1–12, 1984. doi: 10.1016/0022-5088(84)90430-2.

- [13] Congreso de la República del Perú, Ley N.º 30220, “Ley Universitaria,” 9 jul. 2014, especialmente arts. 49, 84, 86 y 96.
- [14] Ministerio de Economía y Finanzas, Decreto Supremo N.º 119-2017-EF, “Establecen monto, criterios, condiciones y plazo de implementación para el otorgamiento de la Bonificación Especial a favor del Docente Investigador en el marco de lo dispuesto por la Ley N.º 30220, Ley Universitaria,” 30 abr. 2017. [en línea].
- [15] Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), comunicado sobre la evolución de la producción científica universitaria peruana, 24 jun. 2020.
- [16] Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), *El Modelo de Licenciamiento y su implementación en el Sistema Universitario Peruano*, Lima, 2015. [en línea].
- [17] Universidad de Lima, Consejo Directivo, “Acta de la sesión ordinaria del Consejo Directivo de la Universidad de Lima realizada el miércoles 18 de octubre de 2023,” acuerdo 38: aprobación de los Lineamientos del Programa de Promoción de la Publicación de Documentos Indexados, 18 oct. 2023. [en línea].
- [18] Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, “Políticas y normas de investigación científica en la UPC,” portal de Investigación UPC. [en línea].
- [19] Instituto Peruano de Energía Nuclear, *Informe de Gestión 2001–2005*, Lima, 2006.
- [20] M. Montoya, “Gestión del Instituto Peruano de Energía Nuclear 2001–2005,” *Promoviendo la ciencia y la tecnología desde 1984*, 13 dic. 2020. [en línea].
- [21] Congreso de la República del Perú, Ley N.º 30948, “Ley de Promoción del Desarrollo del Investigador Científico,” *El Peruano*, 23 may. 2019. [en línea].
- [22] M. Montoya, “En defensa de los investigadores científicos,” *La República*, Opinión, 11 nov. 1984; reproducción digital en *Promoviendo la ciencia y la tecnología desde 1984*, 26 dic. 2021. [en línea].
- [23] M. Montoya, “Ciencia y Tecnología: Congreso de investigadores,” *La República*, 11 ago. 1990.
- [24] Congreso Constituyente Democrático, *Diario de Debates*, sesión del 24 de agosto de 1993, debate y aprobación de la propuesta “Es deber del Estado promover el desarrollo científico y tecnológico del país”, Lima, Perú. [en línea].
- [25] M. Montoya, “Pronóstico reservado: Ciencia Peruana,” *El Comercio*, Suplemento Dominical, entrevista, 26 set. 1993.

Producción en ciencias, ingeniería y arquitectura

de la Universidad Nacional de Ingeniería, 1966-2025

Historia, tendencias, potencialidades y perspectivas

Edición digital - agosto de 2026

Esta obra reconstruye seis décadas de producción científica de la Universidad Nacional de Ingeniería a partir de documentos registrados en Scopus, identificando líneas de investigación, redes de colaboración, capacidades acumuladas y desafíos para el desarrollo científico y tecnológico.

Modesto Montoya Zavaleta

Centro de Preparación para la Ciencia y Tecnología - CEPRECYT

ISBN 978-612-99530-0-7

Depósito Legal N.º 2026-08826

ISBN: 978-612-99530-0-7



9 786129 953007