

# NANOTECNOLOGÍA Y SOCIEDAD: CONTRASTE DE PERCEPCIÓN ENTRE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA Y POBLACIÓN GENERAL

Mariana Beatriz López, CIIPME – CONICET, [mb.lopez@conicet.gov.ar](mailto:mb.lopez@conicet.gov.ar)

Leandro Drivet, FCEdu - UNER, [leandro.drivet@conicet.gov.ar](mailto:leandro.drivet@conicet.gov.ar)

Gerardo Daniel López, UTN, Facultad Regional Santa Fe, [gerardo.lopez@nanotek.ws](mailto:gerardo.lopez@nanotek.ws)

**Resumen**— Los ingenieros son los vectores del cambio tecnológico en nuestra sociedad, por lo cual resulta oportuno caracterizar su nivel de conocimiento y formación en temáticas innovadoras y comparar el mismo con el de la población en general, a fin de establecer pautas y criterios para optimizar dicho rol. En este trabajo se analiza el grado de comprensión y aceptación social de la más reciente revolución científica, la nanotecnología, procurando reconocer similitudes y discrepancias que, frente a la misma temática, muestran los estudiantes de ingeniería respecto de la población en general. La metodología empleada fue la administración de una entrevista semiestructurada elaborada *ad-hoc* a una muestra intencional de 343 adultos (mayores de 18 años) de nivel educativo medio-alto, a través de una plataforma en línea. Las consultas más relevantes incluyeron: conocimiento y familiaridad con la nanociencia, interés en recibir más información sobre el tema y la opinión acerca del rol que debe cumplir el Estado respecto del apoyo al desarrollo local en esta temática. Se concluye que aunque en general no hay demasiadas diferencias de percepción entre ingenieros, estudiantes de ingeniería y personas formadas en otras disciplinas, en particular los estudiantes si manifiestan un menor nivel de conocimiento. En conclusión, los resultados de esta encuesta resultan de interés para la actualización de contenidos curriculares en carreras de ingeniería y sustentan la necesidad de revisar los planes de estudio de las ingenierías, ajustándolos a la constante evolución del desarrollo científico-tecnológico.

**Palabras clave**— *nanotecnología, percepción pública, formación de ingenieros.*

## 1. Introducción

La nanociencia es un campo emergente del conocimiento que genera en distintos actores sociales tanto grandes expectativas de desarrollo como incertidumbres sobre su impacto. Ambas actitudes probablemente tengan el mismo origen: el desconocimiento. La creciente relevancia y efecto que tiene el conocimiento científico-técnico sobre todas las facetas de la vida cotidiana contrasta fuertemente con el desconocimiento que la mayor parte de la sociedad tiene respecto de la ciencia y la tecnología. Es cierto que el conocimiento científico y tecnológico resulta muchas veces ajeno e incomprensible para la mayoría de las personas. Sin embargo, cada vez está más extendida la idea de que no solo es necesario que los miembros de las sociedades desarrolladas aumenten su conocimiento sobre ciencia y tecnología, sino que además participen y sean tenidos en cuenta de alguna manera en las decisiones que se tomen sobre tales cuestiones.

Por este motivo, es necesario pensar en nuevos marcos de gestión de los asuntos públicos que tomen en consideración las maneras en que las innovaciones tecnológicas pueden

afectar a los individuos de una sociedad y las formas en que estos individuos puedan opinar fundamentadamente sobre estas cuestiones. En este sentido, los ingenieros, vectores del cambio tecnológico en tanto manejan los nuevos conocimientos para generar artefactos y procesos que materializan el avance científico, son actores de particular relevancia para difundir estos conceptos en el seno de la sociedad. Por eso es necesario no repetir con la nanotecnología errores como los que distorsionaron el rol de la opinión pública frente a hitos anteriores referidos al impacto social de las innovaciones en el área de la biotecnología, especialmente, en relación con los alimentos manipulados genéticamente y con los transgénicos [1, 2, 3].

Es común la expectativa social, más o menos difusa, sobre el potencial de las innovaciones y avances científicos y técnicos de los campos científicos y tecnológicos emergentes (en este caso la nanotecnología) para derivar en importantes transformaciones sociales y económicas. En este aspecto, a nanociencia (con una trayectoria académica que ya ha resultado incluso en varios Premios Nobel) y su resultante aplicada, la nanotecnología se encuentran en un momento de especial relevancia: la fase inicial de desarrollos materiales. Esto implica cierto grado de incertidumbre debido a una serie de factores, que probablemente no sean independientes entre sí, como el rumbo y la velocidad que adopte la generación del conocimiento, los efectos de las aplicaciones y productos que se deriven de ese conocimiento, los riesgos eventuales, la necesidad de regulación asociada a las decisiones de inversión pública, el impacto sobre las actividades económicas y, de manera especialmente relevante en el caso de este trabajo, la incertidumbre sobre las actitudes y reacciones de la opinión pública, que dependen fundamentalmente de la cantidad y la calidad de la información que reciban.

En efecto, pensamos que en la sociedad del conocimiento es importante que los individuos comprendan aspectos básicos de la ciencia y la tecnología, de su funcionamiento y sus efectos. Las razones obvias que apoyan esta afirmación son de índole social, política, cívica y económica, por lo cual una ciudadanía bien informada representa un beneficio tanto para los propios individuos como para la trama social en su conjunto. Por este motivo es oportuno relevar la comprensión de la nanociencia y de la nanotecnología por parte de la población general y compararla con la que tienen los estudiantes de ingeniería en particular. De esta manera se podrá diseñar una estrategia tanto para la educación formal como para la comunicación y difusión de conceptos básicos. En todo caso, se trata de evitar que la falta general de conocimiento y la mala interpretación de aspectos esenciales de estas innovaciones genere reacciones negativas frente a una tecnología emergente entre los potenciales beneficiarios [4, 5, 6].

## **2. Materiales y Métodos**

Los propósitos del presente trabajo fueron:

- Evaluar el grado de conocimiento sobre nanociencia y nanotecnología y el nivel de interés en ese campo de estudio en una muestra que incluyese tanto a población en general como estudiantes de ingeniería e ingenieros.
- Contrastar los valores y actitudes de estudiantes de ingeniería e ingenieros en relación con la nanociencia y la nanotecnología, con las exhibidas por personas formadas en otras disciplinas.

Para alcanzar estos objetivos se diseñó una encuesta *ad hoc*, semiestructurada (con preguntas abiertas y precategorizadas), incluyendo algunas cuestiones similares a las de otras encuestas, como las denominadas Eurobarómetros [7] y otras construidas en base al

marco teórico del proyecto Perspectiva Universitaria del Enlace Nano Tecnología Ética y Sociedad (PUENTES) en el que se enmarca este estudio.

La encuesta se implementó sobre la plataforma <https://poll daddy.com> y se administró en línea a una muestra intencional incluyendo ingenieros, estudiantes de ingeniería y adultos con formación en otras disciplinas. Antes de las preguntas específicas se incluyó un consentimiento informado con datos sobre el estudio (objetivo y marco institucional) y el manejo de la información que se genera a través del mismo (confidencialidad y tratamiento estadístico).

En cuanto al análisis de datos, se menciona que para responder al primer objetivo se realizó un análisis descriptivo de las respuestas a preguntas precategorizadas sobre conocimiento e intereses y se llevó a cabo la prueba T de Student de comparación de medias. Se elaboraron tablas de contingencia para comparar entre ambos grupos: a) el grado de interés en recibir más información sobre el tema; b) la perspectiva respecto del impacto sobre las condiciones sociales y económicas del país, y c) la opinión sobre el apoyo estatal al desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología. El análisis descriptivo de las respuestas a preguntas precategorizadas sobre actitudes y valores se basa en el procedimiento de la Teoría Fundamentada [8].

### **3. Resultados y Discusión**

#### **3.1. Caracterización de la muestra.**

Se entrevistó a 343 adultos de entre 18 y 80 años. La edad media fue de 35,6 años ( $SD=14,6$ ). La distribución por sexo de la muestra fue equitativa (49,4% varones; 50,6% mujeres). El nivel educativo fue alto: Todos los entrevistados habían concluido la escuela secundaria, un tercio de la muestra eran estudiantes universitarios (34%) y más de un cuarto había concluido estudios de postgrado (26,5%). La tabla 1 resume la información cuantitativa.

Tabla 1. Composición de la muestra en función de su formación académica.

<b>Formación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
No Ingeniero	168	49
Ingeniero o estudiante de Ingeniería	147	42,9
No responde	28	8,2
Total	343	100

Fuente: elaboración propia

#### **3.2. Estimación del nivel de conocimiento sobre nanociencia y nanotecnología**

En lo que respecta a la percepción del nivel de conocimiento sobre nanociencia y nanotecnología, estimada del 1 al 10, los ingenieros y estudiantes de ingeniería reportaron un nivel promedio más bajo que quienes habían estudiado o estudiaban otras carreras ( $M=4,3$  versus 3,6). La diferencia de medias fue estadísticamente significativa a favor de los “no ingenieros” ( $T= 2,47$ ,  $Gl=250,3$ ;  $p=0,014$ ).

En cuanto a la distribución de las respuestas, los “no ingenieros” mostraron una progresión decreciente desde un nivel de conocimiento bajo a uno elevado, mientras que

entre los ingenieros y estudiantes de ingeniería las respuestas se agruparon en torno a niveles bajos a medios. La figura 1 muestra las distribuciones por grupo referidas a la pregunta “Cual diría usted que es su grado de familiaridad con la nanociencia y la nanotecnología?”, en la que debían autocalificarse en la escala 0 a 10, en la cual el cero significa “nulo” y el 10 “excelente”.

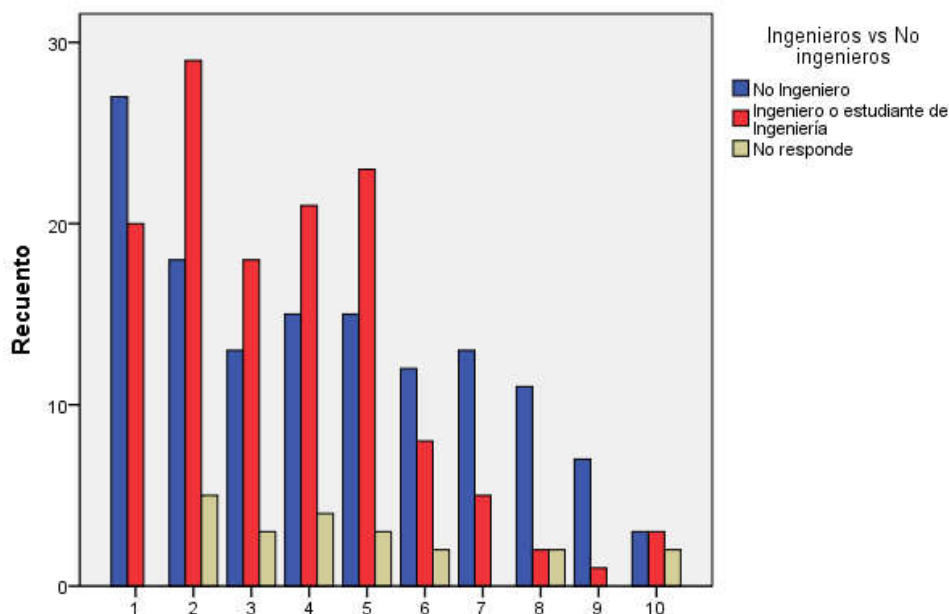


Figura 1. Autopercepción del nivel de conocimiento.  
Fuente: elaboración propia

### 3.3. Grado de interés

El grado de interés en recibir información respecto nanociencia y la nanotecnología fue algo mayor entre los ingenieros y estudiantes de ingeniería. En la Tabla 2 se muestran los resultados completos. Los valores corresponden a porcentaje de cada tipo de respuesta a cada pregunta, por categoría analizada, con lo cual la suma de cada columna es 100%.

Tabla 2. Interés en función de la formación académica.

Grado de interés	No ingenieros	Ingenieros y estudiantes de ingeniería
No, no me interesa	6,6%	1,4%
Me interesaría un poco	44,0%	38,5%
Me interesaría bastante	31,9%	36,4%
Me interesaría mucho	17,5%	23,8%

Fuente: elaboración propia

### 3.4. Perspectivas acerca del impacto sobre las condiciones sociales y económicas

Con respecto al impacto del desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología sobre el desarrollo social y económico del país, la consulta fue redactada en los siguientes términos: “¿Qué impacto cree usted que tiene el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología en la Argentina sobre las condiciones sociales y/o económicas del país?”. Los resultados presentados en la tabla 3 evidencian que los encuestados prácticamente no asocian efectos negativos a esta nueva rama de la ciencia y la tecnología, aunque una cantidad significativa reconoce no tener clara esta cuestión, como se desprende del porcentaje de respuestas “no sé”. En cuanto a las expectativas de mejora en las condiciones sociales y económicas, los ingenieros y estudiantes de ingeniería muestran una perspectiva algo más positiva.

Tabla 3. Expectativas en función de la formación académica.

<b>Grado de interés</b>	<b>No ingenieros</b>	<b>Ingenieros y estudiantes de ingeniería</b>
Puede empeorarlas mucho	0,0%	0,0%
Puede empeorarlas un poco	1,2%	0,0%
No tiene efecto sobre ellas	1,8%	3,5%
No sé	35,8%	17,5%
Puede Mejorarlas un poco	22,4%	32,2%
Puede Mejorarlas mucho	38,8%	46,9%

Fuente: elaboración propia

### **3.5. Opinión sobre el apoyo estatal al desarrollo de la nanociencia**

Respecto al acuerdo con que se brinde apoyo y fomento estatal al desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología, más del 80% de los entrevistados se manifestó a favor. Entre los ingenieros y estudiantes de ingeniería se encontró un porcentaje algo mayor de respuestas afirmativas, pero también algunas respuestas negativas, que no se hallaron entre los “no ingenieros”. En la Tabla 4 se presentan los datos completos.

Tabla 4. Opiniones sobre el apoyo estatal al desarrollo de la nanotecnología.

<b>Grado de acuerdo</b>	<b>No ingenieros</b>	<b>Ingenieros y estudiantes de ingeniería</b>
No	0,0%	1,4%
No sabe /No contesta	19,1%	14,3%
Sí	81,0%	84,4%

Fuente: elaboración propia

#### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Entre los resultados más interesantes de este estudio se encuentra el hecho de que el nivel de conocimiento promedio, autopercebido, respecto a nanociencia y nanotecnología, fue mayor entre adultos con otras formaciones que entre ingenieros y estudiantes de ingeniería.

Esto podría explicarse, por un lado, teniendo en cuenta el nivel educativo elevado de la muestra, que evidencia el interés general de los entrevistados por la ciencia y su desarrollo. La nanotecnología es un desarrollo cuya aplicación no se limita a un campo específico de conocimiento, por lo que estudiantes y profesionales de ciencia muy diversas -desde ciencias básicas como física y química hasta ciencias aplicadas como las ciencias de la salud- pueden tener aproximaciones diversas al mismo. Por otro lado, no puede dejar de tenerse en cuenta que el nivel de conocimiento fue estimado por los participantes, y que las personas con distintos niveles de familiaridad respecto de un campo pueden tener una perspectiva diferente para juzgar su propio nivel de conocimiento. En general, podría afirmarse que quien tiene una perspectiva más amplia de un campo del saber puede juzgar su propio conocimiento como más limitado.

En este sentido, una recomendación para futuros estudios sobre el tema podría ser incorporar preguntas básicas sobre el campo específico de saber, para juzgar más objetivamente el nivel de conocimiento general. Sin embargo, y a pesar de estas hipótesis explicativas, el resultado no deja de ser sorprendente, y pensamos que debería ser considerado a la hora de revisar (y de actualizar) los planes de estudio de las ingenierías.

Algo menos asombroso es el hecho de que los ingenieros y estudiantes de ingeniería hayan manifestado un interés algo mayor en recibir más formación en nanociencia y nanotecnología que el resto de la muestra. Alrededor del 60% de los ingenieros y estudiantes de ingeniería manifestaron un interés elevado o muy elevado. Este resultado sustenta el anterior en cuanto a la auto-percepción de un nivel limitado de conocimiento, además de poner de manifiesto la importancia que los propios estudiantes y profesionales le dan a esta área novel de desarrollo. En este sentido, apoya también la afirmación respecto a la necesidad de revisar los planes de estudio de las ingenierías, ajustándolos a la constante evolución del desarrollo científico-tecnológico.

Los ingenieros y estudiantes de ingeniería mostraron también una perspectiva algo más positiva sobre el impacto potencial, social y económico, del desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología. Alrededor de un 80% manifestó que este desarrollo puede mejorar las condiciones socio-económicas del país, frente al 60% del grupo con otra formación.

Por último, la gran mayoría de los entrevistados (más del 80% en ambos grupos) se manifestó a favor de que el Estado brinde apoyo y fomento al desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología. En relación con esto, se concluye que, a pesar de que el nivel de conocimiento general no es muy elevado, no se evidencian temores importantes en relación con estos desarrollos que pudieran limitar el apoyo público a los mismos. En cuanto a esta afirmación, sin embargo, es importante considerar nuevamente el nivel educativo de la muestra, que podría constituir un sesgo positivo. En este sentido, consideramos relevante realizar estudios similares en población con nivel educativo medio, y medio-bajo.

En conjunto, estos resultados dan sustento a la propuesta de incluir formalmente el tema en los programas de estudio de las ingenierías, como habíamos planteado en un trabajo anterior [9]. En este sentido, si bien cada profesor, con la libertad de cátedra, tiene la

capacidad y obligación individual de mantener actualizados sus programas, el planteo que se busca fundamentar mediante este estudio es la necesidad de establecer institucionalmente directivas que incluyan a la nanotecnología entre los contenidos mínimos formales, como los que requiere CONEAU para la acreditación de carreras.

Considerando, por un lado, la relevancia y el impacto que se prevé que tendrá el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología a nivel global y en diversas áreas y, por el otro, el bajo nivel de conocimiento, el elevado interés y la actitudes positivas hacia el campo que muestran los ingenieros y estudiantes de ingeniería, la actualización de los contenidos curriculares de las ingenierías incluyendo mayor formación en el campo “nano” parece ser una tarea ineludible y urgente. De esta manera los ingenieros podrán cumplir adecuadamente su rol como vectores de la innovación tecnológica.

## **5. Referencias**

- [1] PRIEST, S. H. (2012). *Nanotechnology and the Public: Risk Perception and Risk Communication*, London, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- [2] MEHTA, M. D. (2004). From Biotechnology to Nanotechnology: What Can We Learn From Earlier Technologies? *Bulletin of Science, Technology & Society*, v. 24, n.1, p.34-39.
- [3] EINSIEDEL, E. F. y GOLDENBERG, L. (2004). Dwarfing the social? Nanotechnology lessons from the biotechnology front. *Bulletin of Science, Technology & Society*, v. 24, n. 1, p. 28-33.
- [4] FRIEDMAN, S. M. y EGOLF, B. P. (2005). Nanotechnology: Risks and the Media. *IEEE Technology and Society Magazine*, v. 24, n. 4, p. 5–11.
- [5] MILLS, K. y FLEDDERMANN, C. (2005). Getting the Best from Nanotechnology: Approaching Social and Ethical Implications Openly and Proactively. *IEEE Technology and Society Magazine*, v. 24, n. 4, p. 18-26.
- [6] FISCHHOFF, B. y SHEUFELE, D. A. (2013). The sciences of science communication. *Proc. Natl. Acad. Sci. 110 (Supplement\_3)*, p. 14033-14039.
- [7] EDEN G. (2014) Special Eurobarometer 401: survey summary on responsible research and innovation, science and technology, *Journal of Responsible Innovation*, v. 1, n. 1, p. 129-132.
- [8] STRAUSS, A. Y CORBIN, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Colombia. Editorial Universidad de Antioquía.
- [9] LÓPEZ, G. D. Y GALLY, T. (2008) Nanotecnología en la currícula de los ingenieros. *Anales VI CAEDI, EUNSa*, p. 137.