

## **LAS NANOCIENCIAS EN UNIVERSIDADES DE ENSEÑANZA DE ARTES LIBERALES: INSERCIÓN CURRICULAR E INTEGRACIÓN DE PLANES DE ESTUDIOS**

### **NANOSCIENCES IN LIBERAL ARTS COLLEGES: CURRICULUM EMBEDDING AND PROGRAM'S INTEGRATION**

**David Quesada**

School of Science, Technology, and Engineering Management, St. Thomas University, Miami Gardens,  
FL 33054 USA.

(Recibido: Noviembre/2017. Aceptado: Enero/2018)

#### **Resumen**

En esta comunicación se presenta una aproximación a la enseñanza de las nanociencias desde la perspectiva de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santo Tomas, cuya enseñanza es en artes liberales, y donde no hay establecida una licenciatura en Física. Así mismo, el programa curricular de otras licenciaturas no deja espacio a un curso directamente asociado con las nanociencias. También tiene como objetivo, despertar en los estudiantes el sentido de emprendimiento tecnológico y mostrar, cómo las ciencias aplicadas pueden conducir a modelos matemáticos que a su vez pudieran ser extendidos a otras ramas de las ciencias básicas. Al tomar de ejemplo el fenómeno de la superconductividad, se muestra, cómo el mismo vincula avances tecnológicos desde la medicina y la ciencia de la computación y se extiende a la astrofísica y la cosmología.

**Palabras Clave:** Programas de estudios, nanociencias, integración disciplinaria, ciencias básicas, ciencias aplicadas, superconductividad, emprendimiento, semilleros.

#### **Abstract**

This communication discusses an approach for teaching about nanosciences from the perspective of the School of Sciences at St. Thomas University with a “Liberal Art” type of education, where also there is not a major in Physics neither room within the curriculum for a course on nanosciences. Besides that, this approach intends motivate students about technological entrepreneurship and discuss how

applied sciences might be conducive to mathematical models that might be extended to other basic science fields. In this end, the phenomenon of superconductivity is discussed from different angles, and it is shown how it is linked to technological advances from medicine to computer science, and from them to astrophysics and cosmology.

**Keywords:** Academic programs, nanosciences, academic integration, STEM, applied science, superconductivity, entrepreneurship.

## **Introducción**

Las nanociencias y la nanotecnología a pesar de su gran impacto en campos científicos y tecnológicos todavía, no se conocen ni se entienden por amplios sectores de la sociedad [1]. Además, como temas emergentes, compiten con otros que también son de gran relevancia, tales como: el calentamiento global, la biotecnología, la computación cuántica, redes sociales y de negocios, las neurociencias y el cáncer. A este panorama, hay que sumar, el creciente interés en los últimos años por la ciencia de datos y sus aplicaciones desde la economía, deportes, medicina hasta la ciencia de diseño de materiales [2]. Como ejemplo del uso de minería de datos para determinar la relevancia popular de un tema determinado, la aplicación “Google trends” (ver figuras 1 y 2) muestra de forma clara, cuan poco llamativo resultan estos temas para la inmensa masa de usuarios de Internet. Este porcentaje representa una medición o muestreo indirecto de lo que puede esperarse a escalas sociales. Dichos resultados son consistentes con los encontrados en [1], los cuales fueron estimados por otras técnicas estadísticas.

Esta falta de interés social por estos temas, no es muy diferente de la existente con respecto a otros campos del saber. Resulta paradójico que, aun existiendo suficientes recursos en la Internet y proyectos muy bien logrados como son; “Nano.gov” [3] en los Estados Unidos de América (EUA), promovido por la National Science Foundation, y “Nanotechnologies” [4], promovido por la Comisión Europea, así como la Guía Didáctica para la Enseñanza de la Nanotecnología promovido por la red NANODYF [5], la población y muchos docentes no le dediquen el tiempo necesario. Esta situación ha sido analizada en las referencias [6,7,8], mostrando una tendencia dentro de los modelos académicos existentes, de ir bien a la retaguardia en la formación de futuros ingenieros y profesionales.

Las universidades con enseñanza en artes liberales se destacan dentro del ecosistema educativo en los EUA. En las mismas, se pretende dar una formación balanceada entre tópicos técnicos y cultura general, siguiendo el método de Sócrates y con matrículas reducidas. Las áreas académicas de mayor

énfasis incluyen: artes, matemática, ciencias naturales (biología, química física, astronomía y ciencias de la Tierra), filosofía, estudios religiosos y ciencias sociales. El balance con las ciencias y la tecnología no siempre ocurre, debilitando la integración entre las diferentes ramas del saber. Además, la presión por una formación vocacional dirigida a obtener empleos, conduce también a una reformulación y reevaluación de los planes de estudio no siempre, a favor de los temas emergentes.

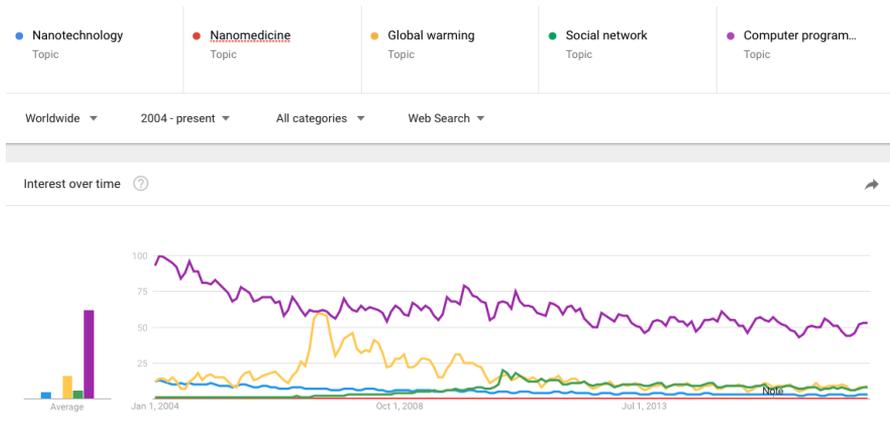


FIGURA 1. Visualización de tendencias entre temas emergentes desde el 2004 hasta el presente. La barra en violeta muestra el mayor interés en temas de programación, mientras que el menor lo muestra en la nanomedicina (línea en rojo). Es de notar cómo los temas diferentes a la programación han decaído en interés, mientras esta última se ha mantenido estable por todos estos años.

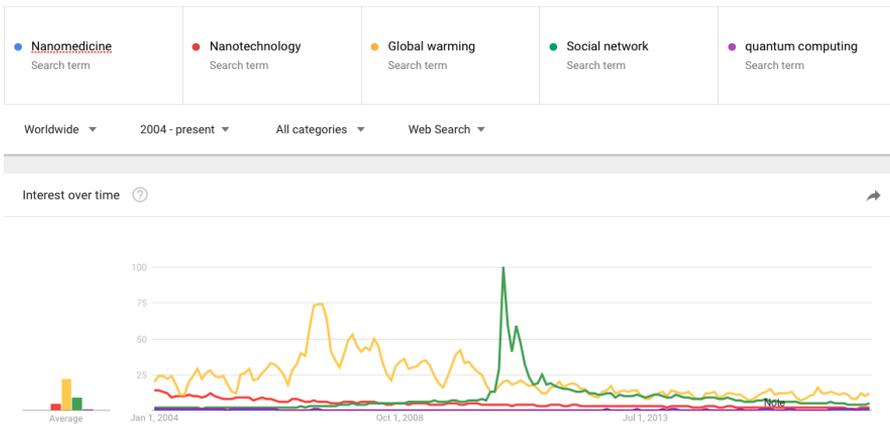
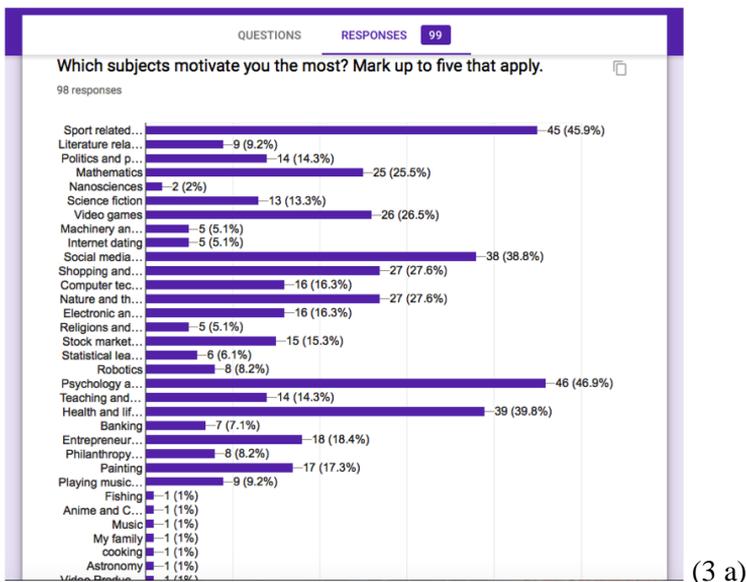


FIGURA 2. Visualización de tendencias entre búsquedas asociadas a temas emergentes desde el 2004 hasta el presente. Nótese que entre las búsquedas asociadas a estos temas, el calentamiento global y el tema de redes sociales ocupan las primeras posiciones seguidos de la nanotecnología (barra y línea en rojo).



Mark all names you recognize

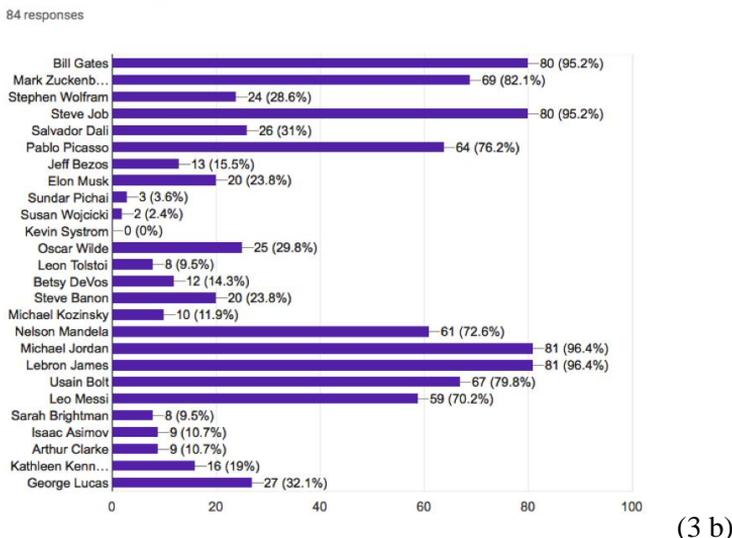


FIGURA 3. Visualización de tendencias entre estudiantes de la Universidad de Santo Tomás en lo referente a la cultura general integral.

Un muestreo realizado en la Universidad de Santo Tomás [9] con cuatro diferentes grupos de estudiantes con un total de 110 participantes (80 en tres secciones de estadística y 30 estudiantes en dos secciones de física) y que son representativos de la mayoría de los programas de estudio de la universidad, arrojó que los estudiantes no eran conscientes o mostraban un desinterés por la

cultura general integral (ver figuras 3a y 3b). En el diagrama de barras (3.a) se muestran los temas que más les atraen, resultando el deporte, la psicología y la salud, los de mayor incidencia. La nanotecnología, la robótica, y la computación se llevaron los menores conteos. En el diagrama de barras (3.b) se muestran los nombres de directivos y personalidades de la política, ciencia, tecnología y deporte. Nuevamente los nombres relacionados con el deporte se llevaron los mayores conteos, mientras que, de las personalidades de tecnología, sólo Bill Gates and Mark Zuckerberg, resultaron con conteos significativos. Parecería, que cada campo del saber se ha ido enfocando en sus contenidos específicos, sin interesarse cómo relacionarlos con los de las demás áreas, de manera tal, que los estudiantes puedan asociarlos y retenerlos de forma más eficaz.

Motivado por lo anteriormente expuesto, en esta comunicación, se continua el esfuerzo iniciado en [10] en dar respuesta a los retos que enfrentan nuestros planes de estudios con relación a la introducción de los temas de nanotecnología y la ciencia de los nano-materiales. Así mismo, insertar módulos educativos que incorporen los avances en este campo sin desestimar conocimientos generales. Igualmente, integrarlos con programas de estudio existentes, donde cursos explícitos no puedan ser introducidos. En este empeño se ha configurado un diagrama de redes de los programas de estudio y asignaturas que se ofrecen con mayor frecuencia. En el mismo (ver figura 4), los programas de mayor peso y las asignaturas con mayor número de estudiantes, se han representado con círculos de diferente tamaño (círculos mayores significan más estudiantes y los de color rojo, son programas de mayor peso). Es interesante notar que, la asignatura de Estadística, constituye un nodo central, debido a que posee el mayor número de conexiones y de estudiantes que la toman. Esto debido a que es un requisito de todas las licenciaturas. Este hecho puede ser explotado a la hora de escoger ejercicios que sean afines a los métodos estadísticos, pero que también conduzcan a una cultura tecnológica dentro de los estudiantes.

En el marco didáctico y pedagógico se mantienen las siguientes interrogantes: (1) ¿Cómo elaborar estrategias que muestren el valor de las nano-tecnologías y el interés por su conocimiento aun en condiciones no muy favorables para su promoción?, (2) ¿Cómo la misma puede insertarse en los programas que se promueven actualmente en universidades con restricciones en número de créditos y programas a ofrecer? y (3) ¿Qué se puede hacer para generar temas interdisciplinarios integradores, que, en un futuro inmediato, garanticen una mejor acogida a estas tecnologías emergentes?

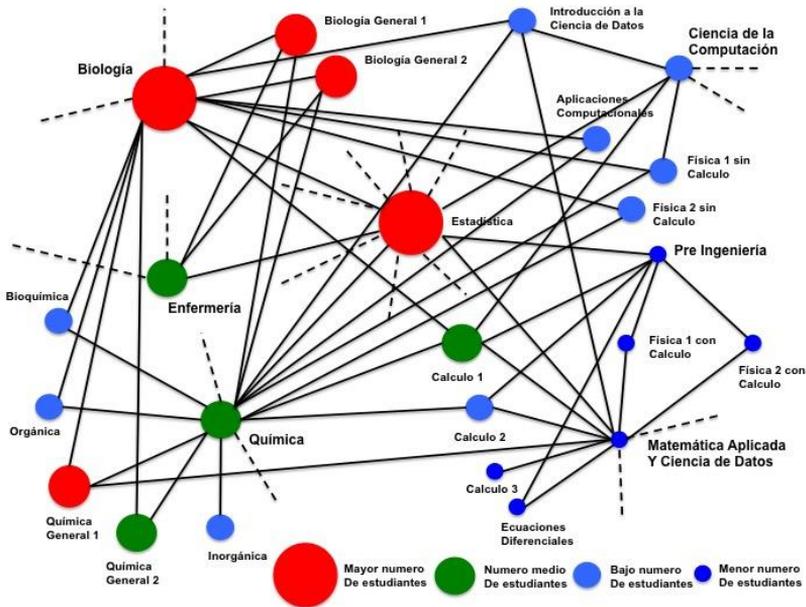


FIGURA 4. Visualización de la conectividad entre los programas de estudios y las asignaturas. Los círculos con mayor radio indican más estudiantes y el color rojo la prioridad máxima, mientras que el azul oscuro prioridad mínima por pocos estudiantes. Los trazos discontinuos significan que esos programas o asignaturas están conectados con más programas u otras asignaturas.

A continuación se muestra, cómo basado en estos diagramas de conexiones se pueden escoger asignaturas e iniciar un trabajo de divulgación diferenciada acerca de las nanociencias y la nanotecnología. Así mismo, se ha escogido un grupo de materiales que exhiben una propiedad particular como la conducción de electricidad sin resistencia, comúnmente llamados materiales superconductores.

## Superconductividad, nanociencias, nanotecnología y emprendimiento tecnológico.

El fenómeno de la superconductividad, fue descubierto en 1911 por Kamerlingh-Onnes, trabajando en la licuefacción del Mercurio. Durante las mediciones de conductividad eléctrica, Kamerlingh-Onnes observó una caída abrupta de la resistencia por debajo de cierta temperatura, que se conoce como temperatura crítica ( $T_c$ ). Cabe señalar, que dicho descubrimiento ocurrió durante el período de establecimiento de la mecánica cuántica. Tomó algunos años lograr un entendimiento de las causas del mismo. La teoría fue elaborada por Bardeen, Cooper y Schrieffer (BCS) en 1957 [11], y fue galardonada con el Premio Nobel en 1972.

La superconductividad como tema integrador en la enseñanza y divulgación de las nanociencias y la nanotecnología se sustenta en las siguientes ideas, que se han resumido en las figuras 5 y 6:

1. Es un fenómeno frecuente entre muchos sistemas cristalinos [12].
2. Los materiales superconductores son la base de súper imanes, que se usan en equipos médicos de alta resolución, como los de resonancia magnética, SQUIDS, estimuladores craneales, y bolómetros. Estos pueden ser utilizados para otras aplicaciones biomédicas y a su vez, ser de interés para los biólogos.
3. Los materiales superconductores son la base de las llamadas junturas Josephson, las cuales están entre los candidatos tecnológicos para la implementación de la computación cuántica.
4. Las junturas Josephson se han utilizado como análogos de redes neuronales; así mismo pueden ser de interés a los investigadores de las neurociencias, permitiendo crear modelos electrónicos que simulen redes de neuronas y estudien comportamientos anómalos de las mismas.
5. Los sistemas superconductores a capas, alternados con materiales semiconductores y magnéticos, poseen propiedades ópticas únicas, que los hacen especiales para la optoelectrónica.
6. Los materiales superconductores permitirían encontrar soluciones al problema energético, de transportación y de almacenamiento de energía. Estos retos abren oportunidades para el emprendimiento tecnológico y análisis de inversiones, algo que puede ser de interés tanto a estudiantes de ciencia como de la esfera de negocios.
7. La búsqueda de nuevos superconductores exige de un análisis sistemático de todos los materiales donde el fenómeno se ha manifestado. La minería de datos y el aprendizaje de máquina permitirían encontrar patrones que los modelos cuánticos no han mostrado todavía; logrando así conectar la superconductividad con la informática de materiales y la nano informática [10,13].
8. Los modelos físicos que describen a los mismos poseen ramificaciones que abarcan otros campos, como la astrofísica y la cosmología [14].

Estas ideas pueden ser implementadas a través de cursos dirigidos a diferentes audiencias de acuerdo, al interés presentado en cada ángulo del problema. En la Tabla 1, se muestra la propuesta de inserción por cursos, tomando en cuenta los objetivos educativos de cada curso y las habilidades reales de los estudiantes.

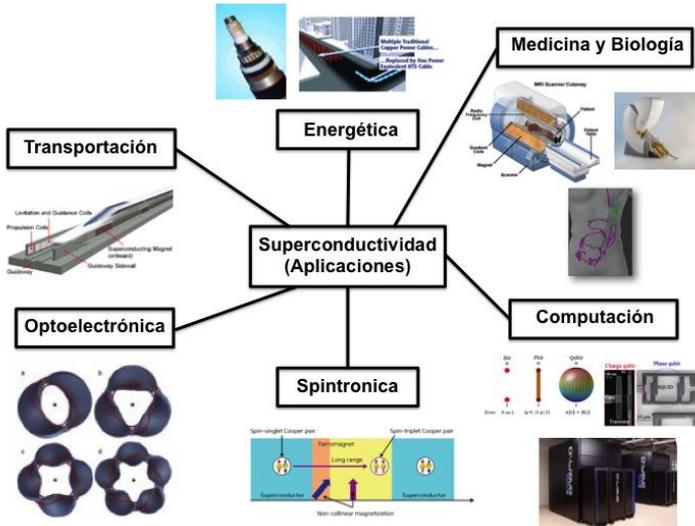


FIGURA 5. Campos de aplicaciones de los materiales superconductores. Nótese que existen bastantes asociaciones con los cursos que se imparten en la mayoría de los programas de ciencias, lo cual permitiría introducir los temas sin la necesidad de crear un curso nuevo.

### Superconductividad Cuasi-partículas y Nano-ciencia

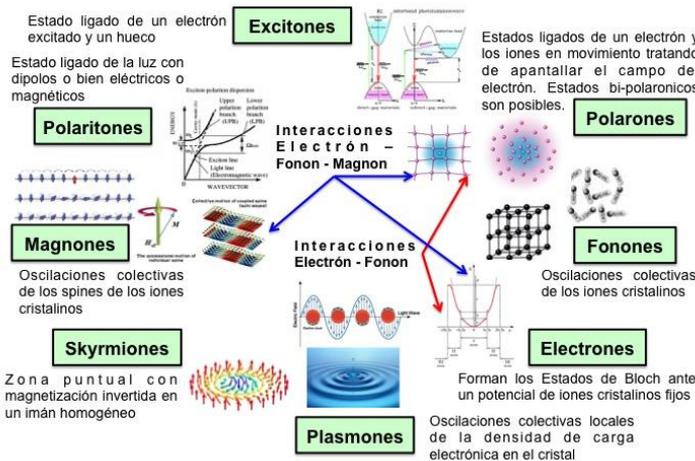


FIGURA 6. La superconductividad como fenómeno surge como un proceso de optimización entre diferentes excitaciones elementales, las cuales se resumen en esta imagen. Los sistemas de reducida dimensionalidad pueden favorecer la temperatura crítica, hacia valores cercanos a la temperatura ambiente [15,16].

La inclusión de la superconductividad constituye una extensión a las colecciones de problemas de planteo, que aparecen en la mayoría de los textos educativos.

<b>Curso</b>	<b>Inserción de temas de las nano ciencias</b>
<b>Física 1</b> – Mecánica, Fluidos, Ondas y Termodinámica	<p><b>Tema central – Fundamentos matemáticos</b> Notación científica y escalas de la naturaleza. Áreas, volúmenes y relación área superficial a volumen.</p> <p><b>Tema central – Fuerzas en la naturaleza</b> ¿Cómo las fuerzas cambian con las escalas? Fuerza de rozamiento y tribología.</p>
<b>Física 2</b> – Electricidad y Magnetismo	<p><b>Tema central – Tipos de Materiales</b> Tipos de conductividad eléctrica y como cambian con las dimensiones. Magnetismo e hipertermia magnética. Diamagnetismo y superconductividad. Súper imanes y MRI. Inducción magnética y SQUIDS</p> <p><b>Tema central – Óptica</b> Optoelectrónica. Hetero-estructuras superconductoras. Difracción de rayos X y dispersión en materiales.</p>
<b>Calculo 3</b> – Geometría vectorial y cálculo con funciones de varias variables	<p><b>Tema central – Vectores y Planos</b> Usar la ecuación de un plano para entender las redes cristalinas y los índices de Miller.</p> <p><b>Tema central – Cálculo diferencial de funciones de varias variables</b> Graficar funciones de varias variables y relacionarlas con las superficies de Fermi. Calcular puntos críticos de superficies y relacionarlos con singularidades de Van Hove.</p> <p><b>Tema central – Teoría de campos</b> Rotacionales, gradientes, divergencias, skyrmiones y otros monopolos.</p>
<b>Estadística</b>	<p><b>Tema central – Estadística descriptiva y correlaciones</b> Valores medios y agrupamiento de familias superconductoras. Análisis de tendencias en negocios tecnológicos. Geo-estadística o dónde abrir negocios.</p>

**TABLA 1:** Ejemplos de inserción curricular de temas asociados a las nanociencias.

Además de la inserción curricular propuesta, podemos aprovechar los internados de investigación de verano promovidos por la Escuela de Ciencias en colaboración con el Miami Dade College. Durante ocho años consecutivos estos

se han ido ofreciendo y ganado popularidad dentro de los estudiantes y profesores. Actualmente, la temática de las nanociencias, ha sido incluida en varios proyectos que abarcan modelación de hipertermia magnética a través de nano partículas magnéticas para combatir tumores [17], modelación de la respuesta óptica de composites de nano partículas considerando la distribución espacial de las mismas [18], obtención de nano partículas de plata y magnetita para ser utilizadas con fines biomédicos.

En la figura 7 se muestra una parte de las líneas de investigación y su mapa de conexiones con cursos ofrecidos por la escuela.



FIGURA 7. Representación esquemática de la integración de temas de investigación con cursos del programa de pre-grado donde la inserción de las nano ciencias permite su difusión y discusión de acuerdo a necesidades concretas.

Debido a que está en sus comienzos y que las muestras son pequeñas todavía, es difícil cuantificar la eficacia de esta aproximación. Por primera vez se logró concretar el “Día de la Nanociencias” (Nano for a Day); debido a un esfuerzo en conjunto entre el programa de Biología Molecular y la asignatura de Física. El tema central de la primera edición giró alrededor de la Nanomedicina. Los investigadores del programa de Biología Molecular comienzan a mostrar interés en tratamientos usando nanotecnología para combatir el cáncer de seno, así como, el uso de nano-andamios (nano-scaffoldings) en neurociencias y terapia regenerativa para daños de la espina dorsal.

## Conclusiones

La enseñanza de las nanociencias y la nanotecnología puede darse por métodos alternos a la enseñanza tradicional de las mismas. Para instituciones de no gran tamaño, con matriculas por debajo de los 10,000 estudiantes y con programas de ciencias no muy amplios, la inserción curricular está más a tono con el carácter de “Arte – Liberal” en que se sustentan los modelos educativos de este tipo de instituciones. Además, la inserción curricular permitiría a los estudiantes tomar conciencia de la utilidad de los métodos que se aprenden en la universidad, así como despertar el espíritu emprendedor de los mismos. Este último punto es de suma importancia, pues más de la mitad de los graduados van al sector industrial, de negocios o de servicios. Sólo una minoría sigue hacia programas de post-gradó.

## Conflicto de intereses

Las ideas discutidas y presentadas en este trabajo son el resultado de análisis del autor y no involucran posiciones al respecto de parte de la institución de procedencia.

## Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad de St. Thomas por el auspicio y fondos para la participación en NANODYF 2017, así como a la red NANODYF por su apoyo para la participación en este evento.

## Referencias

- [1] J.Beesty, Emerging Health Threats Journal **3**, 7098 (2010); C.P. Slade, Minerva **86**, 49 – 71 (2011); G.M. Zenner and W.C. Crone, Journal of Nanoparticle Research **9**, 183 – 189 (2007); D.A. Scheufele and B.V. Lewestein, Journal of Nanoparticle Research **7**, 659 – 667 (2005).
- [2] J. Stanton, An introduction to data science, Syracuse University, [https://storage2.ischool.syr.edu/media.ischool.syr.edu/oldmedia/documents/2012/3/DataScienceBook1\\_1.pdf](https://storage2.ischool.syr.edu/media.ischool.syr.edu/oldmedia/documents/2012/3/DataScienceBook1_1.pdf); J.H. Panchal, S.R. Kalidindi, D.L. McDowell, Computer-Aided Design **45**, 4 – 25 (2013); D.A.C. Beck, J.M. Carothers, V.R. Subramanian, and J. Pfaendtner, AIChE Journal **62**, 1402 – 1416 (2016).
- [3] Nanotechnology National Initiative, [www.nano.gov/education-training/teacher-resources](http://www.nano.gov/education-training/teacher-resources).
- [4] Nanotechnologies, [https://ec.europa.eu/research/industrial\\_technologies/pdf/nano-hands-on-activities\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/nano-hands-on-activities_en.pdf)

- [5] Guía Didáctica para la Enseñanza de las Nanotecnología en Educación Secundaria, Editores N. Takeuchi, P. Serena, J. Giraldo y J. Tutor, (2004).
- [6] K. Srinivas, Nat. Science Journal of Education **2**(2), 58 - 64 (2014).
- [7] J.V. Ernst, The Journal of Technology Studies 3-6 (2009); G.S. Ahmed, International Journal of Information and Communication Technology Education **8** (3), 55-63 (2012).
- [8] D. Chari, P. Irving, R. Howard, and B. Bowe, International Journal of Engineering Education **28** (5), 1046 - 1055 (2012); N.I. Ghattas, J.S. Carver, Research in Science and Technological Education **30** (3), 271-284 (2012).
- [9] St. Thomas Factbook, <http://web.stu.edu/Portals/0/OIR/FB2015.pdf>
- [10] D. Quesada, Momento **54E**, 28-37 (2017).
- [11] J. Bardeen, L.N. Cooper, J.R. Schrieffer, Phys. Rev. **108**, 1175-1204 (1957).
- [12] R. Baquero, Rev. Acad. Colomb. Cienc. **38** (Supl.), 18-33 (2014).
- [13] M.R. Norman, Rep. Prog. Phys. **79**, 074502 (2016); M. Klintenberg and O. Eriksson, Comp. Mat. Sci. **67**, 282-286 (2013).
- [14] F. Wilczek, Nature **433**, 239-247 (2005); E. Witten, in PWA90: A life of emergence, World Scientific, pp 73-89 (2016).
- [15] D. Quesada, Int. J. Mod. Phys. B **17**, 3559 (2003); D. Quesada, Physica C 364-365, 170 (2001).
- [16] D. Quesada, R. Pena, and C. Trallero-Giner, Physica C **322**, 169 (1999); R. Baquero, D. Quesada, and C. Trallero-Giner, Physics C **271**, 122 (1996).
- [17] M.V. Barreat and D. Quesada, *In Proceedings of the MOL2NET, International Conference on Multidisciplinary Sciences*, Sciforum Electronic Conference Series, Vol. 3, 2017; doi:10.3390/mol2net-03-05100, <http://sciforum.net/conference/161/paper/5100>
- [18] D. Quesada, J. Cotton, J. Morales, *In Proceedings of the MOL2NET, International Conference on Multidisciplinary Sciences*, 5 December 2016–25 January 2017; Sciforum Electronic Conference Series, Vol. 2, 2016 ; doi:10.3390/mol2net-02-03834, (2016).