

## Proyecto de educación, artes, ciencias y tecnología: $10^{-9}$ = ¿yin o yang?

### Introducción

Es un hecho, al finalizar cada ciclo escolar, la convocatoria del Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología de la Nación a la Feria Nacional de Innovación Educativa. En esta ocasión, se llevó a cabo la edición 2019 (FNIE) en la que participaron alrededor de 2000 estudiantes de todos los niveles y modalidades del país, junto con sus docentes. Se desarrolló en Tecnópolis, Provincia de Buenos Aires a partir del 31 de octubre. La convocatoria atendió a "favorecer en docentes y estudiantes el desarrollo de habilidades de indagación, expresión y comunicación que permitan el descubrimiento y la apropiación tanto de valores como de principios y metodologías de las artes, las ciencias y la tecnología" (Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, 2019).

Paralelamente, la institución educativa que representamos, "Colegio Provincial Dr. José María Sobral" de la ciudad de Ushuaia ubicada en la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, en el extremo austral de Sudamérica cada año promueve el desarrollo de este tipo de actividades entre los estudiantes. Partimos de la concepción de que la Feria de Ciencias constituye un proceso educativo que surge en el aula, se extiende a través del ciclo escolar y se instala en la escuela como una estrategia de mejora de los aprendizajes y de optimización de la enseñanza (Ministerio de Educación, 2018). De esta manera, la feria es una actividad curricular que favorece que el foco de los trabajos esté en los contenidos de los diseños curriculares correspondientes a cada una de las jurisdicciones.

En cierta medida, tiene un claro objetivo educativo, no científico. Estos son realizados por un conjunto de estudiantes dirigidos por sus docentes, que no son especialistas ni científicos. Atento a ello, nuestro trabajo al interior del "Colegio José María Sobral" como lo hacemos desde hace seis años de manera continua, tiene la finalidad de que la institución participe en la comunidad con distintos proyectos para visibilizar su imagen. Objetivo que viene siendo trabajado a lo largo de varios años en los diferentes cursos y con variadas propuestas. Dado el nivel socioeconómico de los/las estudiantes que asisten a ella, un gran número de personas y en algunos casos los mismos estudiantes, manifiestan que esta es inadecuada, lo cual genera malestar en la institución y los/as alumnos/as porque se desarrollan variados trabajos y se opacan con este etiquetamiento.

De ahí que, en este artículo, compartimos un proyecto de investigación escolar basado en el estudio de la biotecnología y el desarrollo de productos nanotecnológicos en medicina y en contextos militares, desarrollado en el año 2019 y que fuera presentado en la Feria Nacional. Dado la temática abordada, sostenemos la idea de que no necesariamente ha de ser un trabajo de índole práctico sino que consideramos viable estudiar problemáticas sociales que por su carácter requieren de la búsqueda de

por Eliana Gonzalez, Juan Manuel Guerra, Gisel Puma, Alejo Barría, Darío Díaz, Gabriel Gómez, Siomara López, Alexis Gonzalez, Jeremías Caruso, Nicolás More, Facundo Mela, Tomás Minardi, Víctor Rocillo, Leandro Venegas y Josué Cristaldo  
eliana-gonzalez88@hotmail.com

Eliana Gonzalez es Profesora de Biología (IPES "Florentino Ameghino"), Lic. en Enseñanza de la Biología (CAECE), Especialista en Políticas Socioeducativas (IPES "Florentino Ameghino") y Diplomada en Gestión Educativa (UTN). Se desempeña como docente de Ciencias Naturales en el Colegio José María Sobral y el Colegio Polivalente de Arte. A su vez, es docente en el Profesorado de Biología, en los espacios de Didáctica específica I - II y en Práctica IV, del Instituto de Superior de Formación Docente IPES "Florentino Ameghino" de la ciudad de Ushuaia.

Juan Manuel Guerra es editor de cine y video (Centro de Formación Profesional del S.I.C.A.). Se desempeña como docente en el Colegio José María Sobral.

Puma, Gisel Barría, Alejo Díaz, Darío Gómez, Gabriel López, Siomara Gonzalez, Alexis Caruso, Jeremías More, Nicolás Mela, Facundo Minardi, Tomás Rocillo, Víctor Venegas, Leandro y Cristaldo Josué: estudiantes de 6to 7ma del "Colegio José María Sobral" del Bachiller en Ciencias Naturales.

bibliografía de referencia. Este tipo de proyectos suma un aspecto comunicacional específico y es receptor de una serie de evaluaciones sucesivas que van mejorando el proceso y, en consecuencia, sus resultados.

Nos centraremos fundamentalmente en el proceso que se llevó a cabo para concretar la presentación en la Feria de Ciencias, siempre pensando en superar cada una de las instancias y llegar a la nacional. El trabajo fue realizado por los estudiantes de 6° 7a de la ESO- Orientación de Ciencias Naturales- del "Colegio Provincial Dr. José María Sobral" de la ciudad de Ushuaia guiados por la docente de la materia "Biotecnología" Lic. Eliana Gonzalez, el cual dio respuesta a los siguientes objetivos:

Identificar los avances nanotecnológicos que se obtuvieron a partir de la elaboración de elementos vinculados con la nanomedicina y para uso militar.

Analizar el vínculo o intereses económicos y políticos que influyen en el desarrollo de la nanotecnología, desmitificando la neutralidad y objetividad de las investigaciones científicas.

Comunicar a la comunidad educativa las conclusiones para dar a conocer la problemática.

## ¿Cómo iniciamos el proyecto de Feria de Ciencias, Tecnología y Artes en el 2019?

En este apartado, antes de introducirnos en nuestro trabajo, queremos compartir el desafío que implica para la institución llevar adelante un proyecto de investigación de índole teórica. En el año 2019, el coordinador y la coordinadora de Ciencias Naturales, realizaron una reunión de área y entre los distintos temas abordados surgió la Feria de Ciencias y su desarrollo desde el espacio curricular "Biotecnología". En este encuentro, le dimos un espacio privilegiado a la investigación escolar y sus implicancias. Acordamos con Melina Furman (2016) cuando dice: que "aprender a investigar no es una tarea fácil. Para que esto suceda, los docentes tienen que acompañar a los estudiantes muy de cerca, orientándolos en la formulación de buenas preguntas, guiándolos en la posibilidad de pensar y discutir acerca de cómo van a responderlas y facilitando el camino para darle sentido a la información que recogieron en función de sus interrogantes iniciales. Sin esa guía, el proceso de investigación corre el riesgo de convertirse en un mero hacer sin pensar... Sin esa ayuda, la maravillosa chance que ofrecen las Ferias de Ciencias... para enseñar a mirar el mundo con ojos científicos puede convertirse en una oportunidad perdida ¿Qué les sucede a los trabajos para convertirse en trabajos de feria? Simplemente, suma un aspecto comunicacional específico y además, es receptor de una serie de evaluaciones sucesivas que van optimizando el proceso llevado adelante en el proyecto planteado y, en consecuencia, sus resultados. De

esta manera, la feria es una actividad curricular que propicia que el foco de los trabajos esté en los contenidos de los diseños curriculares correspondientes a cada una de las jurisdicciones. En cierta medida, tienen un claro objetivo educativo, no científico, por lo que tampoco son "actividades científicas" ya que estas son hechas por especialistas en sus centros de investigación. En cambio los trabajos de feria de ciencias son hechos por un conjunto de estudiantes, sujetos que recién están apropiándose de la cultura científica, dirigidos por su docente, que no es un especialista ni un científico.

Por consiguiente, aceptamos el desafío y luego de trabajar los contenidos vinculados a la construcción histórica de la disciplina científico-tecnológica, identificando su presencia desde la antigüedad hasta el presente, conversamos con los/las estudiantes acerca de la participación en la Feria de Ciencias. A continuación analizamos el programa de la asignatura y los invitamos a plantearse preguntas sobre distintas temáticas de su interés para profundizar en ellas. Esta actividad, la realizaron en pequeños grupos y a continuación de la puesta en común, registramos las diferentes propuestas. Por momentos parecía que todas eran atrayentes, razón por la cual argumentamos el valor de cada una de ellas. De este modo, fueron descartando algunas, dado que entendían que eran temas conocidos por las personas a quienes estaría dirigido su trabajo. En este ambiente, uno de ellos plantea el tema *nanotecnología* y empieza a explicar lo que él conocía. A partir de este supuesto, se generó un debate interesante y posteriormente la votación de los estudiantes. La problemática fue elegida porque la consideraron un tema del que *no se habla o no se conoce* y se preguntaban por qué. Como profesora avalamos la temática y la consideramos de interés. A propósito, hacemos propias las palabras de Tutor Sánchez (2014) cuando señala: "En la actualidad, a nivel no universitario, una adecuada formación en Nanotecnología es fundamental para todos los alumnos, cualquiera sea su condición sociocultural, aptitud, interés, capacidad y proyección pre-profesional futura u orientación vocacional. El cumplimiento de este reto iberoamericano hará que nuestra región alcance un importante lugar en la formación en Nanotecnología a nivel preuniversitario, que permita estar a la altura de otros bloques regionales a nivel mundial en dicha formación", lo cual está ligado a una de las inquietudes de los/las jóvenes vinculadas al poder político y a las inversiones en estudios científicos en estos temas.

Una vez seleccionado el tema delimitamos la "situación problemática" que da origen a la investigación: ¿Qué utilidades tiene la Nanotecnología para el ámbito de la salud? ¿En qué situación se encuentra nuestro país en el desarrollo de esta área? A este respecto, cuando se delibera en torno a un problema dado, a lo largo de la investigación se debe resolver con conclusiones provisionales, que se irán

complejizando para arribar finalmente a la conclusión del trabajo, sin descartar que al finalizar la misma aparezcan nuevos interrogantes. Como hipótesis determinamos que dentro de *las utilidades de la Nanotecnología para el ámbito de la salud podrían estar relacionados con: la reconstrucción de tejidos, la reconstrucción celular, la cura del cáncer, el evitar operaciones de alta complejidad, así como favorecer el aumento de las defensas*. A su vez, anticiparon que no existen avances en el ambiente público de nuestro país debido a la falta de inversión del Estado, situación que genera que las empresas privadas atesoren la construcción de conocimientos en esta área, con el riesgo del desarrollo de armas para uso militar.

## El porqué de las estrategias utilizadas

Ya teníamos el problema planteado, las hipótesis y anticipaciones sobre el tema a investigar, había que decidir las estrategias a utilizar. Generalmente, cuando nos referimos a trabajos científicos, pensamos en estrategias vinculadas a trabajos de laboratorio. Pero, no necesariamente ha de ser un trabajo de índole práctica, es viable estudiar problemáticas socio científicas a partir de la búsqueda de bibliografía de referencia. Resulta interesante conocer cuáles son las fuentes de información que utilizaron los/las estudiantes para informarse sobre estos temas. Dado la escasa bibliografía específica, retomamos lo que plantea Occelli, et al. (2018) como uno de los principales problemas, asociado a las estrategias, que presenta el abordaje de las temáticas biotecnológicas controvertidas. En general, las utilizadas con mayor frecuencia en temas eminentemente teóricos están vinculadas a la indagación bibliográfica. Al respecto Occelli (2018) señala dos posiciones contrarias relacionadas a trabajos que se basan en la bibliografía. Desde la primera, los docentes realizan ellos mismos la búsqueda de información para asegurarse fuentes válidas tales como *artículos científicos, publicaciones en el diario, documentales, textos seleccionados de revistas de divulgación científica o páginas web*. Desde la segunda, indican algunos criterios a sus estudiantes para identificar estas fuentes. Interesa aquí destacar que en el análisis de la credibilidad de la información (en una u otra modalidad) se han de poner en juego criterios específicos del dominio del conocimiento (evidencia científica o la coherencia entre metodología y análisis de datos, etc.). Por lo general, los criterios aportados por los docentes, en este tipo de investigaciones, son independientes del dominio de conocimiento y no específicos de las ciencias (identificación de un autor y su afiliación, la fecha de su publicación o revisión, etc.) En este caso, se estaría perdiendo gran parte del valor epistémico de debatir sobre controversias (Occelli, 2018). Aportes que nos resultaron de alto valor para la búsqueda bibliográfica, por lo cual intentamos aportar criterios que ayudaron a los/as jóvenes a identificar fuentes de información válidas. El

abordaje de controversias sociocientíficas brinda oportunidades para análisis crítico de la calidad de la información, ya que los alumnos pueden comenzar a comprender cómo interactúan en una controversia las pruebas, los valores y visiones del mundo, y así hacer explícito lo que está en juego en dicha controversia (Levinson, 2006 Jiménez Aleixandre, 2010 Martínez, 2014 citados en Occelli, 2018).

Conscientes de las dificultades que se nos podían presentar con la bibliografía, lo primero que hicimos es indagar si la biblioteca del colegio disponía material acorde al tema y nos encontramos que la bibliografía existente adolece lo que señalamos líneas arriba. Lamentablemente no había insumos, razón por la cual recurrimos a buscar investigaciones o textos en internet. Debemos decir que fue un trabajo complicado, puesto que la mayor parte de los estudios, dado la especificidad de la temática, no son gratuitos. Por lo tanto, comenzamos a trabajar con esos materiales, lo cual nos permitió percibir que inevitablemente es un tema que no está al alcance de toda la sociedad, razón por la cual despertó mayor interés en los/las alumnos/as.

## Manos a la obra

Una vez resuelto los temas a trabajar y la bibliografía a utilizar, fuimos organizando los distintos grupos acorde a la hipótesis planteada. La distribución, la realizaron los jóvenes conforme a sus intereses y dividieron los temas previamente pactados. Finalmente, al momento de pensar los apartados coincidieron en que era necesario constituir dos grandes grupos: uno que se abocara a los usos de la nanotecnología en medicina y el otro a los usos militares. Sin lugar a dudas el segundo, fue más activo porque la información les llamaba la atención por lo controversial sin embargo, algo similar ocurrió con el primero cuando emprendió el desarrollo de esta ciencia en nuestro país. Allí atendieron a la importancia de la acción ciudadana para reclamar inversiones en un área en la cual Argentina cuenta con investigadores formados en disciplinas de fuerte impronta, fundamentalmente físicos, químicos y especialistas en ciencias de los materiales, en determinadas temáticas relacionadas al área de trabajo, cuyo avance dependerá de las políticas que potencien esas áreas.

Cada uno de los grupos comenzó a elaborar su síntesis sin perder de vista la información que necesitaba. Así trabajaron durante las siguientes clases y antes de culminar la hora, realizábamos una puesta en común. Toda la búsqueda quedaba registrada en las computadoras del Programa Conectar Igualdad (Figura 1). En ese devenir, uno de los grupos encontró información sobre el uso de armas con nanotecnología en otros países y fue un impacto para ellos, decían "noo, profe esto no está bien".





Figura 1. Estudiantes de 6to 7ma del "Colegio Provincial Dr. José María Sobral" de la ciudad de Ushuaia, Tierra del Fuego, realizando los resúmenes con sus computadoras del Programa Conectar Igualdad. Foto: Eliana Gonzalez.

Mientras la construcción del trabajo continuaba, nos comunicamos con el coordinador Fernando Rodríguez y el vicedirector Roberto Fernández para informales las acciones que veníamos desarrollando. Por cuestiones de tiempo, no pudimos concretar una reunión prevista en la cual dialogarían con el grupo. Por otra parte, se presentaron otros inconvenientes, dado que hubo varios días sin clases por problemas edilicios o bien por charlas previas a las elecciones nacionales. Sumado a esto, a las dos semanas de clases del mes de julio solo concurrieron los/as estudiantes que adeudaban materias y esto dificultó la posibilidad de que presentáramos el trabajo a la comunidad educativa en primera instancia.

Otro de los problemas que surgió estuvo relacionado con la falta de entrevistas a científicos ya que no hay especialistas en nanotecnología en nuestra provincia. Sin embargo, mantuvimos un encuentro con el Dr. Santiago Ceballos, Integrante del Laboratorio de Ecología, Fisiología y Evolución de Organismos Acuáticos del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) e Investigador Asistente del CONICET, quién brindó información sobre algunos



Figura 2. Estudiantes de 6to 7ma del "Colegio Provincial Dr. José María Sobral" en el encuentro, en el salón del CADIC-CONICET, con el Dr. Santiago Ceballos, quién brindó información sobre algunos avances en el área de la nanotecnología a nivel nacional. Foto: Eliana Gonzalez.

avances en el área a nivel nacional (Figura 2). En este sentido, consideramos que las entrevistas a informantes claves son importantes, por lo cual en este caso específicamente el profesional fue seleccionado cuidadosamente a los fines de obtener información acerca de las actividades que se están realizando en Argentina. Primero, completamos con los/las estudiantes un trabajo previo en el cual elaboraron las preguntas al investigador y la información que necesitaban completar.

Paralelamente al trabajo con las computadoras de conectar igualdad íbamos confeccionando la carpeta de campo (Figura 3), uno de los requisitos fundamentales de la feria de ciencias. Asimismo las síntesis finales de los trabajos de cada uno de los grupos constan en estos cuadernos. En este artículo se presentan acotadas, por razones de espacio, a los fines de dar una idea general de la temática (Recuadros 1 a 5). Así llegó el momento de pensar en el stand al respecto concluimos que los materiales y la estructura tendrían que contribuir a despertar el interés de los visitantes de modo que se acercaran a escuchar el trabajo. Así, surgió la idea de filmar un video, la principal influencia para ello devino del grupo encargado de analizar el desarrollo de las políticas públicas en nuestro país cuando explica que los avances nanotecnológicos en medicina son potestad de las empresas privadas y para acceder a ellos hay que pagar. Una de las estudiantes retoma esta idea dado que contábamos con todos los elementos: el equipo de filmación del colegio, la alumna que escribiría el guion (bailarina de danzas contemporáneas) y el tutor de comunicación Juan Guerra quien trabajó junto a la estudiante. Es así que, a los pocos días grabamos el videoclip en el curso y en el patio exterior de la institución (Figuras 4 y 5), pensando cómo se sentiría una adolescente si tuviera una enfermedad posible de ser curada, pero fuera de su alcance por no poder acceder a los



Figura 3: Carpeta de campo confeccionando por los estudiantes. Uno de los requisitos fundamentales de la feria de ciencias. Foto: Eliana Gonzalez

TEXTO PRINCIPAL CONTINÚA EN LA PÁGINA 26



Figura 4. El tutor de comunicación Juan Guerra (docente) y los estudiantes filmando las escenas de exterior.  
Foto: Eliana Gonzalez.



Figura 5. Siomara (estudiante y protagonista del video) y Juan Guerra (docente) filmando las escenas de exterior. Foto: Eliana Gonzalez

## ¿Qué es la nanotecnología?

"La nanotecnología es la revolución tecnológica en curso. Es el estudio y la manipulación de la materia en escala muy pequeña, un rango entre 1 y 100 nanómetros. Dicho de otra forma, la nanotecnología manipula átomos y moléculas para construir cosas (o seres vivos)" Foladori, G. e Invernizzi, N. (2006) p. 326 "La nanotecnología definida por el tamaño es naturalmente un campo muy amplio, que incluye diferentes disciplinas de la ciencia tan diversas como la ciencia de superficies, química orgánica, biología molecular, física de los semiconductores, microfabricación, etc." (Rajiv et al., 2010).



Una de las características de la nanotecnología es tener cuatro aspectos. El primero, se trata de construir desde lo más pequeño (moléculas y átomos) a lo más grande (producto final), en vez de comenzar por la materia física tal como viene dado en la naturaleza, según sus estructuras de unión, se reduce al tamaño de objetos de uso. Proceso denominado: bottom-up.

En segundo lugar, podemos señalar que en ese nivel atómico no hay diferencias entre la materia abiótica y biótica, de modo que resulta viable aplicar el procedimiento biológico a los procesos materiales, o interferir con materiales en los cuerpos vivos, adecuando estos últimos a fines precisos ofreciendo ventajas particulares, también crear vida artificial para desempeñar determinadas funciones. Por ejemplo, dispositivos que permitieran al cuerpo descansar sin dormir lo que sería útil en la guerra y en otras actividades que requieran de una importante intensidad física y mental.

En tercer lugar, los elementos químicos manipulados en el nivel nano despliegan propiedades físicas diferentes que las correspondientes a una escala mayor. Puede que sea más fuerte, extremadamente resistente y ofrezca mayor conductividad eléctrica, cambio de color, etc. Al cambiar esto ocasionan cosas que sorprenden a los científicos. Algunos de los nano-materiales que ya están a la venta aprovechan todo esto.

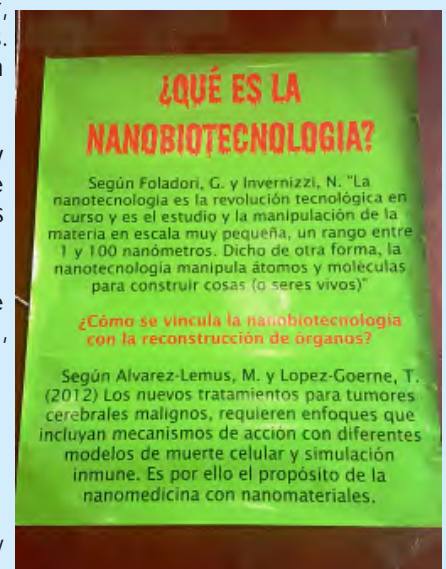
Por último, la nanotecnología es la unión de varias tecnologías y ciencias, como la informática, la biotecnología y tecnología de materiales. Todo esto es muy novedoso y obligará a reelaborar planes de estudio tal vez desde la educación primaria.

"NANO es el prefijo utilizado para indicar la milmillonésima parte de algo, en términos de imitación científica se expresa como  $1 \times 10^{-9}$ ", algunos ejemplos de esta serían:

$$1 \text{ nanometro} = 0,000000001 \text{ metros} = 1 \times 10^{-9}$$

$$1 \text{ nanosegundo} = 0,000000001 \text{ segundos} = 1 \times 10^{-9}$$

Fuentes: Rajiv et al. (2010) Foladori, G. e Invernizzi, N. (2006) Álvarez-Lemus, M. y López-Goerne, T. (2012).





¿Qué es la nanomedicina?

La nanomedicina es la rama de la nanotecnología que irrumpe en la medicina. La inclusión de la nanotecnología en las ciencias de la salud ha permitido generar una nueva disciplina, cuyo principal objetivo es el desarrollo de materiales para diagnosticar, prevenir y tratar enfermedades cuando están todavía en estados poco avanzados o en el inicio de su desarrollo. La nanomedicina estudia interacciones a la nanoescala. Se diseña y produce aplicaciones a escala nanométrica, es decir un nanómetro es (1nm=1x10<sup>-9</sup>m Para ello incluye nanoestructuras que interactúan a nivel celular).



Esta nueva ciencia se interesa en el nanodiagnóstico, la nanomedicina regenerativa y la liberación controlada de fármacos. El nanodiagnóstico, como lo indica su nombre, intenta identificar enfermedades en su nivel inicial, bien en el nivel celular o molecular o a nivel de una sola célula mediante el uso de nanodispositivos y sistemas de contraste, lo cual permite una rápida capacidad de respuesta y la inmediata aplicación de un tratamiento efectivo.

Por otra parte, la nanomedicina regenerativa persigue la reparación o reemplazamiento de tejidos y órganos mediante la aplicación de métodos procedentes de terapia genética y celular, dosificación de sustancias bioregenerativas e ingeniería tisular, estimulando los mecanismos recuperadores del cuerpo humano.

Fuentes: Carpeta de campo de los estudiantes con el material recopilado de lo que ellos titulan el lado bueno de la nanotecnología Lechuga, L. (2006).

Nanotecnología en la medicina contra el cáncer: nanorobots

“¿Cómo se vincula la nanotecnología con la reconstrucción de órganos?

Uno de los sectores con más perspectivas de crecimiento y que está empezando a ser una realidad es la Biotecnología y Medicina, tanto en el desarrollo de nuevas técnicas de diagnóstico y técnicas de imagen, como en tratamientos terapéuticos más efectivos, dirigidos específicamente a tejidos y órganos dañados. Gracias a las herramientas proporcionadas por la nanotecnología, están surgiendo grandes avances en el tratamiento de diversas enfermedades, tales como cáncer, enfermedades neurodegenerativas, autoinmunes, cardiovasculares, etc.



En este apartado nos dedicaremos fundamentalmente al tratamiento del Cáncer, específicamente a los tumores cerebrales y enfermedades cardiovasculares:

Según los nuevos tratamientos para tumores cerebrales malignos, requieren enfoques que incluyan mecanismos de acción con diferentes modelos de muerte celular y simulación inmune. Es por ello el propósito de la nanomedicina con nanomateriales (Alvarez-Lemus y Lopez-Goerne, 2012). La potencialidad de cura del cáncer con la nanotecnología es a mediano y largo plazo, ya que es posible una terapia para desarrollar el tratamiento de tumores cerebrales:

Sistemas de diagnóstico e imagen que permitan detectar un proceso desde etapas muy tempranas (es cuando aún se tienen muy pocas células), que sea capaz de identificar la estirpe. Esto puede ser posible mediante el marcaje de células y con el desarrollo de nuevas técnicas de imagen.

Dispositivos multifuncionales capaces de evitar barreras biológicas para transportar múltiples agentes terapéuticos directamente a las células cancerígenas y aquellos tejidos que juegan un papel crítico en el crecimiento y metástasis del cáncer.

Sistemas que proporcionen información en tiempo real de los efectos terapéuticos y/o de la cirugía sobre la zona tumoral.

Agentes que pueden predecir cambios moleculares y prevenir que las células precancerosas se conviertan en malignas.

Con el uso de herramientas de la nanotecnología se podrían desarrollar nuevas alternativas para que en un futuro pueda mejorar la expectativa de vida y controlar la enfermedad. La Administración de Drogas y Alimentos de los EEUU de Norteamérica (FDA) ha aprobado ya algunos tratamientos anticáncer basados en nanopartículas.

La nanotecnología también se ha aplicado en la rehabilitación cardíaca. Consiste en la aplicación de parches tridimensionales de alginato que contienen nanoalambres de oro y células madres. Los nanoalambres permiten una estimulación eléctrica homogénea de las células madres lo que proviene procesos remodelación desorganizada de la pared miocárdica proporcionando una recuperación de la función del corazón (Pastrana y Bernal, 2015).

A partir de las primeras lecturas podemos afirmar que existe un conflicto social en relación a este tema. Lo cierto es que los investigadores a través de diferentes medios han señalado los problemas que se presentan, con lo cual se evidencia que en líneas generales las políticas públicas no contribuyen a la actividad científica. En el desarrollo de este tema indagamos en algunos medios de difusión y en las instituciones oficiales que se dedican a la investigación y el desarrollo tecnológico, lo cual nos permite afirmar que se presentan serias dificultades en el ámbito de la investigación. Partimos de algunas notas periodísticas para finalizar con un informe del CONICET quien plantea su situación. Estas lecturas nos permiten visualizar dos aspectos que confluyen: por un lado las políticas públicas no son favorables y por el otro es un tema en el cual la sociedad muestra cierta pasividad.

Así, Mariana Simian, la científica del CONICET se presentó en el programa en TV ¿Quién quiere ser millonario?, donde aseguró que invertiría los 500 mil pesos que ganó en el concurso para financiar investigaciones relacionadas a la cura del cáncer "porque los fondos no alcanzan"<sup>2</sup>. "No nos depositan los subsidios que tenemos ganados y tenemos que trabajar. Me anoté porque soy osada y me pareció una oportunidad, expresó la bióloga. Si bien, cuando estábamos desarrollando nuestro trabajo surgió esta noticia, tenemos conocimiento de que son varios los medios de comunicación que reclaman por el apoyo a la investigación y al quehacer científico. En este orden, podemos señalar que algunos científicos dejan su trabajo de investigador y se radican en otros países o dejaron de seguir la carrera de investigación, sino reciben apoyo en sus investigaciones.

Atento a ello, el CONICET preocupado por el debate público en los medios de comunicación se pronunció al respecto señalando "la necesidad de dirigirse a la opinión pública con el objeto de señalar la necesidad de elevar el nivel de la discusión y recuperar la visión creativa y visionaria de líderes como Domingo Faustino Sarmiento y Bernardo Houssay, quienes delinearon el desarrollo científico actual del país". Con ese fin, deja explícita su posición:

- En la Argentina se observa una inversión baja en ciencia y tecnología, que muestra un retraso progresivo con respecto a otros países de la región. Con un presupuesto global que afectará la formación de los recursos humanos necesarios, comprometiendo el futuro desarrollo económico y la preservación de su soberanía intelectual y cultural.

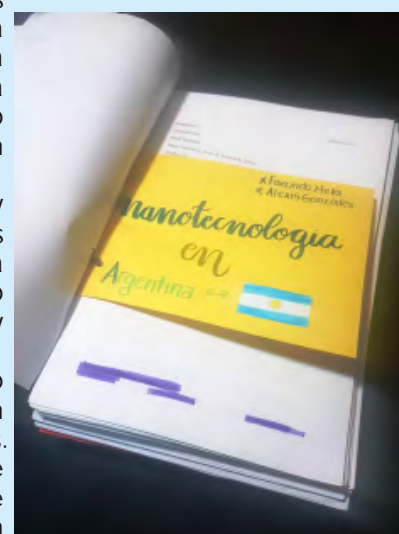
- Las reformas propuestas llevan el riesgo de ocasionar un deterioro aún mayor al sistema científico argentino. Los cambios bruscos, tienen pocas chances de resultar exitosos, aún con la mejor de las intenciones. Asimismo, debe tenerse en cuenta que CONICET, ha sido capaz de mantener un dilatado período de productividad sostenida, a pesar de severas restricciones económicas. Más aún, la institución cuenta con mecanismos adecuados para corregir sus errores, siempre y cuando se atiende a las opiniones de la comunidad científica.

"En razón de lo que antecede, la Academia Nacional de Ciencias considera que no debería abordarse una política de modificaciones profundas mediando un período de deliberación y análisis que permita acercar los intereses y deseos de todos los sectores involucrados, y en particular, de los argentinos que hacen de la investigación científica una tarea cotidiana.

Asimismo, se considera de vital importancia asegurar que el CONICET y cualquier otra institución científica en Argentina sean manejados por investigadores de prestigio, cuya idoneidad sea reconocida y respetada por sus colegas" (CONICET, Argentina).

Por lo cual, entendemos que si las políticas públicas no apoyan a los científicos no mejorará la calidad de vida de los ciudadanos, porque son ellos lo que investigan todas las enfermedades, así como los remedios para curar, tener patentes o mantener estable las enfermedades del cuerpo humano. Sin las ayudas de políticas públicas claras no pueden investigar.

Según Salvarezza C. (2011) "las autoridades de ciencia y técnica de Argentina comenzaron a divisar las oportunidades de nanociencias y nanotecnologías (NyN) en el año 2003. En ese año, fue la Secretaria de la Ciencia y Tecnología (SECyT) dependiente del ministerio de educación, quien estaba a cargo de promocionar y financiar las actividades I+D. es un área de interés para Argentina y considera a la misma como área de vacancia. Al año siguiente, en el marco del Programa de Áreas de Vacancias se incluye en forma explícita la NyN y se convoca a la constitución de Redes a través de la Agencia Nacional de promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Por otra parte afirma que, "en



Materiales de lectura en la carpeta de campo de los estudiantes con el material recopilado de lo que ellos titulan "Nanotecnología en Argentina". Se observan los aportes de Facundo Mela y Alexis Gonzalez. Foto: Eliana Gonzalez

2- <https://www.infobae.com/teleshow/paso-en-la-tv/2019/05/08/quien-quiere-ser-millonario-una-biologa-gano-medio-millon-de-pesos-para-investigar-el-cancer/>

general puede decirse que NyN en Argentina despiertan el interés del gobierno y de los sectores académicos, recién comienza a interesar a los sectores productivos y todavía está lejos de captar la atención de la sociedad a pesar de las actividades de difusión realizadas". Se espera que el incremento de la actividad científica y de transferencia tecnológica vaya generando mayor difusión y recepción por parte de la sociedad". Lo cual resultaría de sumo interés porque como estudiantes consideramos que si la sociedad se moviliza, las nanociencias pueden contribuir a los objetivos planteados, de allí que nos moviliza trabajar estos temas, justamente para darlos a conocer a la sociedad, que en general los desconoce y está alejada de ellos.

Otros autores, entre ellos Spivak, et al. (2015) consideran que tanto los instrumentos como las competencias en este campo son modestas en relación a aquellas de los países altamente desarrollados. En este apartado señalan: "Somos conscientes luego del trabajo realizado que "el desarrollo de las N&N en Argentina, para referirse a una serie de líneas de investigación, se inicia con el nuevo milenio. El mismo resulta de la convergencia de investigadores formados en disciplinas de fuerte impronta en el país, fundamentalmente físicos, químicos y especialistas en ciencias de los materiales, en determinadas temáticas relacionadas al área de trabajo que asumió esa denominación a nivel internacional. Pero su avance dependerá de las políticas que potencien esas áreas", en las cuales los ciudadanos han de ser partícipes.

## ¿Armas nanobiotecnológicas?

"La materia principal de la nanotecnología son los elementos básicos de la construcción molecular, es decir son los átomos y la combinación de ellos que se convierten en moléculas. Esto lleva que los militares usen la nanotecnología como una nueva arma revolucionaria que afecte más que las nucleares puesto que permite manipular estos átomos y moléculas, haciendo posible la fabricación, reproducción y distribución de cualquier sustancia" (Delgado Ramos, G. C., 2007).

Se estima que el gasto de los gobiernos en nanotecnología a nivel mundial, pasó de 430 millones de dólares en 1997 a 3 millardos en 2003 contexto en el que EUA aportó el 25 por ciento (Roco, 2004). Por otra parte, Research (2006) supone que el gasto total mundial ascendió a 8.6 millardos de dólares. En 2005, los montos sugieren haber aumentado a 5.9 millardos del sector público, 4.5 millardos del gran y mediano empresariado y unos 500 millones de start-ups para un total de 10.9 millardos de dólares. En tanto, para el 2006 las cifras de Lux Research precisan un total de 12.4 millardos de dólares: 6.4 millardos del sector público, 5.3 del gran y mediano empresariado y unos 700 millones de *start-ups*" (Michael, 2007).

Desde la perspectiva de la capacidad ofensiva, otros rumbos anuncian que EUA, busca alentar el ensamblaje tridimensional de nano estructuras para desarrollar: a) nuevos materiales para *armas no letales* y, b) mejores versiones de la mayoría de las armas tanto nucleares como convencionales (armamento más ligero y con mayor capacidad de municiones, miras Multi espectro, balas guiadas, o armas que se auto disparan cuando es detectado el enemigo). Vale mencionar dos casos a modo de ejemplificar: el de los nano racimos de oro sensitivos y selectivos a la detección de ADN que desarrolló un programa de la Armada y que resultaron útiles para mejorar la dispersión de ántrax (tanto para blanqueo masivo y/o selectivo) o el programa de la fuerza Naval para desarrollar lo que denomina la "sexta generación de energéticos" que son utilizados para el desarrollo de municiones más potentes (Saxe-Fernández, 2002).

Otras investigaciones se avocan al uso de fotocélulas nano estructuradas "impresas" en superficies plásticas o textiles, así como al perfeccionamiento de los sistemas de transferencia/almacenamiento de energía, por ejemplo, a través de la mencionada tecnología WiTricity o la extensión de la amplitud de la carga y de la densidad de las baterías por medio del desarrollo de materiales *ad hoc*. O de aquellas que se avocan a la exponencial miniaturización y extensión de la capacidad y resistencia de los sistemas electro informático de todo tipo de equipo militar por ejemplo, centros de comando, plataformas de control, aviones, submarinos, o incluso del equipo portátil de los soldados (Kavetsky, 2004).

Por tanto, se puede decir que la consideración general sobre la plausible estrategia militar global en un contexto de uso extensivo de armamento basado en nanotecnología, apunta efectivamente hacia el fortalecimiento del uso de la denominada "guerra preventiva", y hasta de la capacidad de ejercer un devastador "primer ataque" puesto que las innovaciones tecnológicas en cuestión incrementarían todavía más el actual rango de destrucción mutua asegurada. Es así que nos encontramos con una inmensidad de aplicaciones nano-militares que los gobiernos están desarrollando y no dudarán en probarlo contra el próximo "conejo de indias" a los que ellos llaman "terrorista". La mayoría de las aplicaciones, levanta serias preocupaciones, de ahí que haya muy buenas razones para advertir e implementar límites preventivos, sobre todo en las grandes potencias que siguen con paso firme en ir a la vanguardia nanotecnológica.

Los países del primer mundo en general tratan de esforzarse para asegurarse una ventaja tecnológica sobre sus potenciales adversarios. El problema se agrava cuando las actuales administraciones están



cuestionando los acuerdos de control de armas y las preparaciones de guerra preventiva. Las aplicaciones militares de la nanotecnología tienen un potencial aún mayor que las armas nucleares para cambiar radicalmente el equilibrio de poder global en el futuro. Fundamentalmente, este potencial se encuentra en una mayor gama de opciones militares para decidir cómo responder a la agresión.

Al permitir que muchos países tuviesen capacidad de destrucción global, también podría eliminar la capacidad de los países más poderosos de controlar el escenario internacional. Y al hacer pequeños grupos auto-suficientes, podría fomentar la fragmentación de naciones. Es decir la nanotecnología puede ser un maleficio, como también un beneficio porque mientras hay avances tecnológicos muy buenos en otras áreas como salud, alimentación, medio ambiente también, hay avances en la industria de las armas y las fuerzas militares las cuales tratan de superarse cada vez más para demostrar un poderío que no sirve, al planeta si no a la arrogancia de algunos.

Además, sin controles eficaces, el número de países con capacidad para desarrollar la nanotecnología molecular podría ser mucho más alto que el número de países con capacidad nuclear, lo que aumenta el riesgo del estallido de un conflicto regional. Estados Unidos y Europa indagan dónde conseguir material nanotecnológico militar, con el objetivo de cambiar sus estrategias militares los MEMS que son "microelectrónica", dispositivos que son micrométricos inteligentes. Como por ejemplos podemos mencionar los "network", que son lanzados por un proyectil a una zona predeterminada, con un sensor que le permitirá espiar donde se haya situado el proyectil. El dispositivo sería un micro robot que lleva un nano sensor de hierro, el fusil o arma con esta tecnología, también se piensa en el futuro que se regeneran y reproduzcan técnicas genéticas y biotecnológicas.

A partir de este año se iniciará un rearme a gran escala del ejército y la armada, anunciado por Dmitry Medvedev (presidente de la federación de Rusia). La situación político-militar muestra que existe el potencial de un conflicto serio en algunas regiones, alimentado por las crisis locales y las tentativas incesantes, de la OTAN, que es un desarrollador de infraestructura militar. Los problemas de abastecimiento de ciertas categorías de armas y de medios de comunicación, que exigen una reacción inmediata por ello "la tarea principal es aumentar la preparación para el combate de nuestros poderíos". Rusia anunció el lanzamiento de un misil RS-24 con múltiples cabezas atómicas. Esto aplica con éxito la nanotecnología en la producción de armas y materiales de guerra, según informo el vicepresidente del gobierno Serguie Ivanov. Ivanov señaló que este campo de la ciencia puede cambiar radicalmente las características de la guerra. El director de centro de nanotecnología del instituto de energía de Moscú, Andre Alexeyenko, afirmó que la especialidad puede destruir de "forma inteligente" objetivos móviles, incluyendo tanques de combate, explicando que los dispositivos de menos un milímetro pueden formar una nube de cualquier tamaño y poder destructivo, provocando que invirtiera más de 1.100 millones de dólares en la nanotecnología militar.

Fuentes: Kavetsky, R. (2004) Lux Research, L. (2006) Michael, H. (2007) Roco, M. (2004) Saxe-Fernández, J. y Delgado-Ramos, G. C. (2002).

tratamientos por causas económicas. Por esta razón, el video inicia con una escena en la cual la estudiante reconociendo las posibilidades de la nanotecnología, va mostrando su angustia, enojo y soledad por no saber a quién acudir, por lo tanto, intenta transmitir esos sentimientos a través de la danza contemporánea. Al finalizar, cuando todos pensaban en una solución positiva, deja el interrogante a la audiencia: ¿puede la nanotecnología curar?

A la edición del video, la consideramos un logro ya que las personas que lo veían terminaban llorando e impactados al visualizar cómo alcanzaron a comunicar una temática tan difícil. Cabe preguntarse, ¿qué sentido tiene un video en las clases de Ciencias Naturales? Las razones son variadas: permite que los estudiantes puedan enriquecer y desarrollar la comunicación de su trabajo desde otro lenguaje, fomenta la expresión y la búsqueda creativa para manifestar un mensaje o idea. "El arte está formado por un conjunto de códigos que, al utilizarlos de forma sensible o metafórica, configuran un mensaje simbólico cuyo fin es el de transmitir una información" (Rodríguez Guerras, 2016). Por otra parte, posibilita la integración de diferentes estrategias para acceder al contenido y

vincularlo con otros para posicionarse como ciudadanos críticos y participativos en su comunidad. Vale aclarar que no es fortuito que la Feria de Innovación Educativa incluya las diferentes disciplinas, entre ellas ciencias naturales, tecnología y artes. Razón por la cual decidimos que era fundamental lograr un trabajo que promueva la integración de las clases de arte con las de la ciencia y tecnología dentro del proyecto institucional, con la puesta en valor del arte como campo de conocimiento. De este modo, junto con los documentos técnicos correspondientes, presentamos el video de registro (código QR) que permitió visualizar cómo se llevaron adelante las actividades que dieron origen al trabajo expuesto.

Consideramos que lo realmente valioso en este emprendimiento son los procesos de gestación, desarrollo y concreción del aprendizaje y, apropiación de los saberes escolares cuyo producto se muestra al público en las diversas instancias de las Ferias de Ciencias y Tecnología. Con todo listo, llegó el día de exponer en la instancia zonal que se realizó en nuestra





Figura 6 (Izq.). Instancia zonal de Feria de Ciencias en Ushuaia. Estudiantes de 6to 7ma del Colegio Provincial Dr. José María Sobral": Alejo, Gisel y Víctor junto a los estudiantes de 5to 1ra. Docentes: Eliana Gonzalez, Miguel Davoli y Tania Fernández. Figura 7 (der.). Instancia Nacional de la Feria de Ciencias en Tecnópolis. Estudiantes de 6to 7ma del "Colegio Provincial Dr. José María Sobral" de la ciudad de Ushuaia: Alejo y Gisel. Fotos: Eliana Gonzalez.

institución y permitió que los/as jóvenes pudieran comunicar su trabajo a sus compañeros/as de otros cursos, así como a los docentes de la casa (Figura 6). Quienes fueron a visitarnos se sorprendieron por la manera de adecuar el vocabulario para todas las edades y por el uso de los lenguajes artísticos como medio de comunicación. Estas mismas devoluciones recibimos en la instancia provincial y en la nacional.

La Feria Provincial se realizó en la ciudad de Rio Grande, donde nos visitaron los colegios de la zona y recogimos interesantes comentarios vinculados fundamentalmente a la parte artística del stand y a la propuesta del video. Si bien habíamos cumplido nuestro trabajo, estábamos a la expectativa de trascender la provincia y pasar a la instancia nacional. Esto se concretó y así los/as alumnos/as y profesores en representación de la institución participamos de la Feria Nacional que se realizó en Tecnópolis desde el 29 de octubre al 1 de noviembre del año en curso (Figuras 7 a 9). En esta ocasión, tuvimos la visita de

varias escuelas de otras provincias, con especial atención las de artes, quienes estaban interesadas en los logros afines a la articulación de las ciencias naturales con la danza y la pintura. Las evaluadoras enfatizaron que fue un tema arriesgado para ubicarlo dentro Ciencias Naturales porque la mayoría de las instituciones educativas se inclina por investigaciones donde se trabajan las prácticas de laboratorio.

Como cierre de este apartado, en donde nos propusimos plantear el proceso, consideramos que este trabajo generó un aporte estupendo para los chicos y chicas de este curso, lograron potenciar su escritura e imaginación y consiguieron trabajar en equipo con compromiso en pos de un objetivo. La temática no es fácil, en varios momentos no entendían por qué la biotecnología cruza aspectos sociales, políticos y económicos. Pero ese es el objetivo del espacio curricular, que puedan visualizar estos entramados y quizás elegirla como futura carrera universitaria. A su vez, vivenciar que las Ciencias Naturales también utilizan los lenguajes artísticos para comunicar y de esta manera llegar a toda

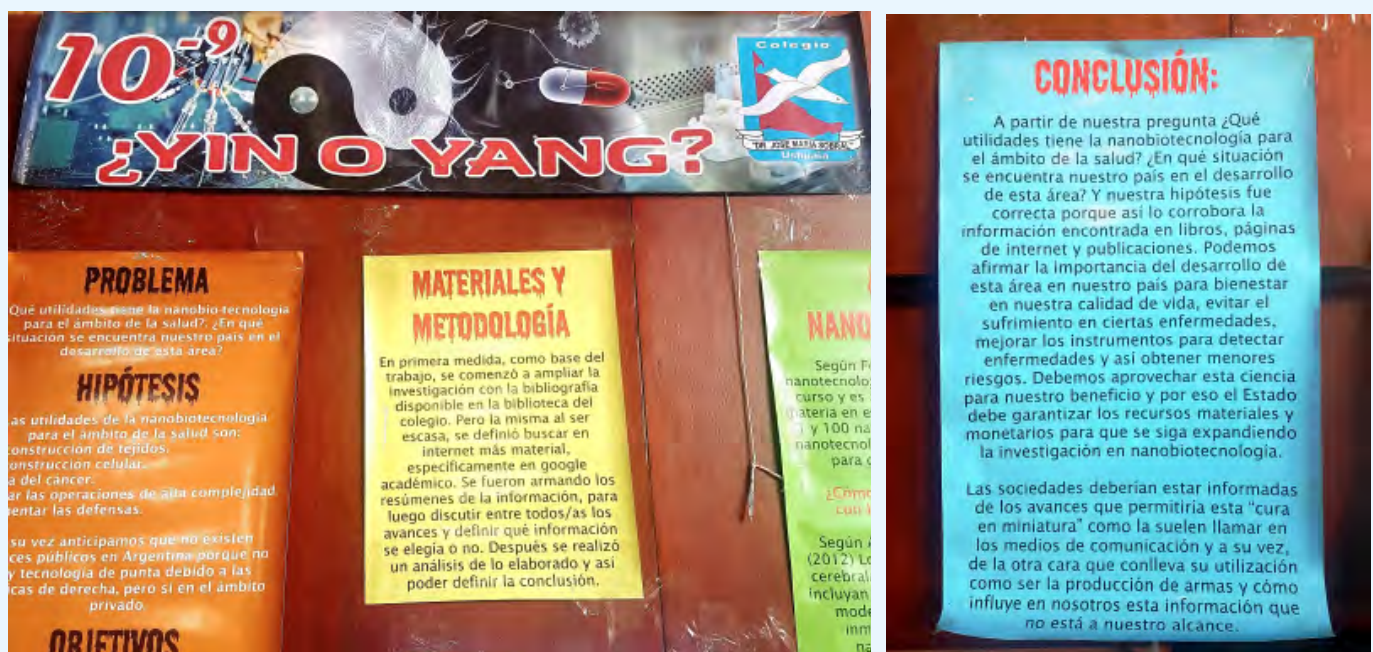


Figura 8. Imágenes de Plotters en el stand que sintetizan distintos apartados del trabajo realizado. Fotos: Eliana Gonzalez



la población. Por este motivo, la dinámica de Feria de Ciencias permite el formato de proyectos de investigación que facilitan el aprendizaje de contenidos.

### Algunas conclusiones:

A partir de nuestras preguntas: ¿Qué utilidades tiene la nanotecnología para el ámbito de la salud? ¿En qué situación se encuentra nuestro país en el desarrollo de esta área? y la hipótesis planteada, así como la anticipación de que no existen avances públicos en Argentina debido a la falta de inversiones del Estado, la consideramos adecuada porque así lo corrobora el trabajo realizado.

### Referencias bibliográficas

Academia Nacional de Ciencias. CONICET: *El destino de la actividad científica en la Argentina*.

Álvarez-Lemus, M. y López-Goerne, T. (2012). Nanotecnología y cáncer: aplicación al tratamiento de tumores cerebrales. *Archivos de Neurociencias*, 17(2), 102-109.

AMPTIAC (2004). Advanced Materials and Processes Technology Information Analysis Center. Army Materials Research – Transforming Land Combat Through New Technologies. *AMPTIAC Quarterly. Special Issue*, 8(4). EE.UU.

Delgado Ramos, G. C. (2007). The Political Sociology of Nanotechnology In the Western Hemisphere: A Case Study of the US, Mexico, Brazil and Argentina. *Revista de Estudios Sociales*, (27), 164-181.

Foladori, G. e Invernizzi, N. (2006). La nanotecnología: una solución en busca de problemas. *Comercio Exterior*, 56(4), 326-334.

Kavetsky, R. (2004). *The Navy's Program in Nanoscience and Nanotechnology* – A Look Ahead. Office of Naval Research (USA). Surface Mount Technology Association. 9 th Annual Pan Pacific Microelectronics Symposium.

Lechuga, L. M. (2011). Nanomedicina: aplicación de la nanotecnología en la salud. En: *9a edición del curso de Biotecnología aplicada a la salud humana*, 98-112.

Michael, H. (2007). *Top Nations in Nanotech See Their Lead Erode*. Lux Research. EUA.

Lechuga, L. M. y Martínez-Alonso, C. (2006). Nanobiotecnología: avances diagnósticos y terapéuticos. *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología. Nanociencia y Nanotecnología II*, 35.

En este sentido podemos afirmar:

- La importancia del desarrollo de esta área en nuestro país para bienestar en nuestra calidad de vida, evitar el sufrimiento en ciertas enfermedades, mejorar los instrumentos para detectar enfermedades y así obtener menores riesgos.

- Aprovechar esta ciencia para nuestro beneficio, por lo cual el Estado debe garantizar los recursos materiales y monetarios para que continúe expandiéndose la investigación en nanotecnología.

-Las sociedades deberían estar informadas de los avances que permitan esta "cura en miniatura" como la suelen llamar en los medios de comunicación y a su vez, de la otra cara de la moneda que conlleva su utilización, tal como la producción de armas y su influencia en las personas de esta información que no está a nuestro alcance.

Ministerio de Educación. (2014) *Diseño Curricular de la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Isla del Atlántico Sur*. Ushuaia, Argentina: Ministerio de Educación.

Ministerio de Educación. (2018). *Rasgos y bases para la participación de los equipos en la instancia nacional de Ferias*. Documento N° 1 2018. Buenos Aires, Argentina: Programa Nacional de Ferias de Ciencias y Tecnología.

Ocelli, M., García Romano, L. y Valeiras, N. (2018). La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina). *TED*, (43), 31-46. ISSN 0121- 3814 impreso • ISSN 2323-0126 Web. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n43/0121-3814-ted-43-31.pdf>

Ocelli, M., Malin Vilar, T. y Valeiras, N. (2011). Conocimientos y actitudes de los estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10, 227-242. Vigo (pontevedra).

Pastrana, H. F. y Bernal, A. G. A. (2015). Cardiología y nanotecnología: oportunidades y retos. *Revista Colombiana de Cardiología*, 22(3), 117-118.

Pastrana, H. F., Ávila, A., y Moreno, G. (2012). Nanotecnología, patentes y la situación en América Latina. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 5(9), 57-67.

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología. Argentina Gob. Ar. *Comenzó la Feria Nacional de Innovación Educativa 2019*. 30 de octubre de 2019. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/comenzo-la-feria-nacional-de-innovacion-educativa-2019>



Rajiv, S., Santosh, S. & Sugandha, S. (2010). «Nanotechnology: The Future Medicine». *Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery*, 3(1), 32-33. doi:10.4103/0974-2077.63301.

Research, L. (2006). *The Nanotech Report 2004*. Key findings. 4th Edition. EUA: <http://www.nanoxchange.com/NewsFinacial.asp?ID=264>

Roco, M. (2004). Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools. *AIChE Journal*, 50(5).

Rodríguez Guerras, M. (2016). El arte como lenguaje. *Ritmos 21*. 25 de abril de 2016. Disponible en: <https://www.ritmos21.com/461011226/arte-lenguaje.html>

Salvareza, R. C. (2011). Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 4(2). Disponible en: <http://revistas.unm.mx/index.php/nano/article/download/44962/40522>.

Sanmartino, M. (2019). "¿Quién quiere ser millonario?": una científica del CONICET ganó medio millón de pesos y los usará para investigar la cura del cáncer. *INFOBAE. AMÉRICA*. 8 de mayo de 2019.

Saxe-Fernández, J. y Delgado-Ramos, G. C. (2002). *Globalización del terror, Amenaza bioterrorista*. La Habana, Cuba: Centro Juan Marinello. pp. 73-130.

Spivak, L., Hoste, A., Hubert, M., Figueroa, S. y Andrini, L. (2015). La estructuración de la investigación argentina en nanociencia y nanotecnología: balances y perspectivas. En Foladori, G., Záyago-lau, E. y Invernizzi, N. (comps.). *Perspectivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*. p. 33-53. México DF: Editions M. A. Porrúa.

Tutor Sánchez, J. D. (2014). Prólogo. En: Serena, P. A, Giraldo, J. J., Takeuchi, N. y Tutor, G. D. (Editores). *Guía Didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en Educación Secundaria*. Madrid, España: Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CITED) y Red José Roberto Leite para de divulgación y formación en nanotecnología (nano DYF).



## Ferias de Ciencias y Tecnología: Tu indagación más allá del espacio de la Expo

Si usted es docente y/o investigador y desea difundir su trabajo en esta sección, contáctese con María Teresa Ferrero, responsable de la misma ([mtferreroque@gmail.com](mailto:mtferreroque@gmail.com))