

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Departamento de Física**



**Propuesta didáctica para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en el  
currículum nacional de ciencias vigente en la tercera unidad de IV medio**

**Nayareth Dyane Quirola Rojas**  
**Valentina Danae Márquez Herrera**

**Profesores Guía:**  
**Samuel Eliazar Baltazar Rojas**  
**Silvia Tecpan Flores**

**Tesis para optar al Grado de Licenciado  
en Educación de Física y Matemática.**

**Santiago - Chile**  
**2017**

© 276912 Nayareth Quirola Rojas, Valentina Márquez Herrera, 2017

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial Chile 3.0

## Resumen

La Nanociencia y la Nanotecnología son áreas de trabajo cuyas aplicaciones trascienden múltiples disciplinas, desde construcción hasta medicina. Por esta razón, su importancia no sólo radica en la investigación de una ciencia moderna, sino también como una actividad económica de crecimiento vertiginoso. Es por esto, que es necesario alfabetizar a la población sobre los conceptos de NyN, por lo que deben ser incluidas como una parte sólida del currículum escolar de ciencias; el cual, actualmente está siendo sometido a análisis y evaluación, para ser transformado de Marco Curricular a Bases curriculares.

A partir de lo anterior, se presenta una propuesta didáctica interdisciplinaria para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en el currículum chileno vigente de educación media, en las asignaturas Física, Química y Biología. A lo largo de la secuencia didáctica, se espera una mejor comprensión de los cursos de ciencias dictados a estudiantes y, al mismo tiempo, de los conceptos fundamentales de Nanociencia y Nanotecnología, identificando sus beneficios y riesgos para la sociedad con una visión crítica. Mediante una exhaustiva revisión curricular, se seleccionaron tanto el nivel escolar como las unidades curriculares en las que la propuesta debe ser incluida. Además, se preparó material cuya intervención requiere sólo 90 minutos para cada asignatura científica, cumpliendo con la finalidad de no intervenir la estructura, preestablecida para cada unidad.

El documento presenta los pasos seguidos desde el diseño de la propuesta didáctica hasta su integración. Se describen las características de las actividades de aprendizaje, así como la metodología para su validación y los resultados de esta. Se discuten los posibles riesgos, los beneficios y proyecciones a futuro para la implementación de la propuesta.

**Palabras clave:** Nanociencia, Nanotecnología, enfoque CTS, aprendizaje activo, interdisciplinariedad, currículum de ciencias, propuesta didáctica, juicio de expertos.

## Abstract

Nanoscience and Nanotechnology are areas of work whose applications transcend multiple disciplines, from construction to medicine. For this reason, its importance falls not only in the research of a modern science, but also as an economic activity of vertiginous growth. For this reason, it is necessary to give a nanoliteracy background to the population, and therefore, nanoscience education should be included as a solid part of the educational curriculum, which is currently undergoing analysis and evaluation, to be transformed from *Marco Curricular* to *Bases Curriculares*.

Based on this, an interdisciplinary didactic proposal is presented to incorporate Nanoscience and Nanotechnology in the current Chilean curriculum of secondary education, in the subjects Physics, Chemistry and Biology. Throughout the didactic sequence, is expected a better understanding of science courses followed by students and, at the same time, of the fundamental concepts of Nanoscience and Nanotechnology, identifying their benefits and risks to the society with a critical vision. Through an exhaustive curricular revision, the scholar level and the curricular units at which the proposal should be included were selected. In addition, material was prepared requiring an intervention of only 90 minutes for each scientific subject, complying with the purpose of not intervention or disruption of the structure already established for each unit.

The document presents the steps followed going from the design of the didactic proposal to its integration. The characteristics of the learning activities are described, as well as the methodology for their validation and their results. Finally, possible risks, benefits and future projections for the implementation of this proposal are discussed.

**Keywords:** Nanoscience, Nanotechnology, CTS approach, active learning, interdisciplinarity, science curriculum, didactic proposal, expert judgement.

## Dedicatoria

No todo lo que nos gusta es fácil, no todo lo que nos apasiona es rápido. A veces las mejores cosas llegan de la forma más inesperada, y eso no significa que no causen grandes impresiones en nuestras vidas, ni tampoco que no sean satisfactorias. Muestra de esto es este seminario de grado, que no sólo fue un proceso académico, si no que significó a la vez desarrollo personal y hasta podría decir crecimiento espiritual.

Primero que todo, quisiera agradecerle a Valentina, mi compañera de tesis, por darme la oportunidad de trabajar con ella, y por ser un gran soporte durante este casi año de trabajo. A través de este proceso nos hicimos grandes amigas, y espero que lo que la tesis unió, no termine cuando ella acabe.

También quiero agradecerle a mi familia, partiendo por mi núcleo, mi hogar. Todos, mi papá, mi mamá, y mis hermanos, durante mi etapa universitaria, fueron un gran soporte, mejor de lo que cualquiera esperaría. Solo nosotros cinco sabemos lo que esto significa. Sin los eternos desayunos con mi mamá que me hacen llegar tarde a todas partes, sin esas conversaciones nocturnas con mis pollos (mis hermanos y mis mejores amigos), y sin ese último cigarro de la noche con mi papá, no sería la persona que soy hoy. Gracias por la maravillosa vida que me dan, este trabajo es por y para ustedes.

Pero no puedo olvidar al resto de mi gente, familia, amigos, compañeros de U, que han estado conmigo (siempre, a ratos o por un periodo corto en mi vida). Gracias a quienes siempre preguntaron, me dieron un abrazo, una palabra de aliento o sólo se sentaron a conversar y a reír conmigo, nadie se imagina la ayuda que eso significa.

Gracias a todos aquellos profesores que conocí a lo largo de mi formación como docente, de ustedes me llevo grandes consejos y las mejores historias. Pero, sobre todo, gracias a los profesores Silvia Tecpan y Samuel Baltazar, por soportar nuestra inexperiencia y a veces manera infantil de trabajar. La palabra guía les queda corta.

Feliz puedo decir, ¡meta cumplida!

(¡Bazinga!)

Nayareth Quirola Rojas

## **Dedicatoria**

Este proceso de seminario, fue una gran experiencia de aprendizaje, vivencias, anécdotas y emociones, estoy muy agradecida de haberla compartido con mi compañera y amiga Nayareth. Querida, sin ti esto jamás hubiese sido igual.

Le dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mi madre, que siempre ha estado para mí, apoyándome a pesar de mis errores y defectos. Sus consejos y motivaciones siempre dan resultado y me suben el ánimo. A mi tío y a mi hermano les agradezco la paciencia, comprensión y apoyo que me han brindado. Son testigos de lo mucho que hemos trabajado y de lo que nos ha costado conseguir este logro. También quisiera agradecer a mi papá que, a pesar de no estar siempre, nunca se ha ido. Sin mi familia nada de esto sería posible.

Quisiera agradecer a Marco Valenzuela por su paciencia y cariño durante este proceso y a lo largo de mi carrera, espero poder apoyarte en todos tus proyectos, como tú lo haces con los míos.

No puedo olvidar a nuestros profesores Silvia Tecpan y Samuel Baltazar, les agradezco la oportunidad de considerarnos en este proyecto, y la dedicación con la que nos ayudaron hasta el final de nuestra tesis.

Por último, quisiera agradecer a todos (amigos, profesores y familiares), que han estado pendientes de nuestro avance y preocupados por nosotras.

Esto es sólo el principio.  
(¡bazinga!)

**Valentina Márquez**

## **Agradecimientos**

Agradecemos a nuestros profesores guías Silvia Tecpán y Samuel Baltazar, por su tiempo, disposición, paciencia, cariño, compromiso y sobre todo confianza en nosotras. Sin su guía y orientación no habríamos conseguido tanto.

Agradecemos la participación de los expertos evaluadores, tanto docentes como investigadores, que invirtieron su tiempo en leer y validar la propuesta didáctica. También agradecemos a los profesores correctores, por sus comentarios y opiniones que nos ayudaron a mejorar este documento.

Nos sentimos agradecidas de nuestra universidad, por ser el lugar que nos permitió conocer a grandes profesores y amigos, y vivir esta gran experiencia. Gracias a todos los que hicieron posible este trabajo.

# Tabla de Contenidos

Introducción.....	1
1 Antecedentes .....	2
1.1 Antecedentes generales .....	3
1.1.1    Aprendizaje Interdisciplinario .....	4
1.1.2    Nanotecnología y Nanociencia .....	7
1.1.3    Educación en N&N en Chile.....	9
1.2    Currículum y programas de estudio.....	12
1.2.1    Situación actual del currículum en Chile.....	13
1.2.2    NyN en el Marco Curricular vigente .....	15
1.2.3    Objetivos Fundamentales (OF) y Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) .....	17
1.2.4    Habilidades de Pensamiento Científico y Aprendizajes esperados en relación con los Objetivos Fundamentales Transversales .....	21
1.2.5    Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía .....	26
1.3    Planteamiento del problema y justificación .....	30
1.4    Objetivos .....	31
1.5    Delimitaciones y limitaciones .....	32
2.    Marco teórico.....	33
2.1    ¿Qué se entiende por nanociencia y nanotecnología? .....	33
2.1.1    Importancia de NyN para Chile .....	37
2.1.2    Divulgación de NyN en Chile .....	38
2.2    Propuestas didácticas en nanociencia y nanotecnología .....	41
2.3    Alfabetización científica y enfoque CTS .....	44
2.4    Teoría y modelo de aprendizaje.....	46
2.4.1    Aprendizaje Constructivista.....	47
2.5    Estrategias de enseñanza.....	48
2.5.1    Organizadores gráficos .....	49
2.5.1.1    Mapa Mental .....	50
2.5.2    Personificación .....	50
2.5.3    Debate e investigación .....	51



2.6	Resultados de aprendizaje.....	52
2.7	Estrategias de evaluación.....	53
2.8	Rúbrica.....	53
3	Marco Metodológico.....	54
3.1	Articulación de la propuesta didáctica.....	54
3.2	Conocimientos previos para la enseñanza de NyN.....	56
3.3	Resultados de Aprendizaje (RA) de la propuesta.....	58
3.4	Aprendizaje activo.....	60
3.5	Descripción de la propuesta didáctica.....	61
3.6	Actividades de la propuesta.....	63
3.6.1	Física.....	63
3.6.2	Química.....	65
3.6.3	Biología.....	66
3.7	Validación de la propuesta didáctica.....	67
3.7.1	Participantes y muestra.....	68
3.7.2	Instrumentos y procedimiento.....	68
3.7.3	Método de análisis.....	69
4	Análisis de Datos.....	70
4.1	Reducción de datos.....	70
4.1.1	Disposición de los datos.....	71
4.1.2	Resumen de los datos.....	73
4.1.2.1	Datos de indicadores.....	73
4.1.2.2	Datos de preguntas abiertas.....	78
4.1.2.3	Comentarios de expertos.....	79
4.2	Obtención de resultados.....	81
4.3	Análisis de resultados.....	84
4.3.1	Análisis de indicadores.....	85
4.3.2	Análisis de preguntas abiertas.....	86
4.3.3	Análisis de comentarios.....	88
	Conclusiones.....	90

Cumplimiento de objetivos.....	90
Principales contribuciones de la propuesta .....	91
Proyección de la propuesta.....	92
Bibliografía .....	94
Apéndice .....	102
Apéndice 1: Propuesta didáctica .....	103
Apéndice 2: Material de la propuesta: Presentaciones .....	194
Apéndice 3: Encuesta de validación por juicio de expertos docentes .....	205
Apéndice 4: Encuesta de validación por juicio de expertos en Nanociencia y Nanotecnología .....	218
Apéndice 5: Resumen Juicio de expertos.....	230

# Índice de Tablas

## Tablas Capítulo 1

Tabla 1: Definiciones de varios autores de los términos interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad.....	5
Tabla 2: Contenidos y aprendizajes esperados en el electivo de Química Unidad 1 Parte 2.....	15
Tabla 3 - Objetivos Fundamentales (OF) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología.....	17
Tabla 4: Habilidades de Pensamiento Científico (HPC) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología.....	19
Tabla 5: Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología.....	20
Tabla 6: Habilidades de Pensamiento Científico (HPC) y aprendizajes esperados en relación con los Objetivos Fundamentales Transversales (OFT) de los programas de estudio de Física, Química y Biología.....	21
Tabla 7: Aprendizajes Esperados e indicadores de evaluación de los programas de estudio de Física, Química y Biología.....	22

## Tablas Capítulo 2

Tabla 8: Análisis propuestas de NyN.....	41
--	----

## Tablas Capítulo 3

Tabla 9: Contenidos de NyN en la propuesta.....	54
Tabla 10: Conceptos previos de los programas de estudio de Física, Química y Biología para IV medio, tercera unidad (MINEDUC, 2011).....	56
Tabla 11: Resultados de Aprendizaje (RA) de la propuesta.....	58
Tabla 12: Expertos evaluadores de la propuesta didáctica.....	68

## Tablas Capítulo 4

Tabla 13: Resumen de la validación por actividad Física.....	73
--	----

Tabla 14: Resumen de la validación por actividad Química.....	75
Tabla 15: Resumen de la validación por actividad Biología.....	77
Tabla 16: Resumen de resultados a preguntas a expertos.....	78
Tabla 17: Comentarios de expertos sobre las debilidades y fortalezas de la propuesta didáctica.....	79
Tabla 18: Resumen cambios en la propuesta didáctica.....	88

# Índice de Figuras

## Figuras Capítulo 1

Gráfico 1- Iniciativas de formación en Nanotecnología en enseñanza primaria y secundaria en algunos países iberoamericanos.....	10
Gráfico 2 - Libros de texto o manuales sobre Nanotecnología para enseñanza primaria y secundaria en algunos países iberoamericanos.....	11
Gráfico 3 - Iniciativas de formación del profesorado de enseñanza primaria y media en Nanotecnología en algunos países iberoamericanos .....	11

## Figuras Capítulo 2

Gráfico 4 - ¿Para qué redactar RA?.....	52
---	----

## Figuras Capítulo 3

Gráfico 5- Conceptos previos en la propuesta	57
--	----

## Figuras Capítulo 4

Gráfico 6 - Esquema de pasos para la elaboración de la propuesta.....	68
Gráfico 7 - Esquema transformación de información.....	71
Gráfico 8 - Resultados del resumen de la validación por asignatura (actividades con valoraciones similares).....	82
Gráfico 9 - Resultados del resumen de la validación por asignatura (actividades con valoraciones distintas).....	82

## Introducción

La visión de ciencias que el currículum de ciencias actual presenta es de tres disciplinas independientes, que no colaboran entre sí. En la búsqueda de una solución a esta percepción, se pueden encontrar distintos campos que permiten la cooperación entre ciencias, sin embargo, se escoge Nanociencia y Nanotecnología (NyN) debido a las virtudes que otorga el estudio de una ciencia de frontera y sus aplicaciones.

La propuesta didáctica elaborada consiste en incorporar NyN en el currículum de ciencias vigente, mediante el trabajo colaborativo e interdisciplinar de las asignaturas científicas de enseñanza media (Física, Química y Biología); reforzando los Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO), Habilidades de Pensamiento Científico (HPC), Objetivos Fundamentales (OF) y Aprendizajes Esperados (AE) que exige el Marco Curricular y los programas de estudio respectivos de cada ciencia.

A partir de las actividades de aprendizaje planteadas en la propuesta didáctica, se espera que los estudiantes comprendan algunos conceptos básicos de las NyN y sean capaces de evaluar de manera crítica los beneficios y riesgos para la sociedad que acompañan a esta área de conocimiento. Asimismo, está inmersa bajo una teoría de aprendizaje constructivista, donde los alumnos interactúan con los contenidos a través de actividades de aprendizaje que ellos mismos deben desarrollar y con el objetivo de obtener alfabetización científica. Además, es importante destacar que la propuesta está diseñada con un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) para su implementación completa, es decir, en la asignatura de Física se enfocará en ciencia, en Química se abordará tecnología y en Biología se verán ámbitos sociales, todo esto en relación a los contenidos de NyN. Por otro lado, se incluye actividades de aprendizaje con materiales de bajo costo, ampliando el conjunto de estudiantes, docentes, o instituciones que puedan aplicar la propuesta y el tiempo estimado que dedicará cada asignatura a la aplicación de las guías preparadas es de dos horas pedagógicas (90 min).

Por último, es importante considerar el potencial impacto de la propuesta en el momento actual, en que se están planificando las nuevas bases curriculares de 3er y 4to año de enseñanza media. Se espera que de esta manera se pueda hacer visible la necesidad de incorporar NyN en el currículo, que permita a su vez, mejorar la percepción de los estudiantes en las ciencias básicas y aplicadas.

# 1 Antecedentes

La problemática de cómo enseñar ciencias, hoy en día, tiene diversas soluciones, ya que existen diferentes teorías de aprendizaje, enfoques, modelos, estrategias, etc. Sin embargo, dependiendo de los objetivos de aprendizaje, una estrategia será más adecuada que la otra. El enfoque interdisciplinar proporciona una serie de posibilidades para el aprendizaje significativo del estudiante, ya que permite adquirir una concepción amplia de los contenidos científicos, desde varios puntos de vista, al relacionarlos con otras áreas del conocimiento (Grisolía, 2008). La Nanociencia y la Nanotecnología son dos campos disciplinares que se presentan emergentes en el ámbito de las tecnociencias. Se relacionan con el estudio y síntesis de materiales, dispositivos y sistemas a través de un control de sus componentes a escala nanométrica para explotar nuevas propiedades y fenómenos a dicha escala (Tutor, Velasco y Martínez, 2005). La nanociencia y la nanotecnología se presentan como áreas trascendentes y potenciadoras en el desarrollo de otras disciplinas (como la medicina, medio ambiente, construcción, entre otras), por lo que es fácil dar un enfoque interdisciplinar a su estudio, y representan un objeto interesante para estudiar en la educación escolar.

Chile cuenta con un Marco Curricular (que se encuentra en la transición a Bases Curriculares) que reconoce a las ciencias como necesarias para la alfabetización científica de los ciudadanos. Los estudiantes, durante su formación académica, deben desarrollar *“la capacidad de usar el conocimiento científico, de identificar problemas y de esbozar conclusiones basadas en evidencia, en orden a entender y participar de las decisiones sobre el mundo natural y los cambios provocados por la actividad humana”* (MINEDUC, 2009 p.243). Sin embargo, actualmente no existen tópicos de investigación de frontera en la lista de Contenidos Mínimos Obligatorios propuestos por el currículum, pese a que serán conocimientos esenciales para que los alumnos puedan tomar decisiones en el futuro.

A continuación, se entregan las consideraciones necesarias para la elaboración de una propuesta didáctica que incluya el estudio de Nanociencia y Nanotecnología dentro de los contenidos ya desarrollados por los programas de estudio, con un enfoque interdisciplinar que incorpore las tres ciencias escolares (Física, Biología y Química). En el primer apartado se establecen las diferencias entre interdisciplinar, multidisciplinar y transdisciplinar para dar paso a una definición de aprendizaje interdisciplinario. Luego se brinda información acerca de Nanociencia y Nanotecnología para luego hacer una breve revisión del estado del arte en Chile. En una segunda instancia se hace una revisión a los aspectos curriculares tales como la situación de transición

curricular en Chile, y se establecen los Objetivos Fundamentales (OF), Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO), Habilidades de Pensamiento Científico (HPC), aprendizajes esperados en relación con los OFT y Estándares Orientadores para carreras de Pedagogías en consonancia a la propuesta. Finalmente, en los siguientes apartados encontramos el planteamiento del problema y justificación, los objetivos, las delimitaciones y limitaciones.

## **1.1 Antecedentes generales**

Los aportes de la Nanociencia y Nanotecnología van mucho más allá de los aplicados (en medicina, materiales, etc.), sino que también entregan una forma de pensar y observar la ciencia como algo más grande y complejo, planteando un reto a las comunidades educativas en la creación de nuevos métodos y aproximaciones para dar a conocer e informar los avances en la investigación científica en este campo (Sánchez y Tagüeña, 2011). Los nuevos conceptos que la Nanociencia y Nanotecnología involucran son tan amplios que es esperable que influyan en todas las áreas de la ciencia y la tecnología (Tutor, Velasco y Martínez, 2005). Llevar este tipo de visión de ciencias al aula bajo un enfoque interdisciplinario *“está en concordancia con la concepción actual sobre el conocimiento científico, en la que se entiende que éste es de carácter dinámico y no estático, y que está altamente afectado por factores sociales, económicos y políticos, entre otros”* (Grisolía, 2008 p.7).

En Chile la Nanociencia y la Nanotecnología, como muchas otras disciplinas, son áreas exclusivas de la educación superior, aunque no se presentan como carreras universitarias, programas de posgrado de maestría o doctorado, sino que exclusivamente como áreas de investigación (Zárate y Zumelzu, 2011). Por otra parte iniciativas de formación tanto para escolares como profesores son prácticamente inexistentes, lo cual provoca un desconocimiento social acerca de los avances que pueden ser logrados mediante estas áreas, e ignorancia a la hora de formar juicios acerca de lecturas informales que podrían llegar a realizarse sobre estos tópicos.

Para un mayor entendimiento de lo que aquí se expone se hace necesario conocer qué significa aprendizaje interdisciplinario, Nanociencia y Nanotecnología, además de las implicancias del estudio de estas en Chile.



### 1.1.1 Aprendizaje Interdisciplinario

La visión de estudio que se entrega en la educación escolar, es de segregación de saberes e impermeabilidad de contenidos. Sin embargo, la realidad dista mucho de esta apreciación, ya que el científico no es exclusivamente químico, biólogo o físico, si no que en la mayoría de los casos los límites de dichas ciencias son difusos al punto de ser casi imperceptibles. Además el trabajo científico requiere de la participación de las distintas áreas para su estudio e implementación (Blonder y Sakhnini, 2012). A lo largo de la historia de la ciencia se pueden mencionar diferentes situaciones, donde investigadores en física han solicitado ayuda a matemáticos, químicos u otros científicos para encontrar relaciones, o bien unificando campos (por ejemplo la gravitación universal de Newton, el electromagnetismo de Maxwell, la mecánica cuántica de Bohr, Heisenberg y Schrödinger, o la relatividad de Einstein, entre otros; sectores de la física que para su desarrollo, tuvieron que trabajar de forma cooperativa con matemáticas y química). *“Una manera muy efectiva de hacer avanzar el conocimiento, tragándose la ignorancia, consiste en la convergencia de dos o más campos que antes estaban separados”* menciona Bernabeú (2012).

De esto es que emerge una nueva forma de estudio, que consiste en trabajar desde el punto de vista de distintas disciplinas.

#### **interdisciplinario, ria**

1. adj. Dicho de un estudio o de otra actividad: Que se realiza con la cooperación de varias disciplinas.

*Real Academia Española © Todos los derechos reservados*

El movimiento de investigación y aprendizaje basado en disciplinas es relativamente reciente (Grisolía, 2008), y uno de los inconvenientes que se presenta con mayor frecuencia es la confusión entre los términos interdisciplinariedad, multi o pluridisciplinariedad, y transdisciplinariedad. Para evitar confusiones y plantear un significado único del término interdisciplinar, a continuación, se presenta una tabla que resume las visiones de diferentes autores acerca del significado de cada uno de los términos (tabla 1):

Tabla 1: Definiciones de varios autores de los términos interdisciplinariedad, multidisciplinariedad y transdisciplinariedad (Grisolía, 2008)

<b>Autor</b>	<b>Interdisciplinariedad</b>	<b>Multi o Pluridisciplinariedad</b>	<b>Transdisciplinariedad</b>
<b>Visser (2002)</b>	Aplicación de métodos y procedimientos de una disciplina a un problema definido dentro de otra área disciplinaria.	Aplicación de los conocimientos de múltiples disciplinas a un determinado problema.	Postura que no está asociada con ninguna disciplina en particular, de manera que se mira el problema desde un punto de vista que trasciende el nivel de las disciplinas individuales.
<b>Piaget, citado por Ricci (2003)</b>	Método en el que la cooperación entre varias disciplinas provoca intercambios reales, existiendo reciprocidad.	Tiene lugar cuando para solucionar un problema se busca información y ayuda en varias disciplinas, confiando que tal interacción contribuya a modificarlas o enriquecerlas.	Etapa superior de integración, que tiene lugar cuando se construye un sistema total, sin fronteras sólidas entre disciplinas.
<b>Falla (1999)</b>	Transferencia de métodos de una disciplina a otra.	Estudio del objeto de una sola y misma disciplina por medio de varias disciplinas a la vez.	Concierne a lo que simultáneamente es entre las disciplinas a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina.
<b>Lértora (2000)</b>	Se presenta cuando el problema está planteado en términos tales que no	Aportaciones sectoriales y metodológicamente cerradas que varias	Apunta a la constitución de un nuevo abordaje que supera los abordajes

	puede ser resuelto desde una sola disciplina.	disciplinas proporcionan al estudio de un tema,	disciplinares que le dieron origen.
<b>Reyes (2001)</b>	Estrategias de cooperación entre dos o más disciplinas en la resolución de un proyecto o problema de investigación. Explica los nuevos temas o problemas que se forman en la intersección que ocurre en la periferia entre dos o más disciplinas.		Aquellos procesos de formación de campos del saber que se constituyen por el entrecruzamiento de varias disciplinas (o fragmentos de ellas), ya creando metacampos o nuevas matrices disciplinares.

La evolución de la universidad moderna tras la "explosión del saber" inducida por el positivismo, se ha visto envuelta en un proceso creciente de desintegración del saber (Neira, 2008). Es por esto que las instituciones de educación superior tienden a ocupar los difusos territorios fronterizos inventando nuevas disciplinas, forzando la aparición de nuevos conocimientos, que se nombran de forma compuesta (biofísica, bioquímica, geofísica, etc.) (Wagensberg, 2016). Esta manera de tratar la interdisciplinariedad no hace que las fronteras existentes sean más permeables, sino que las multiplica; sin embargo, las diferentes tentativas de integración del saber humano expresan el deseo de ir más allá de las fronteras disciplinarias (Neira, 2008). En la actualidad es difícil separar una disciplina de otra, o más bien clasificar algún tipo de estudio en una sola, ya que la ciencia es de carácter dinámico y no estático (Grisolía, 2008).

Disciplina, según la Real Academia Española es un arte, facultad o ciencia (2014). Entenderemos por disciplina científica a aquellos conocimientos que se desprenden de las ciencias sistemáticamente organizados, racionalmente justificados y metodológicamente fundados, tales como la matemática, la física, la biología, entre otras (Gianella, 2006). La interdisciplinariedad es el trabajo colaborativo entre distintas disciplinas de forma recíproca y es plausible gracias a la existencia previa de disciplinas; es decir, el trabajo interdisciplinario depende del estudio disciplinar para sus fines. Sin embargo, una de las dificultades que presenta es el que cada

disciplina acepte y respete las diferencias epistemológicas, metódicas, etc., que existen entre ellas (Grisolía, 2008).

Si bien en la tabla 1 encontramos las distintas visiones de interdisciplinariedad según diversos autores, además de las diferencias con multi y transdisciplinariedad, no se responde a una definición para el campo educativo, sino que se centra en la investigación interdisciplinaria. Por lo tanto, Se entenderá, de forma general, por aprendizaje interdisciplinario según menciona Canabal y González (2013), *como un proceso mediante el cual los estudiantes articulan e integran conocimientos de distintas disciplinas para alcanzar una nueva comprensión, reconociendo los límites entre cada disciplina*. El conocimiento escolar, que se presenta de forma seccionada, a veces parece distante de lo que en la realidad sucede; y como consecuencia los alumnos lo ven como un objeto inservible, ya que por separado, cada disciplina parece ser insuficiente, y la combinación de ellas se hace difícil de comprender (Wagensberg, 2016). Para que este aprendizaje resulte exitoso es indispensable que se respete y se les asigne igual protagonismo a cada una de las áreas del conocimiento que se estudien, aun cuando el estudio sea con ellas en conjunto (Canabal y González, 2013).

¿Cómo puede entonces llevarse la interdisciplinariedad al aula? Estudiando una cuestión de la vida práctica o, como en la propuesta se pretende realizar, mediante la relación de diversas áreas del conocimiento, temas, tópicos o ideas.

Implementar la interdisciplinariedad en la sala de clases conlleva distintas ventajas:

- Acceso y familiaridad con múltiples recursos y entornos educativos
- Comprender la conexión entre diversas temáticas
- Asociar conocimientos y adquisición de habilidades, combinándolas para mejorar su desempeño.

Potenciar la interdisciplinariedad en el aprendizaje de la ciencias significa mejorar la comunicación de la ciencia, haciéndola más cercana a una realidad en donde las disciplinas son aplicadas en conjunto, además de que representa una serie de ventajas y beneficios a desarrollar en el aula.

### **1.1.2 Nanotecnología y Nanociencia**

El mundo de las ciencias ofrece una amplia gama de oportunidades para participar en muchos campos distintos y conectados entre sí; de estos campos y nuevas ciencias es que se perfilan las “ciencias de frontera” (Bernabéu, 2012). Al momento de definir las ciencias de frontera, según

Rey (2011), pueden aparecer ciertos aspectos que generarán confusión. Por ejemplo, es insuficiente representarlas como los descubrimientos más avanzados, ya que toda investigación podría ser vista como frontera, debido a que se desarrolla en la frontera entre lo conocido y lo que no. Entonces, para su definición se necesita añadir, además, ciertas características (Rey, 2011) que las describen no solo como ciencias nuevas, sino que críticas. Entre estas particularidades se encuentran:

- Suelen abordar cuestiones sobre las que existe una fuerte controversia en la comunidad científica del ámbito en el que se desarrolla.
- Son cuestiones de difícil respuesta, al menos con la metodología actual.
- Utilizan metodologías y conceptos atípicos en su ámbito
- Parten de resultados inesperados que ponen en cuestión el paradigma dominante.
- Se centran en cuestiones cuya solución es clave para confirmar (o rebatir) el paradigma imperante.
- Son investigaciones con un nivel de incertidumbre muy alto sobre su éxito.

El avance se mide en buena parte por el cómo se constituye una nueva teoría, la explicación de nuevos fenómenos observados y/o la unificación que permite ampliar sus dominios de validez (Bernabéu, 2012). La ciencia de frontera por tanto respondería a los nuevos problemas abiertos y no vislumbrados antes, y si bien no todas las investigaciones de frontera responden a todos estos criterios, lo que las une es su potencial transformador y renovador del conocimiento (Rey, 2011). Es entre estas ciencias de frontera que se encuentra la Nanociencia y Nanotecnología, cuyas aplicaciones se han expandido a variadas áreas de trabajo, como por ejemplo medicina, ingeniería, etc. (Cózar, 2009).

La nanociencia es la ciencia que se ocupa del estudio de los materiales y fenómenos de dimensiones del orden de los nanómetros (la millonésima parte de un milímetro); que involucra la manipulación de materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares, y donde las propiedades cambian de forma significativa y predominan los efectos de la física cuántica (Vargas, Ortiz, y Rojas, 2006). Por otro lado, existe la Nanotecnología, que es la aplicación de esta ciencia, y la RAE la define de la siguiente manera:

## **Nanotecnología**

De nano- y tecnología

1. f. Tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología.

*Real Academia Española © Todos los derechos reservados*

Establecer una distinción estricta entre el desarrollo y la producción de artefactos (las investigaciones básicas, aplicadas y los desarrollos tecnológicos) es complejo, por lo que es habitual aludir con el término Nanotecnología tanto a la ciencia como a la tecnología a escala nanométrica (Tutor, Velasco, Martínez, 2005). Sin embargo, Nanociencia y Nanotecnología son términos que, aunque se definen de forma similar y trabajan a la misma escala, no se refieren exactamente a lo mismo, debido a que pertenecen a campos, que si bien trabajan conjuntamente de forma casi imperceptible (Echeverría, 2009), son distintos: ciencia y tecnología. Para efectos de esta tesis, se utilizará el término NyN para referirse a ambas áreas de trabajo indistintamente. Además, se pretende reconocer la importancia de cada campo, ciencia y tecnología, por separado.

### **1.1.3 Educación en N&N en Chile**

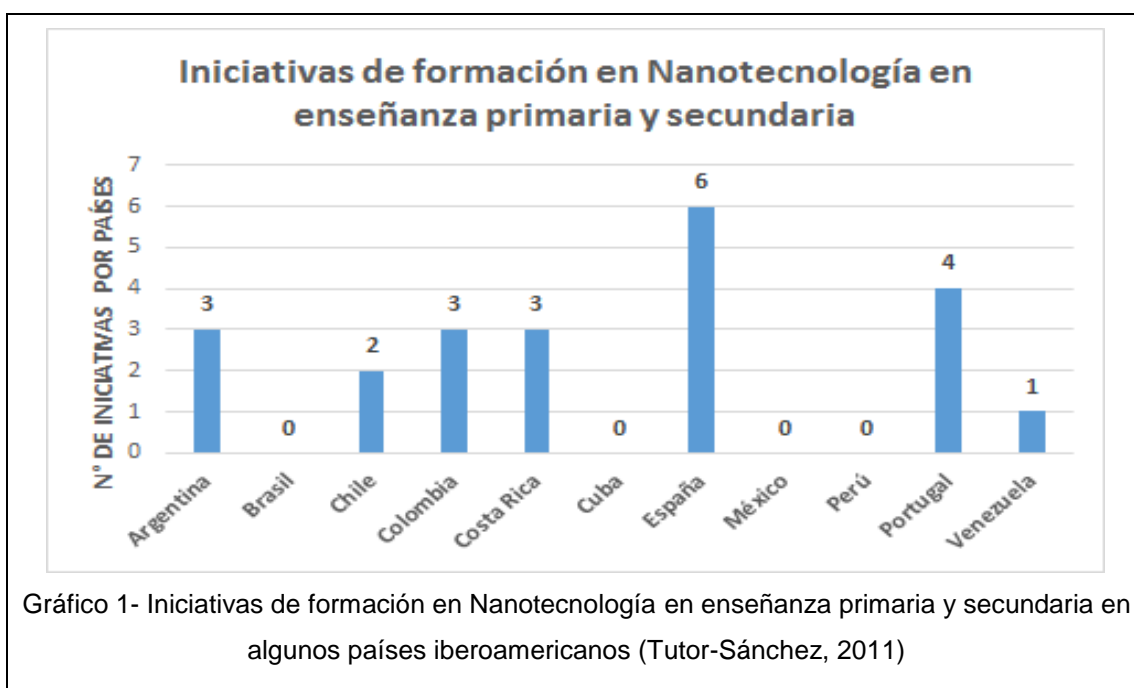
Las ciencias y las tecnologías son actividades de vital importancia para el desarrollo de la sociedad. No sólo su práctica, sino que también la divulgación de estas a la población, para lograr distintos objetivos, entre ellos, la comprensión del entorno en el que viven, y una participación en la toma de decisiones con argumentos críticos de los temas científicos, además de la invitación a participar del mundo científico.

Para la investigación en el área científica, en Chile, el aporte del Producto Interno Bruto (PIB) al desarrollo científico y tecnológico es del orden del 0.4% y la existencia de investigación de punta obedece a iniciativas de los propios investigadores chilenos con colaboración de su capital relacional internacional (Zárate y Zumelzu, 2011). A nivel nacional existe como programa el "Programa Explora", el cual es de divulgación nacional, estableciendo cada año un tema para la

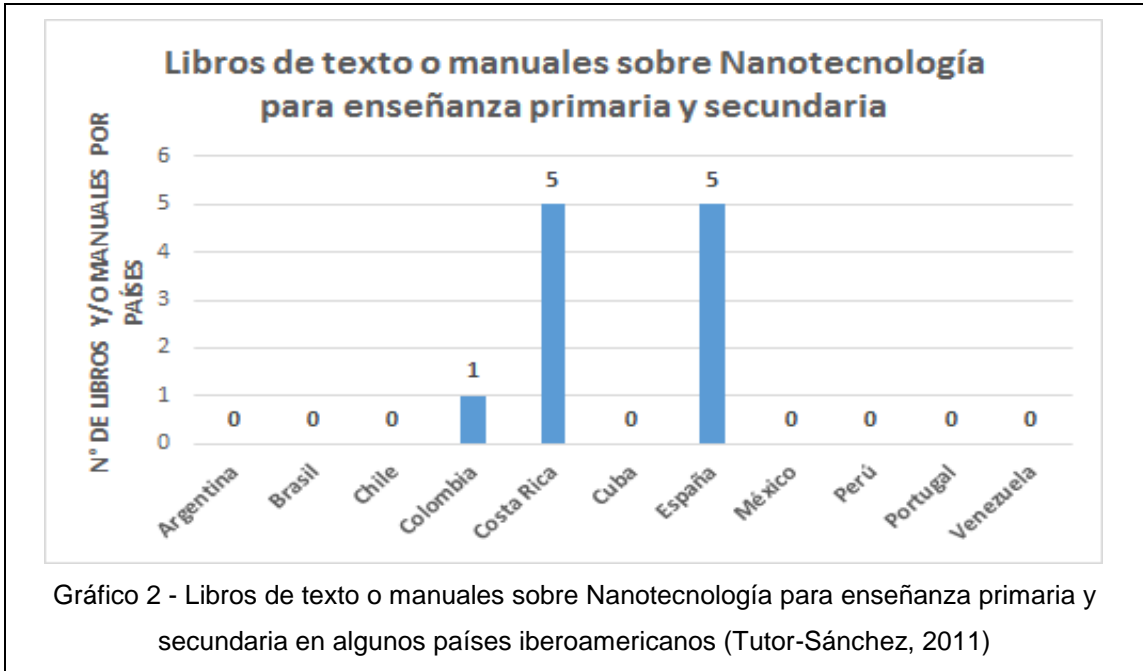
divulgación de temáticas científicas, entre ellas NyN (Zárate y Zumelzu, 2011). Además de programas de divulgación, otras modalidades de divulgación científica son:

- A través de redes.
- Diversos congresos nacionales e internacionales y escuelas de ciencias básicas.
- A nivel de universidades y centros de investigación, es posible dimensionar la divulgación científica a través de artículos en revistas de corriente principal ISI.
- A través de artículos publicados en revistas editadas en general para todo público.
- En menor volumen, existen escasos programas de divulgación en la radio y televisión de Chile.

NyN son dos campos que permiten participar con otros, conectándose entre sí y expandiéndose a variadas áreas de trabajo. Por otro lado, como ciencias de frontera, representan descubrimientos avanzados y beneficiosos que necesitan ser difundidos. En Chile la educación en NyN en la enseñanza media es limitada a los alumnos de colegios del tipo Científico-Humanista, que se decidan por el plan de estudio electivo de Química. Un estudio de iniciativas de formación (proyectos en educación) para NyN en países de Iberoamérica, muestra que en Chile, hasta el año 2011, sólo se presentaron dos iniciativas de formación en NyN para estudiantes de enseñanza primaria y secundaria (gráfico 1).



Por otra parte, no existen libros de texto en Chile o manuales sobre NyN para estudiantes de enseñanza primaria y secundaria (gráfico 2). En Iberoamérica solo España, Colombia y Costa Rica cuentan con algunos.



En la actualidad ya existen iniciativas de formación del profesorado de enseñanza primaria y media (gráfico 3) en al menos dos universidades del total de que imparten pedagogías en ciencias en Chile. Si un sector exclusivo de profesores recibe formación en NyN, implica que existe un desconocimiento parcial de estas disciplinas por parte de los docentes chilenos.





A pesar de la escasa educación en nivel básico (enseñanza básica y media) en NyN en Iberoamérica en general (gráficos 1,2 y 3), la investigación en el campo ha tenido un importante desarrollo. Esto gracias a la creación de programas de políticas públicas en ciencia y tecnología que han permitido la formación de centros de investigación dedicados exclusivamente a esta materia (Cortes, 2012). Sin embargo, aun contando con esta información, es que se debe tener claro que *“uno de los grandes desafíos de la nanotecnología es la educación, que se perfila como un cuello de botella para el desarrollo en el campo”* (Rocco, 2003 pp. 1247). Es decir, es la escolaridad el primer filtro para el estudio de N&N, y en Chile, en este caso particular, con su escasa inclusión en el currículum vigente durante los años de educación obligatoria, se ha hecho aún más estrecho este filtro.

## 1.2 Currículum y programas de estudio

Para realizar las labores de la docencia, es necesario cumplir con una serie de normativas y directrices entregadas por distintos entes educativos. En primer lugar, nos encontramos con las Bases Curriculares (actualización 2013) para la Educación Básica y los cuatro primeros años de Educación Media (7° básico a II medio) y el Marco Curricular (actualización 2009) para III y IV

medio. También se debe cumplir con un programa de estudios, el cual puede ser propio del establecimiento educacional o bien el que el Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC) entrega a todos los colegios a lo largo de Chile, el cual está acompañado por textos de estudios.

En esta sección se hará un análisis de la situación actual curricular, se entregarán los lineamientos curriculares bajo los cuales la propuesta se enmarca, para que ésta pueda ser aplicada en cualquier colegio de Chile, respetando las exigencias de las instituciones a cargo de la educación.

### **1.2.1 Situación actual del currículum en Chile**

Para plantear la propuesta, es necesario conocer la situación actual curricular, la que está pasando por un proceso de renovación que lleva algunos años en desarrollo, y se espera culmine a la brevedad.

La educación en Chile ha sido un tema emergente y controversial que se encuentra en constante revisión hace ya más de 10 años. El movimiento por la educación alcanzó uno de sus puntos más polémicos cuando se dio la llamada “Revolución Pingüina” en 2006 y la comunidad nacional tomó conciencia de las debilidades e ilegitimidad de la LOCE (Escobar, 2011). En esa ocasión, los estudiantes chilenos se movilizaron en busca de una reforma educacional, que garantizara, entre otros requerimientos, la calidad educativa que recibían. Para esto, las autoridades en cuestión decidieron cambiar la Ley Orgánica Constitucional de Enseñanza o LOCE (Ley N° 18.962, publicada 10 de marzo de 1990) por la Ley General de Educación o LGE (Ley el N° 20.370, publicada 12 de septiembre de 2009, coordinado y sistematizado de la Ley N° 20.370/09 y las normas no derogadas de la LOCE, Ley N° 18.960/80) (Escobar, 2011).

Con la llegada de la LGE se crearon las Bases Curriculares para la educación básica (1° a 6° básico) y los primeros años de enseñanza media (7° básico a II medio).

*La Ley N°20.370 General de Educación (LGE), denomina “Bases Curriculares” al conjunto de Objetivos de Aprendizaje (conocimientos, habilidades y actitudes) coherentes con los objetivos generales establecidos en dicha ley por ciclo o por año para los niveles de educación parvularia, básica y media. Las Bases Curriculares contemplan Objetivos de Aprendizaje (OA) por curso y asignatura, así como Objetivos de Aprendizaje Transversales (OAT) para el ciclo.*

*Las bases curriculares reemplazan los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios que proponía la LOCE, centrándose en Objetivos de Aprendizaje (OA) por asignatura, imprescindibles de alcanzar por los estudiantes y que, en su conjunto, dan cuenta de los objetivos generales consignados en la LGE para cada uno de los niveles de la estructura curricular. (CNED, 2016)*

Debido a la transición que este cambio implica, y en tanto no se definan bases curriculares para todos los niveles formativos, se mantienen vigentes los Objetivos Fundamentales (OF) y Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) del Marco Curricular para los niveles de III y IV medio, aunque ya se está trabajando en este proceso de cambio curricular (Guzmán, Bustos y Mardones, 2016).

Respecto de la evaluación y estudio de lo que el cambio de Marco Curricular a Bases Curriculares para estos niveles significa, el Consejo Nacional de Educación (CNED) es el encargado de aprobar o no las propuestas del Ministerio de Educación referentes a las bases curriculares para la educación parvularia, básica, media, y para las modalidades de educación de adultos, especial o diferencial. Por otro lado, también se encarga de los respectivos planes, programas de estudio y el plan de evaluación de los objetivos de aprendizaje. Dentro de sus funciones, también debe informar acerca de las normas de calificación y promoción, y sobre los estándares de calidad. También tiene incidencia en la educación superior, desarrollando las funciones de licenciamiento de nuevas instituciones; en la apelación de decisiones de acreditación adoptadas por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) y apoya al Ministerio de Educación en las decisiones de cierre de instituciones de educación superior.

*La Ley General de Educación creó el Consejo Nacional de Educación (CNED) como un organismo autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio que se relaciona con el presidente de la República a través del Ministerio de Educación. El Consejo mantiene todas las funciones del anterior Consejo Superior de Educación y asume otras nuevas, especialmente referidas al ámbito de la educación escolar. (CNED, 2016)*

Según estas facultades, el Consejo debe pronunciarse en relación con dos dimensiones del sistema educacional: una referida al currículum escolar y otra a la evaluación escolar. Para esto, integrantes de las instituciones relacionadas con este cambio han asistido a distintos talleres, simposios, conversatorios y congresos para discutir el camino a seguir en la formación de las Bases Curriculares.

En una de estas instancias, convocada por el Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile, el 22 de septiembre de 2016, se registraron varios comentarios que entregan una visión de lo que se espera lograr con esta reforma. La coordinadora nacional de la Unidad de Currículum y Evaluación del MINEDUC, Alejandra Arratia Martínez, explicó que el currículum desde la perspectiva de la política pública en *educación “tiene un rol de declarar la expectativa país respecto a qué creemos que todos nuestros niños y jóvenes deben aprender en un área específica”* (Universidad de Santiago de Chile, 2016). En esta misma instancia fue que distintos individuos invitados reconocieron el rol de las ciencias en la sociedad, y la importancia de darles un enfoque claro. El académico del Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Universidad de Buenos Aires, Dr. Ignacio Idoyaga, sostuvo: *“Creo que la inclusión de la enseñanza de las ciencias, y el lugar que tienen que ocupar en este currículum, ya deja de ser una cuestión que nos interesa sólo a los profesores, en el mundo en que vivimos debería plantearse como una cuestión de responsabilidad social”*, (Universidad de Santiago de Chile, 2016).

Esta propuesta llega en medio de un proceso de modificación curricular, por lo que es necesario revisar la situación actual y darle un enfoque que pueda ser reformado y adaptado a posteriori.

### **1.2.2 NyN en el Marco Curricular vigente**

En Chile, actualmente, lo que se estudia de NyN está dirigido mediante la implementación del Marco Curricular (actualización 2009) para IV medio, en el electivo (ramo de carácter optativo para III y IV medio) de Química en colegios científicos humanista, lo que lo hace ser un tópico sumamente ajeno a la comunidad escolar, en general. Del universo de estudiantes en Chile, en términos de matrícula de los dos últimos años de educación media, alrededor del 44.7% escoge una formación de Educación Técnico Profesional (ETP), contra un 55.3% que registra la Educación Media Científico Humanista (EMCH) (MINEDUC, s. f.). Esto quiere decir que aproximadamente la mitad de los estudiantes chilenos es indiferente a una formación en NyN, sin considerar a los estudiantes que no escojan el electivo de Química en su último año de escolaridad.

Este electivo, en este nivel, se divide en dos unidades: la relación de la química con la física, el estado sólido, y la relación de la química con procesos biológicos y ciencias de la salud. En la segunda parte de la primera unidad consta de seis semanas (con un aproximado de dos a tres horas pedagógicas semanales) para abordar todos los contenidos y es aquí donde se menciona Nanotecnología. En la tabla 2 se muestran los contenidos, y los aprendizajes esperados a desarrollar del Programa de Estudio de IV año medio en la Formación Diferenciada Humanístico-Científica en Ciencias Naturales Química:

Tabla 2: Contenidos y aprendizajes esperados en el electivo de Química Unidad 1 Parte 2

<b>Unidad 1: Relación de la química con la física: el estado sólido</b>	<b>Parte 2</b>
<p>Contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólidos no estequiométricos y dopaje.</li> <li>• Materiales derivados del silicio. Chips y celdas solares.</li> <li>• Fallas y defectos cristalinos en relación a la catálisis y fotocatalisis.</li> <li>• Aisladores, conductores y semiconductores.</li> <li>• Materiales cerámicos: superconductores.</li> <li>• Aplicaciones mecánicas y eléctricas.</li> <li>• Nanotecnología en superficies sólidas y sus proyecciones</li> </ul>	
<p>Aprendizajes esperados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionan las propiedades conductoras, semiconductoras y aisladoras de un sólido con su estructura electrónica.</li> <li>• Conocen acerca de fallas o defectos cristalinos.</li> <li>• Manejan el concepto de no estequiometría y lo asocian con materiales al estado sólido.</li> <li>• Comprenden, de manera elemental, el funcionamiento de una celda solar.</li> <li>• Identifican la propiedad de superconductividad y su impacto científico y tecnológico.</li> </ul>	

No existe ningún aprendizaje esperado relacionado directamente con el contenido de Nanotecnología como puede apreciarse en la tabla 2. Es decir, se abordan contenidos sin esperar aprendizajes de ellos. Esto puede ser justificado dado que existe un número grande de contenidos para una parte de la unidad que consta solo de seis semanas, como se mencionó previamente, y además cuenta con tan solo de 2 a 3 horas pedagógicas semanales.

### 1.2.3 Objetivos Fundamentales (OF) y Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO)

Para el estudio de N&N en la escuela chilena, es necesario respetar las exigencias del Marco Curricular y las directrices de los Planes y Programas de Estudio del Ministerio de Educación Chileno. Por esto se buscó generar una propuesta que estuviese bien ubicada, en cuanto a nivel y aprendizajes esperados, dentro de los tres ejes de ciencias. Para propiciar el trabajo interdisciplinario y colaborativo entre las áreas mencionadas, se incorporan los nuevos contenidos a los del programa, en el mismo nivel, semestre y unidad: IV medio, inicio del segundo semestre, 3° unidad.

Según el actual Marco Curricular para III y IV medio, existen ciertos objetivos que son fundamentales y prácticamente transversales (en su mayoría) para las tres ciencias estudiadas en estos niveles (resumidos en la tabla 3), y que tienen como propósito *“que los y las estudiantes desarrollen habilidades de pensamiento distintivas del quehacer científico y una comprensión del mundo natural y tecnológico, basada en el conocimiento proporcionado por las ciencias naturales”* (MINEDUC, 2009, p. 243).

Tabla 3 - Objetivos Fundamentales (OF) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología (MINEDUC, 2009)

Biología	Física	Química
<b>Objetivos Fundamentales</b> Los alumnos y las alumnas serán capaces de:		
1. Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporánea relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e interpretaciones contradictorios.	1. Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las razones posibles de resultados e	1. Analizar y argumentar sobre controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, identificando las posibles razones de resultados e

	interpretaciones contradictorios.	interpretaciones contradictorios.
2. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.	2. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.	2. Organizar e interpretar datos, y formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.
3. Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente.	3. Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente.	3. Evaluar las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología, utilizando un lenguaje científico pertinente.
4. Reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta.	4. Reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta.	4. Reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada, la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta.
5. Comprender la naturaleza y estructura molecular del material genético, el tipo de información que contiene, cómo ésta se expresa a nivel celular y del organismo completo, y las implicancias sociales y ético-morales de las aplicaciones de la ingeniería genética.	5. Comprender leyes y conceptos básicos de la electricidad y el magnetismo, la relación que existe entre ambos, y su rol en fenómenos de la vida diaria y el funcionamiento de diversos dispositivos tecnológicos.	5. Analizar asuntos o debates de interés público contemporáneos, a nivel nacional y global, relacionados con los contenidos del nivel.
6. Comprender las características esenciales de los mecanismos de defensa del organismo contra microorganismos y virus, sus alteraciones y el desarrollo y utilización de terapias preventivas y curativas para la erradicación y tratamiento de las principales enfermedades que afectan actualmente a la humanidad.	6. Comprender la importancia de las fuerzas nucleares y electromagnéticas a nivel del núcleo atómico para explicar diversos de fenómenos.	6. Comprender los fundamentos y leyes básicas que explican las reacciones ácido/base, las de óxido-reducción y las de polimerización/ despolimerización.

7. Comprender los efectos de problemáticas globales, como el calentamiento de la Tierra y la contaminación ambiental, sobre la biodiversidad y su conservación en el equilibrio de los ecosistemas.	7. Explicar algunos fenómenos que dan cuenta de la expansión del universo y que sustentan las teorías acerca de su origen y evolución.	7. Comprender los fundamentos relacionados con la radiactividad natural, distinguiendo los procesos de fisión y fusión nuclear.
	8. Reconocer los mecanismos que permiten a las estrellas generar luz y sintetizar elementos.	8. Evaluar las ventajas y desventajas del uso de las tecnologías nucleares en los campos de la salud, la economía y en la producción energética.

Los Objetivos Fundamentales (OF) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología son todos iguales (tabla 3) hasta el objetivo 4, ya que son del tipo analizar y argumentar acerca de controversias, organizar e interpretar datos, evaluar implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas y reconocer que cuando una observación no coincide con alguna teoría científica aceptada la observación es errónea o fraudulenta, o la teoría es incorrecta. Del objetivo 5 en adelante son objetivos propios de cada disciplina.

Además de lograr los Objetivos Fundamentales, los estudiantes en todos sus años de escolaridad deben desarrollar Habilidades de Pensamiento Científico (HPC), que precisamente en el nivel de cuarto medio están orientadas principalmente al desarrollo del pensamiento crítico de la ciencia, en cuanto al análisis, investigación, evaluación de impacto, entre otras (tabla 4).

Tabla 4: Habilidades de Pensamiento Científico (HPC) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología (MINEDUC, 2009)

Biología	Física	Química
<b>Habilidades de pensamiento científico:</b>		
1. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias.	1. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias.	1. Investigación bibliográfica y análisis de controversias científicas relacionadas con temas del nivel, identificando las fuentes de las discrepancias.



2. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel.	2. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel, por ejemplo, la ley de Ohm.	2. Procesamiento e interpretación de datos, y formulación de explicaciones, apoyándose en los conceptos y modelos teóricos del nivel, por ejemplo, la interpretación del comportamiento de ciertas sustancias a través de las teorías ácido-base.
3. Elaboración de informes de investigación bibliográfica con antecedentes empíricos y teóricos sobre debates actuales de interés público (por ejemplo, el calentamiento global o la clonación).	3. Elaboración de informes de investigación bibliográfica con antecedentes empíricos y teóricos sobre debates actuales de interés público, por ejemplo, la energía nuclear.	3. Elaboración de informes de investigación bibliográfica con antecedentes empíricos y teóricos sobre debates actuales de interés público, por ejemplo, energía nuclear o energías alternativas.
4. Evaluación del impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas, argumentando en base a conocimientos científicos.	4. Evaluación del impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas, argumentando sobre la base de conocimientos científicos.	4. Evaluación del impacto en la sociedad de las aplicaciones tecnológicas, argumentando en base a conocimientos científicos.
5. Análisis de casos en que haya discrepancia entre observaciones y teorías científicas y evaluación de las fuentes de discrepancia.	5. Análisis de casos en que haya discrepancia entre observaciones y teorías científicas y evaluación de las fuentes de discrepancia.	5. Análisis de casos en que haya discrepancia entre observaciones y teorías científicas y evaluación de las fuentes de discrepancia.

Todas las HPC son transversales a las tres ciencias, es decir, las tres disciplinas fomentan las mismas habilidades de pensamiento científico (tabla 4). La única diferencia que puede observarse es en las HPC 2 y 3, donde se mencionan ejemplos propios de las disciplinas, y en el caso de química, en la HPC 3 no hace referencia a ningún ejemplo.

Como bien se indica en el inicio de la sección, para la implementación de la propuesta, es necesario hacer una revisión de todos los aspectos curriculares. Así como se estudiaron los OF (tabla 3) y HPC (tabla 4), se necesita realizar una revisión de los CMO (Contenidos Mínimos Obligatorios) para que los contenidos nuevos no sean extraños a los que están en estudio. Se seleccionó el CMO 9 para Biología (sobre enfermedades autoinmunes y tratamientos), CMO 13

para Física (sobre el núcleo atómico y lo que ocurre dentro de él) y el CMO 10 para Química (sobre la formación y aplicación de polímeros) (tabla 5) debido a que favorecen el estudio de NyN.

Tabla 5: Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO) del Marco Curricular chileno para Física, Química y Biología (MINEDUC, 2009)

Biología	Física	Química
<b>Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO):</b>		
<p><b>Estructura y Función de los Seres Vivos:</b></p> <p>9. Explicación del funcionamiento de los mecanismos defensivos en el SIDA, las alergias, la autoinmunidad, los trasplantes de órganos y la inmunización artificial (vacunas), valorando el desarrollo de estas aplicaciones terapéuticas.</p>	<p><b>Fuerza y Movimiento:</b></p> <p>13. Descripción elemental de las fuerzas nucleares y electromagnéticas que mantienen unidos los protones y neutrones en el núcleo atómico para explicar la estabilidad de la materia y otros fenómenos.</p>	<p><b>La materia y sus transformaciones:</b></p> <p>10. Descripción de los mecanismos de formación de polímeros naturales y artificiales importantes, por ejemplo, en la síntesis de proteínas, en la producción de vestimentas o plásticos.</p>

Los CMO, así como los OF Y HPC son las exigencias del Marco Curricular. Sin embargo, la forma de abordarlos y lo que se espera de ellos está mediado a través de los diferentes programas de estudios de cada asignatura. En la siguiente sección se presenta como la propuesta se articula con los programas propuestos por el Ministerio de Educación de Chile.

#### **1.2.4 Habilidades de Pensamiento Científico y Aprendizajes esperados en relación con los Objetivos Fundamentales Transversales**

De los aspectos del currículum que se pretenden fortalecer, además de los contenidos propios proporcionados por el Marco Curricular (actualización 2009), nos encontramos con las Habilidades de Pensamiento Científico (HPC) y los Aprendizajes Esperados en relación con los Objetivos Fundamentales Transversales (OFT) encontrados en los Programas de Estudio proporcionados por el Ministerio de Educación. Para este apartado, se seleccionan los HPC y AE que pueden desarrollarse con respecto a los contenidos que se integrarán con la propuesta, como los son el análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel, formular explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos

en estudio, y la evaluación de las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología (ver resumen de la tabla 6).

Tabla 6: Habilidades de Pensamiento Científico (HPC) y aprendizajes esperados en relación con los Objetivos Fundamentales Transversales (OFT) de los programas de estudio de Física, Química y Biología (MINEDUC, 2011)

Química	Física	Biología
<b>Habilidades de Pensamiento Científico (HPC)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- HPC 01: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel.</li> <li>- HPC 04: Formulación de explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.</li> <li>- HPC 05: Evaluación de las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HPC 01: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas, según conocimientos del nivel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HPC 01: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel.</li> <li>- HPC 04: Formulación de explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.</li> <li>- HPC 05: Evaluación de las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.</li> </ul>
<b>Aprendizajes esperados en relación con los OFT</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender y valorar la perseverancia, el rigor, el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad.</li> <li>- Respetar y valorar las ideas distintas de las propias.</li> <li>- Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.</li> <li>- Valorar la vida en sociedad.</li> <li>- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.</li> <li>- Conocer, comprender y actuar en concordancia con el principio de igualdad de derechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender y valorar la perseverancia, el rigor, el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad.</li> <li>- Respetar y valorar las ideas distintas de las propias.</li> <li>- Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender y valorar la perseverancia, el rigor, el cumplimiento, la flexibilidad y la originalidad.</li> <li>- Respetar y valorar las ideas distintas de las propias.</li> <li>- Interesarse por conocer la realidad y utilizar el conocimiento.</li> <li>- Valorar la vida en sociedad.</li> <li>- Proteger el entorno natural y sus recursos como contexto de desarrollo humano.</li> <li>- Conocer, comprender y actuar en concordancia con el principio de igualdad de derechos.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocerse a sí mismo, sus potencialidades y limitaciones.</li> <li>- Desarrollar hábitos de higiene personal y social; desarrollo físico personal.</li> </ul>
--	--	--

En cuanto a las unidades a abordar (aquellas que pueden ser asociadas a NyN o a alguno de sus campos de aplicaciones), los Aprendizajes Esperados (AE) y los Indicadores de evaluación seleccionados para la propuesta, se detallan en la tabla 7.

Tabla 7: Aprendizajes Esperados e indicadores de evaluación de los programas de estudio de Física, Química y Biología (MINEDUC, 2011)

<b>Química:</b>	<b>Física</b>	<b>Biología</b>
<b>Unidad:</b>		
Polímeros	El átomo y su núcleo	Sistema Inmune: Enfermedades y tratamientos
<b>Aprendizajes Esperados (AE)</b>		
AE 09 - Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad.	AE 10 - Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades.	AE 08: Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes.
<b>Indicadores de evaluación</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboran informes que abordan los beneficios de la utilización de algunos de los plásticos de uso más corriente.</li> <li>- Analizan evidencias presentes en controversias públicas, científicas y tecnológicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifican la estructura y tamaño del núcleo atómico y los relacionan con su densidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Argumentan las implicancias sociales, económicas y éticas en controversias públicas en relación con el uso de vacunas.</li> <li>- Discriminan el aporte del conocimiento científico para el desarrollo de la inmunosupresión como tratamiento al rechazo de trasplantes y enfermedades autoinmunes.</li> </ul>

Si bien, a priori, no se evidencia la relación de los contenidos expuestos en las tablas 5 y 7 con la NyN, a continuación, se exponen las razones de porqué se escogieron las secciones mencionadas, específicamente en cada uno de los programas, y las posibilidades que se abren con ellas.

### **Física**

La Nanociencia es el estudio de los efectos en sistemas cuyo tamaño es de unos pocos nanómetros (1-100 nm) y la Nanotecnología la aplicación en sistemas de estas mismas dimensiones. El objeto de estudio en Física en la unidad seleccionada es el núcleo atómico (tabla 6), del cual sabemos su tamaño desde aproximadamente 1911, cuando Ernest Rutherford lo estima, del orden de  $10^{-14}$  metros (Astronoo, 2014). Por lo tanto presenta una oportunidad para introducir nanoescala sin desordenar ni alterar los contenidos de Física y cumpliendo el indicador de evaluación (tabla 7). Por otra parte, dentro del aprendizaje seleccionado, se espera describir algunas de las propiedades del núcleo atómico. Considerando esto, es que el cambio de propiedades a escala nanométrica, tales como el efecto túnel y el cambio área superficial vs volumen puede ser incorporado en esta sección.

### **Química**

Actualmente existen muchos descubrimientos en el ámbito de nanopolímeros, que se presentan algunas veces controversiales en cuanto a beneficios y riesgos de su uso para la sociedad. A pesar de esto, no podemos negar el avance y lo provechoso de su implementación, de aquí nace la necesidad de estudiar y discutir acerca de ellos para concientizar a la comunidad acerca de ellos.

En Chile, un ejemplo de investigación en nanopolímeros son los estudios realizados por la doctora María José Galotto acerca de empaques mejorados mediante la aplicación de películas de polímeros nanoestructurados, los cuales preservan de mejor manera el contenido de dichos empaques, alargando la vida útil de estos productos ([cedenna.cl](http://cedenna.cl), 2016). Otro ejemplo es la conductividad encontrada en polímeros orgánicos conductores basados en el desarrollo de nuevos polímeros conjugados, los cuales son aplicados en baterías recargables, capacitores electrolíticos, ventanas ópticas, celdas a combustibles, etc. Llamados metales sintéticos, donde han surgido numerosas controversias en la explicación de los procesos de conducción asociados a los polímeros ([ehu.eus](http://ehu.eus), 2016).

Estos son solo ejemplos de las muchas discusiones públicas, científicas y tecnológicas y beneficios de su implementación que existen acerca de la Nanotecnología de polímeros. Por esta razón, es útil introducir este tipo de aplicaciones, debido a que, incluso respetando los contenidos del programa establecido, se aporta con nueva información, y pensamiento crítico a los estudiantes.

## **Biología**

La respuesta inmunitaria es una función fisiológica determinante de la estabilidad fisiológica del individuo. La capacidad de reconocer lo que es propio, peligroso o extraño hace del sistema inmunitario un sistema fundamental para definir la identidad y el equilibrio del organismo. Dentro de los aspectos metodológicos para la producción de anticuerpos monoclonales o de escalado molecular (anticuerpos de escala nanométrica), se encuentran aproximaciones celulares y moleculares de inmunoterapia para frenar la respuesta inflamatoria, inducir la respuesta antitumoral, “bloquear” la alergia o la autoinmunidad, mejorar la respuesta anti-infecciosa o conocer cómo hacer más efectivo el trasplante de órganos, el cual presenta el sistema de reconocimiento de lo extraño (rechazo) como una de las principales limitantes (Juan, 2011).

Entender cómo la medicina y NyN se relacionan entre sí es parte de la necesidad de generar una actitud responsable como ciudadano. El impacto social de las aplicaciones al tratamiento de enfermedades a través del uso de nanomateriales cae en las posibles contraindicaciones que puede traer el uso de nanopartículas al tratamiento de diversas enfermedades, como lo son las autoinmunes. También, como ciencia emergente, no se conoce aún suficiente acerca de la toxicidad, complicaciones o reacciones adversas de los nanomateriales ya que existe limitada información sobre los riesgos para la salud asociados con la exposición a estas nanopartículas (Cuadros, Llanos y Villegas, 2007). También es importante destacar a reflexión “bioética”, que, en su discusión con la ciencia, aproxima a las posibilidades y problemas reales, pero que también proporciona a la comunidad científica una reflexión que apunta a mantener una postura sensata en sus investigaciones (Campillo y León, 2014).

Analizar la información existente en cuanto avances médicos y sus riesgos y beneficios implica trabajar en el marco de las habilidades de pensamiento científico exigidas por los planes y programas de estudio (tabla 6). Acercar a los estudiantes al estudio de cómo las NyN se relacionan con el tratamiento de enfermedades autoinmunes, para generar consciencia acerca de sus virtudes y peligros, es una contribución para generar ciudadanos responsables acerca de un tema favorable.

### 1.2.5 Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía

Los Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía (MINEDUC, 2012) es un documento realizado por diversos expertos que pretende señalar aquello que todo docente debe saber y poder hacer para ser considerado competente en un determinado ámbito. En este caso, se estudiarán aquellos estándares que competen a la introducción de tópicos de frontera en la enseñanza de las áreas de Biología, Física y Química, en Educación Media.

Dentro de los estándares mencionados, existen los que son transversales para los docentes en general, sin importar su área de trabajo. Uno de ellos, que se hace especialmente interesante debido al tema que aquí compete, es el Estándar 10:

*“Aprende en forma continua y reflexiona sobre su práctica y su inserción en el sistema educacional.  
(MINEDUC, 2012)”*

En dicho estándar se menciona la importancia que toma en el desempeño del docente la capacidad de actualizarse y estudiar continuamente cómo sus estudiantes aprenden y acerca de las prácticas de su propio campo. Esta reflexión debe hacerla de forma tanto individual como en conjunto con otros profesores. Además, debe ser capaz de proponer cambios a partir de juicios fundados sobre la base de los estándares profesionales, los resultados de aprendizaje de los estudiantes, la retroalimentación de otros docentes, las necesidades y expectativas del establecimiento educacional y en el desempeño y la evaluación de la profesión. Dentro de los criterios mediante los cuales esto se demuestra, los que para efectos de esta propuesta en específico interesan, se encuentran:

- 4. Participa en diversas instancias de trabajo colaborativo para desarrollar su labor profesional y para dar y recibir retroalimentación para el mejoramiento del quehacer docente y el aprendizaje de sus estudiantes.*
- 5. Identifica, selecciona y analiza los recursos disponibles para mantenerse actualizado en las disciplinas que enseña y en su didáctica, tales como redes y asociaciones profesionales, programas de mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina, publicaciones, investigaciones y oportunidades de formación continua.*

*6. Conoce el sistema educativo nacional, sus fines y objetivos, su estructura, la normativa que lo rige, sus principales logros y los desafíos y metas que tiene.*

(MINEDUC, 2012)

Dentro de los estándares, así como están los que todo docente debe cumplir, es decir son transversales para las pedagogías en general, también se encuentran aquellos que son exclusivos para las distintas disciplinas (Matemática, Lenguaje, Física, etc.). En física, el estándar que interesa por su relación con lo que aquí se expone es el 8:

*“Comprende los principios físicos a nivel atómico y subatómico, así como las ideas básicas de la teoría de la relatividad.”*

(MINEDUC, 2012)

El profesor debe comprender diversos descubrimientos acerca de la estructura atómica que han obligado a replantear algunos conceptos de la Física que permiten entender lo que ocurre a nivel nanométrico. Conoce las causas de la evolución de los diferentes modelos atómicos y como la física moderna explica diferentes fenómenos que la física clásica no logra mediante sus métodos. Dentro de los criterios mediante los cuales se demuestra este estándar, los que para efectos de la propuesta en específico nos interesan, se encuentran:

*1. Explica las principales características de los modelos atómicos y los fenómenos y experimentos que dieron origen a nuevas teorías que explican la estructura y comportamiento de la materia.*

*7. Describe, en base a las teorías actuales, la forma en que se estructura la materia en escalas inferiores al nanómetro, en particular el núcleo atómico.*

*9. Discute acerca del carácter evolutivo y cambiante de la ciencia, reflejado de manera especial en el ámbito de la Física moderna.*

*10. Utiliza simulaciones para visualizar modelos que, dada su escala de tamaño o tiempo, son imposibles de observar directamente.*

(MINEDUC, 2012)



En relación con estos estándares y sus indicadores de logro, es que podemos afirmar que cualquier docente que cumpla con este estándar está preparado para aplicar la parte de Física de la propuesta.

En cuanto a Química, el estándar 3 indica lo siguiente (MINEDUC 2012):

*“Comprende los conceptos y modelos relacionados con la estructura atómica y molecular de la materia y su desarrollo en el tiempo.”*

(MINEDUC, 2012)

El profesor debe entender que la explicación de fenómenos de transformación de la materia se asocia a la evolución del modelo atómico. Asimismo, cómo se articuló el conocimiento actual de la estructura electrónica y la composición nuclear del átomo; los estados de agregación de la materia en función de las interacciones intermoleculares. Conoce y utiliza analogías, modelos, problemas y estrategias desafiantes que permitan construir y evidenciar aprendizajes relacionados con la estructura atómica y molecular de la materia, entre otros.

- 1. Identifica y relaciona entre sí los principales experimentos, descubrimientos, modelos y teorías que llevaron al conocimiento actual del átomo y la materia, y el contexto histórico en el que se desarrollaron.*
- 2. Utiliza el modelo atómico de Schrödinger para explicar conceptos como número cuántico, orbital atómico y niveles de energía.*
- 5. Explica la periodicidad química de propiedades macroscópicas y atómicas de los elementos, las que se asocian con sus configuraciones electrónicas.*
- 6. Identifica y relaciona los conceptos que permiten explicar la formación de enlaces entre átomos y el carácter iónico, covalente o metálico de sustancias químicas.*
- 7. Caracteriza y modela la formación de moléculas covalentes simples de acuerdo con la estructura electrónica de sus átomos e infiere la estructura espacial molecular, explica las teorías de enlace valencia y la de orbital molecular.*

(MINEDUC, 2012)

El docente de Química que cumpla con el estándar 3 aquí mencionado es apto para aplicar la propuesta.

Respecto de Biología, una unidad relacionada con un objeto a nanoescala es el ADN (cuyo diámetro es de 2,37 nm), el cual pertenece a la Unidad 1: Manipulación del material genético. Sin embargo, la unidad seleccionada es la 3, por lo cual debe escogerse un estándar relacionado al tratamiento de enfermedades o a la célula y sus componentes. Si bien las células más pequeñas conocidas son los micoplasmas (bacterias), el *Mycoplasma genitalium* no tiene más de 0,2 micras, lo que es mayor que el objeto de estudio de la propuesta. Además esto es una excepción, ya que las bacterias miden entre 1 y 2 micras de longitud.

Por otro lado, en el programa de estudio de Biología del nivel seleccionado, IV medio (MINEDUC, 2009), aparece como parte de los contenidos las enfermedades autoinmunes. Sin embargo, en los “Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía”, no existe ninguno que guarde alguna relación directa con el conocimiento de enfermedades y tratamientos. Sólo en el estándar 5, que dice: “*Comprende conceptos de estructura y función de los seres vivos*”, donde el indicador de competencia 13 dice: “*Analiza los fundamentos biológicos de enfermedades y trastornos comunes, como una manera de explicar desde las anomalías, los procesos regulares de los sistemas*”. Por esta razón se escogió el Estándar 4 de biología, el cual se refiere al conocimiento a la estructura principal de los seres vivos, la célula, como orientador para la propuesta.

“Comprende conceptos fundamentales relacionados con la célula como unidad de los seres vivos, la estructura y función celular.”  
(MINEDUC, 2012)

El profesor debe comprender que las funciones básicas de la vida son el resultado de procesos que ocurren al interior de la célula y que éstas conforman organismos. Es capaz de explicar su estructura, funcionalidad y organización, y comprende los procesos de replicación de información hereditaria relacionado con el tipo de célula involucrada y el origen de la variabilidad e identifica los mecanismos de regulación celular para mantener un ambiente interno en equilibrio. Reconoce que la comprensión de funciones de diferentes tópicos de la biología se sostiene en la comprensión de la función celular y las implicancias de ello para la enseñanza de la biología. Lo que se evidencia mediante:

*3. Explica de qué manera se sintetizan las principales moléculas en la célula como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos y las funciones y componentes celulares asociados a tales biomoléculas.*

*6. Describe y ejemplifica reacciones químicas y mecanismos de las principales funciones celulares, y los fenómenos de degradación y síntesis a los que se asocian.*

*7. Distingue los mecanismos y componentes celulares que determinan y regulan el ciclo celular y el proceso de división celular, analizando las implicancias de éstos en la reproducción, crecimiento y reparación de tejidos.*

*9. Distingue los mecanismos de la diferenciación celular que dan origen a células con funciones especializadas, la formación de tejidos y órganos.*

*12. Describe anomalías o enfermedades derivadas del funcionamiento anormal de la maquinaria celular, y sus consecuencias para el funcionamiento de un organismo.*

(MINEDUC, 2012)

Como se mencionó al inicio de esta sección, los Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía señala aquello que todo docente debe saber y poder hacer para ser considerado competente en su signatura y como profesor, por lo que respecto de la propuesta, cualquier docente debiese cumplir con los estándares orientadores aquí mencionados, lo que la hace viable en cualquier colegio a lo largo de Chile.

### **1.3 Planteamiento del problema y justificación**

Los conceptos científicos en nuestra cultura son poco comprendidos por el público general aún más los conceptos referidos a la nanociencia y nanotecnología (Neira, 2008). Esto plantea un reto a la educación, que debe modificar programas escolares para incluir esta disciplina en los contenidos a abordar, y a los educadores mismos que deben utilizar nuevos métodos y generar nuevos recursos de enseñanza para transmitir el contenido de esta especialidad.

Una de las dificultades que se encuentra al enfrentar a nuevos aprendizajes, son los conocimientos previos o las representaciones preconcebidas que tienen los estudiantes sobre cada tema. A esto se le añade la dificultad misma de los conceptos a exhibir, como lo son el átomo, la molécula y sus estructuras; la diferencia de las propiedades de los objetos a macroescala y nanoescala; dejar la idea de continuidad de la materia para pensarla formada por partículas; y la nanoescala en sí (Sánchez y Tagüeña, 2011). Sin embargo, la mayor dificultad a

la que está enfrentada la enseñanza de nanociencia y nanotecnología es que este tema está fuera del alcance sensorial de los estudiantes; simplemente no pueden visualizar los objetos de estudio, y esta problemática involucra las dificultades previamente mencionadas. Cada alumno presente en las salas de clases puede tener una idea diferente de lo que se considera pequeño, por lo tanto, es fundamental buscar métodos de enseñanza-aprendizaje apropiados para afrontar todas las dificultades que se puedan encontrar en la divulgación de esta emergente área de estudio (Sánchez y Tagüeña, 2011).

Para abordar dichas dificultades, el objeto de estudio se desarrollará bajo el enfoque interdisciplinario, uniendo los aportes de cada ciencia (química, biología y física) a las NyN y entregando una visión integral del tema y de sus aplicaciones en la realidad.

Mediante la aplicación de la propuesta a continuación se abren distintas posibilidades, entre ellas:

- Motivar a los estudiantes respecto del estudio de las ciencias, conociendo una disciplina que involucra distintas áreas de conocimiento.
- De la mano con el punto anterior, al abordar una disciplina desde el punto de vista de tres ciencias, se refuerza la concepción de disciplina científica.
- Reforzar los contenidos ya abordados mediante el estudio de nuevos contenidos, entregando un orden lógico a los objetos de estudio.
- Innovación a la visión de flexibilidad del Marco Curricular, ya que el docente, aun respetando los límites, incluirá un contenido nuevo.

## **1.4 Objetivos**

Objetivo general del seminario:

- Establecer una propuesta didáctica interdisciplinaria, para la tercera unidad de IV medio en las tres ciencias escolares (Física, Química y Biología, con énfasis en Física) mediante el estudio de NyN y sus aplicaciones.

Objetivos específicos:

- Proponer actividades que promuevan la interdisciplinariedad y el estudio de NyN.
- Plantear “Resultados de Aprendizaje” (RA) relacionados con NyN y desarrollar instrumentos de evaluación para ellos.
- Validar la propuesta mediante juicio de expertos.

## 1.5 Delimitaciones y limitaciones

A través de esta propuesta se pretende incorporar un contenido nuevo, que no está contemplado en los programas de estudio vigentes. Además de la complejidad propia del contenido y su incorporación, es difícil acceder a ciertos materiales e instrumentos precisos para su estudio. Como solución a esta posible problemática, es que las actividades serán planteadas con materiales de bajo costo y recursos accesibles, tales como:

- Guías fotocopiables
- Proyección de PPT
- Proyección de videos
- Trabajo dentro y fuera del aula

Por otra parte, entendiendo las dificultades del propio docente acerca del contenido a abordar, es que las guías generadas, se harán con acotaciones tanto de carácter pedagógico como informativo acerca del campo en cuestión, de tal forma que ningún profesional de la educación quede con dudas acerca del tema. Para esto, cada profesor, de las tres áreas, contará con un libro, llamado "Propuesta didáctica interdisciplinar para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en IV medio: Libro para el docente", con todas las guías y orientaciones didácticas necesarias:

- Guía de Física: Introducción a la Nanociencia y Nanotecnología desde la perspectiva del átomo y su núcleo.
- Guía de Química: Aplicaciones relacionadas a la formación de nanopolímeros.
- Guía de Biología: Aplicaciones como solución a enfermedades y tratamientos del sistema inmune.

Las guías deben ser implementadas en el orden que se presenta, ya que mediante esta propuesta se pretende *articular e integrar conocimientos de distintas disciplinas para alcanzar una nueva comprensión*, en este caso, de NyN.

## 2. Marco teórico

Para integrar un campo de conocimiento nuevo, a los ya establecidos por el Marco Curricular, se analizan, en el siguiente capítulo, una serie de teorías y enfoques de enseñanza para lograr la integración óptima de éste. Deben entenderse primordialmente los términos NyN para así poder contextualizar la importancia del desarrollo nacional en esta área, lo que será revisado en la primera sección. En el siguiente apartado, se presentan las propuestas didácticas ya existentes en el área y las diversas maneras en las que las NyN han sido abordadas. Luego se estudia acerca de la alfabetización científica y el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) para dar paso a la teoría y modelo de aprendizaje utilizado para la construcción de la propuesta. Finalmente, se describen las estrategias de enseñanza (organizadores gráficos, mapa mental, etc.) utilizados y finalmente las estrategias de evaluación.

### 2.1 ¿Qué se entiende por nanociencia y nanotecnología?

El prefijo nano se deriva de la palabra griega para enano. Cuando se habla de un nanómetro (nm) estamos hablando de la milmillonésima parte de un metro, o  $10^{-9}$  metros (Real Sociedad, Academia Nacional de Ciencias del Reino Unido y la Real Academia de Ingeniería, 2004). “*Hablar de objetos de esa magnitud, sólo puede referir a átomos y moléculas, un diminuto universo cuyas leyes es necesario explicar*” (Mendoza y Rodríguez, 2007 pp. 162).

Las NyN, según la Real Sociedad, Academia Nacional de Ciencias del Reino Unido y la Real Academia de Ingeniería (2004), se definen, cada una, de la siguiente forma:

**Nanociencia:** Es el estudio de fenómenos y la manipulación de materiales a escala atómica, molecular y macromolecular, donde las propiedades difieren significativamente de las de mayor escala.

**Nanotecnología:** Diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas mediante el control de la forma y el tamaño a escala nanométrica.

Es innegable que el estudio de lo nano se dio históricamente en un afán de fabricar soluciones tecnológicas. Por esto es que la ciencia y la tecnología en las últimas décadas son dos campos difíciles de separar y a veces diferenciar (Tutor, Velasco y Martínez, 2005). Las NyN no son la excepción, el desarrollo de una depende intrínsecamente de la otra. Por eso, a pesar de que

existen características disciplinares que las distinguen, muchas veces se nombra a ambas como una sola, agrupándolas en el término Nanotecnología.

Si bien los términos NyN son relativamente nuevos, el estudio de sistemas pequeños, fuera del alcance de la vista, se remonta a épocas lejanas. Por ejemplo, en Egipto, en el siglo XV a.C. se desarrolló una tecnología para manipular y combinar fibras de plantas vegetales, hilos de seda, etc., con dimensiones cercanas a la décima de milímetro para la fabricación de telares, como también el control de las formas en objetos pequeños en joyería y orfebrería (Serena, s.f.). Fue con la llegada de la Edad Moderna que surgieron herramientas para la observación de objetos pequeños; los hermanos Jansen (1595), Galileo (1608), Hooke (1665), y Leeuwenhoek (1673) contribuyeron a la creación del microscopio óptico

En 1897, con el descubrimiento del electrón por Thomson mediante el tubo de rayos catódicos, se manipuló por primera vez un objeto de escala menor a la de la visión humana. Los primeros pasos de la tecnología que de esto se desprendió fueron en dirección de la Electrónica de Vacío con la invención del tríodo de vacío por Lee De Forest en 1906 (United States Patent Office, 1906) y las “máquinas para calcular” basadas en decenas de miles de tríodos de vacío en 1940. Pero debido a problemas propios de estos sistemas se estancó el avance en este sentido (Serena, s.f.). En 1947 John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley desarrollan el primer transistor en los Laboratorios Bell (Bardeen, 1947) y en 1958 J.S. Kilby desarrolla en Texas Instruments el primer circuito integrado (Kilby, 1959). Con esto se abre paso al desarrollo de la Electrónica de Estado Sólido y a una nueva concepción de dispositivo electrónico fabricado con técnicas litográficas. Con esta nueva técnica, al disminuir el tamaño de los motivos litografiados más elementos pueden incluirse en la misma superficie, y con esto aumentar la potencia de cálculo.

A partir de la idea de Electrónica de Estado Sólido surgieron cientos de mejoras técnicas que de forma constante han aumentado la capacidad de integrar circuitos electrónicos. El concepto de utilizar estructuras atómicas construyendo átomos sobre átomos con la necesidad de manejarlos y disponerlos de forma que puedan realizar funciones específicas fue planteado por el Dr. Richard Feynman en el año de 1959 en su seminario titulado “*There’s Plenty of Room at the Bottom*” (“Hay un montón de sitio al fondo”) (Feynman, 1959), cuando anticipó conceptos que hoy son realidad en las actividades nanotecnológicas (Quintili, 2012). Afirmó que la manipulación atómica no violaba ninguna ley física y que no podía lograrse debido a que no existían las herramientas adecuadas (Serena, s.f.).

La primera vez que se utilizó el término “Nanotecnología” fue en 1974 por el Profesor Norio Taniguchi de la Universidad de Ciencias de Tokio, en una conferencia sobre Ingeniería de la Producción, donde mencionó que *“Nanotecnología consiste en el procedimiento de separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo o molécula por molécula”* (Taniguchi, 1974). Según esta definición, era la tecnología necesaria para poder fabricar objetos o dispositivos (circuitos integrados, memorias de ordenador, dispositivos optoelectrónicos, etc.) con una precisión del orden de 1 nm (Serena, s.f.). Posteriormente, se define como la ciencia dedicada al control y manipulación a una escala menor que el micrómetro, es decir a nivel de átomos y moléculas (Quintili, 2012). De otra forma, la tecnología donde juegan un tamaño crítico las dimensiones o tolerancias en el rango de 0.1 a 100 nm (desde el tamaño del átomo a la longitud de onda de la luz).

La industria electrónica fue la encargada de impulsar la miniaturización electrónica debido a los intereses que tenía en elaborar herramientas para crear dispositivos electrónicos más pequeños, más rápidos y más complejos en chips de silicio (Real Sociedad, Academia Nacional de Ciencias del Reino Unido y la Real Academia de Ingeniería, 2004). International Business Machines Corp. (IBM) utilizó una técnica llamada litografía de haz de electrones para crear nanoestructuras y dispositivos pequeños (40-70 nm) a principios de 1970. Desde entonces, que las NyN escaparon de la industria electrónica y se incorporaron a diversas áreas (Quintili, 2012), y finalmente en la década del 80, investigadores apoyados por la teoría propuesta por el Dr. K. Eric Drexler, consiguieron manipular los átomos y las moléculas (Drexler, 1991).

Aunque las nanopartículas se han creado durante miles de años como los productos de la combustión y la cocina de alimentos de forma natural, sólo en los últimos 30 años se han desarrollado las herramientas para investigar y manipular a dicha escala (Real Sociedad, Academia Nacional de Ciencias del Reino Unido y la Real Academia de Ingeniería, 2004). En 1982 se inventó el microscopio de barrido de túnel (STM), y el microscopio de fuerza atómica (AFM) en 1986 (Serena, s.f.), utilizados para captar imágenes y manipular objetos a nanoescala. Por ejemplo, en un experimento en 1990, Don Eigler y Erhard Schweizer movieron los átomos del xenón alrededor en una superficie del níquel para escribir el logotipo de la compañía en IBM (Eigler y Schweizer, 1990).

La técnica implementada por Eigler y Schweizer consiste en mover los átomos de xenón individuales en una superficie de níquel de un solo cristal con precisión atómica (Eigler y Schweizer, 1990). A dicho método se le llama *“bottom-up”* (abajo-arriba), donde la construcción



de estructuras o materiales nanoestructurados es átomo por átomo o molécula por molécula (Mendoza y Rodríguez, 2007). Existe un segundo método llamado “*top-down*” (arriba-abajo), el cual desarrolla las nanoestructuras grabando un bloque de material, donde se obtiene una nanoestructura mediante la remoción; esto puede hacerse mediante técnicas de alta precisión como las litográficas (Mendoza y Rodríguez, 2007).

Mediante los distintos tipos de técnicas y métodos de síntesis, es que se pueden conseguir variadas clases de nanomateriales. De acuerdo con la Real Sociedad, la Academia Nacional de Ciencias del Reino Unido y la Real Academia de Ingeniería (2004), entre los que se encuentran: En 0-dimensión:

- Nanopartículas
- Puntos cuánticos

En una dimensión:

- Nanotubos orgánicos e inorgánicos
- Nanoalambres
- Biopolímeros

En dos dimensiones

- Películas delgadas
- Capas y superficies nanoestructuradas

En tres dimensiones:

- Cristales con dopamiento
- Cristales de Fullerenos (C<sub>60</sub>)
- Dendrímeros

En la actualidad, uno de los principales impulsores es el profesor K. Eric Drexler, del Massachusetts Institute of Technology (MIT), creador y hoy presidente del Foresight Institute, que congrega estudiosos en los temas de nanociencia y nanotecnología, los cuales se especializan en distintas áreas.

Si bien los inicios de las NyN aparecen ligados a la electrónica (aplicación de la física) en realidad la constitución de la materia, su fundamentación atómica y molecular, es común a todas las ciencias, desde la química y la biología hasta la medicina y la ingeniería entre otras, con contribuciones que abarcan lo económico y, se espera, lo social y ambiental (Quintili, 2010). En esta escala todas las disciplinas convergen, aun siendo diferente la perspectiva o el punto de

partida, regidas por las mismas leyes físicas (Serena, s.f.). Sin embargo, estas leyes físicas son distintas a las del macromundo, son las leyes de la mecánica cuántica (Mendoza y Rodríguez, 2007). Dentro de las más relevantes pueden encontrarse:

- El intercambio de energía entre átomos y partículas sólo puede ocurrir en paquetes discretos llamados cuantos de energía.
- Las ondas de luz, bajo determinadas condiciones, se pueden comportar como partículas (fotones).
- En algunas circunstancias, las partículas se pueden comportar como ondas.
- Es imposible conocer al mismo tiempo la velocidad y la posición exacta de una partícula, cuestión que se conoce como el Principio de Incertidumbre de Heisenberg.

Es valioso reconocer el avance que las NyN traen consigo, por lo que a continuación se expone la importancia que representa para Chile y a nivel educativo.

### **2.1.1 Importancia de NyN para Chile**

Las NyN, como ocurrió en el pasado con otras tecnologías de gran impacto, representan el despliegue de unos patrones culturales (creencias, conceptos, preferencias, principios, normas, valores, criterios, etc.) que, combinándose con las tecnologías disponibles y las pautas sociales dominantes, se encuentran en proceso de adquirir un gran poder (Cózar, 2009). El desarrollo de la NyN es estratégico para el desarrollo, especialmente en aplicaciones en las que hay fortalezas en explotación de recursos naturales, desarrollos para la salud humana, así como en la manufactura, entre otros.

En la actualidad, la tecnología impulsa el desarrollo económico social con proyectos e iniciativas empresariales, lo que le entrega un importante valor económico al avance en el ámbito tecnológico. Instituciones como la National Aeronautics and Space Administration (NASA) y la National Science Foundation (NSF) consideran la NyN como uno de los primeros sectores estratégicos (Pedreño, 2005). La evolución acelerada y crecimiento de la tecnología avanzada es clave para el fomento de la innovación competitiva, la aparición de nuevos negocios y perspectivas de progreso para aquellos sistemas económicos que pretenden ser protagonistas en la era de la globalización y el conocimiento. Existen grandes cambios en los sistemas económicos impulsados por el acelerado crecimiento exponencial de las Nuevas Tecnologías.

Las NyN han ingresado poco a poco en el mercado chileno mediante distintas empresas. Sin embargo, en Chile no existe una política gubernamental con miras a largo plazo para el desarrollo

de NyN en inversión en investigación ni creación de nuevas políticas que permitan avanzar a un nivel económico y tecnológico, lo que representa una gran dificultad. Según afirma Alejandro Emparanza, gerente técnico de Hevot, (El Economista América, 2015) es necesario que el Estado otorgue prioridad al fomento de nanotecnología local y, por tanto, otorgue los recursos y garantías necesarias para una mayor producción de I+D hecha en Chile. Esto significaría para la ciencia y tecnología chilena un gran impacto hacia la transferencia tecnológica de procesos de innovación del sector productivo en general. En un país con una rica diversidad de recursos naturales como Chile, la implementación y la investigación de NyN podrían elevar los estándares de calidad para transformar a Chile en un país tecnológicamente independiente con valor agregado, ya que la nanotecnología puede ser aplicada en un sinnúmero de materiales, mejorando los resultados de uso y sus aplicaciones.

Las NyN son el paradigma que permitirá un alto desarrollo a los países capaces de incorporarlo en sus sistemas productivo y educativo (Tutor y Serena, 2011), y, si bien existen iniciativas de formación educativa, son insuficientes para el desafío que representa potenciar las NyN.

### **2.1.2 Divulgación de NyN en Chile**

La importancia de la divulgación de NyN pasa por mejorar la comunicación social de la ciencia. Esto implica reafirmar un sistema científico tecnológico como país, generar políticas y compromisos de todos los actores públicos y privados, y mejorar la formación en todos los niveles educacionales (Zumelzu y Zárate, 2011). Tanto la divulgación de la ciencia formal como la informal son actividades importantes para el desarrollo de una nación con recursos científicos y tecnológicos. La divulgación de la Ciencia y la Tecnología en general representa un conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico y tecnológico al público general (Tutor, 2016). Existen distintas formas de “Comunicación Científica y Tecnológica”. Esencialmente tres formatos la constituyen, los cuales se desarrollan de forma habitual entre colegas, docentes, alumnos, estudiantes, directivos políticos, editores, empresarios y público en general:

- La difusión científica y tecnológica: Se realiza entre pares especializados en determinadas áreas del conocimiento científico y tecnológico y que se lleva a cabo a través de revistas especializadas, simposios y congresos nacionales y/o internacionales, seminarios departamentales o de grupos de investigación, etc.

- La divulgación científica y tecnológica y la formación científica y tecnológica: Son parte de la educación de la sociedad; entendiendo educación como un proceso de socialización y endoculturación de las personas a través del cual se desarrollan capacidades físicas e intelectuales, habilidades, destrezas, técnicas de estudio y formas de comportamiento ordenadas con un fin social.

La divulgación de la ciencia y la tecnología abarca un espectro amplio de sectores de la sociedad, los que van desde los alumnos y estudiantes de los niveles primarios, medios y superiores de enseñanza, sectores de trabajadores, personas de tercera edad, políticos, empresarios e industriales, etc., incluyendo a colectivos de científicos y tecnólogos no especialistas en los temas de ciencia y tecnología que se desea divulgar.

Los países más avanzados, ya desde la década del noventa, invierten en programas para mejorar infraestructuras y formar investigadores en esta área. En Iberoamérica este desafío se encuentra en vías de desarrollo, varios países cuentan con iniciativas de formación. En el año 2010, en la Asamblea General del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), se aprobó la Red temática “José Roberto Leite” de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF), perteneciente al Área Temática 6 de Ciencia y Sociedad. Esta red, en la actualidad cuenta con 14 grupos de 10 países iberoamericanos y de diversas universidades, entre ellos, Chile. Los resultados alcanzados por la red se dirigen a los sectores públicos y privados que tienen como objetivo la divulgación de la ciencia y la tecnología y la formación de cuadros profesionales capaces de enfrentar los retos de la NyN (Tutor J. y Serena P. 2011).

Centros de formación o investigación focalizados al desarrollo en NyN como tal, en Chile, sólo existe uno (Zumelzu E. y Zárata A., 2011). El Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (CEDENNA), el cual se crea en el año 2009, por concurso nacional, con fondos de fortalecimiento de ciencia basal de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT). Este centro, liderado por la Universidad de Santiago de Chile, está asociado a destacados grupos de investigadores de otras universidades chilenas, como del extranjero y es el más importante centro de NyN del país.

Sin embargo, destacan otras universidades a lo largo del país, que trabajan de forma colaborativa en sus investigaciones (Zumelzu E. y Zárata A., 2011):

- Liderados por la Universidad Santa María, en conjunto con la Universidad Austral de Chile y en colaboración con otras universidades chilenas: El Anillo de Nanociencias en

Valparaíso, Centro de Nanotecnología y Biología de Sistemas, Núcleo Científico Milenio Física Materia Condensada, Anillo Estudios Multidisciplinarios de Nanoestructuras Híbridas, Anillo Centro de Estudios Subatómicos.

- Universidad Andrés Bello: El Núcleo Milenio Mecánica Cuántica Aplicada y Química Computacional.
- Universidad de Chile: El Centro de Investigación Interdisciplinario Avanzado CM, el Centro de Tecnología para la Minería y el Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería.
- Dos Anillos asociativos de la Universidad de Chile con la Universidad de Talca y otro de la Universidad de Santiago de Chile con esta última universidad en proyectos Anillos en Simulación Computacional Molecular de Nanomateriales y un Anillo en magnetismo a nanoescala respectivamente.
- Universidad Austral de Chile: En el sur del país, la existencia de un Laboratorio Cluster Computacional de Física y un Laboratorio de Polímeros Avanzados.
- En la Universidad de Concepción: Un importante centro basal de Óptica y Fotónica CEFOP y un Centro Regional de I+D en el estudio de Polímeros Avanzados CIPA que incluye desarrollos en nanotecnología.

La divulgación permite no solo transparentar las investigaciones y los avances de las áreas científicas y tecnológicas, sino que significan la democratización de estas. Es decir, que los ciudadanos que no se relacionan directamente con estos ámbitos, sean capaces de formar juicios y tomar decisiones. Como se expone en los antecedentes, las NyN son términos que cada vez toman más fuerza en el vocabulario cotidiano, existen avances científicos y nuevas tecnologías a escala nano que ya se están aplicando, pero muchas veces no se entiende su real utilidad, su importancia ni sus riesgos y beneficios. De aquí nace la necesidad de una divulgación dirigida a la sociedad, enfatizada en el contexto escolar. Propuestas acerca de incluir NyN en la educación escolar en Chile a la fecha son inexistentes (Zumelzu y Zárata, 2011). De ahí radica la necesidad de comenzar a fortalecer un área que promete grandes beneficios para la economía y la educación científica de la sociedad. A continuación, se analizan algunas propuestas existentes en otros países.

## 2.2 Propuestas didácticas en nanociencia y nanotecnología

En cuanto a inclusión de NyN en el Marco Curricular chileno, como se revisó en los antecedentes, sólo existe en el nivel IV medio, en el programa de Química electivo. Además de esto, no existe evidencia de propuestas de implementación en educación media. Sin embargo, esto no quiere decir que ocurra lo mismo en otros países. Existen diversas propuestas, como las que se presentan a continuación.

1. Nanociencia y Nanotecnología: Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro - Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) - España
2. Guía didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en educación secundaria - Red "José Roberto Leite" de divulgación y formación en Nanotecnología (NANODYF) - Iberoamérica.
3. Propuesta para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias - Allan Victor Ribeiro, Moacir Pereira de Souza Filho y Alexys Bruno Alfonso - Brasil.
4. Reaching Out to the Future: Outline of Proposals for Communication Outreach, Dialogue and Education on Nanotechnology. Report from a workshop held in Brussels, 28-29 March 2012 - European Commission.
5. Escritura en ciencias, Nanotecnología Hoy: el desafío de conocer y enseñar - Instituto Nacional de Formación Docente. Ministerios de Educación Presidencia de la Nación - Argentina.

A continuación, se realiza un análisis de algunos aspectos relevantes de cada propuesta mencionada:

Tabla 8: Análisis propuestas de NyN

Prop.	Sector al que se dirige	Principales contenidos de NyN	Cómo se aborda desde el aspecto curricular
1	Docentes, estudiantes, e interesados en el tema.	1. Introducción a NyN 2. Nano - Herramientas 3. Nano - Materiales 4. Nano - Química 5. Nano - Biotecnología 6. Nano - Electrónica 7. Nano - Simulación 8. Nano - Aplicaciones 9. Nano y Sociedad	Fuente de recursos e ideas para acercar la nanotecnología al profesor, al alumno y a cualquier otro lector con curiosidad por los avances científicos. Esta propuesta está planeada como una unidad didáctica completa nueva pero no inmersa en el curriculum.

2	Enseñanza Media Básica y Media Superior	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentos de la NyN. Nanoescala. Efectos de tamaño.</li> <li>2. Nanomateriales y nanodispositivos. Propiedades y métodos de fabricación.</li> <li>3. Métodos para observar y caracterizar los objetos de la nanoescala.</li> <li>4. Aplicaciones de la NyN.</li> <li>5. Implicaciones sociales. Riesgos. Precaución. Normativa.</li> </ol>	Si bien es una propuesta que puede ser aplicada en cualquier país iberoamericano, está diseñada para que el docente que desee aplicarla lo haga desde el currículum de su nación. A modo de ejemplo expone los aspectos curriculares de España y cómo la propuesta puede ser abordada.
3	Enseñanza media	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conceptos específicos de NyN y sobre el orden de magnitud de la escala nanométrica</li> <li>2. Informaciones sobre la producción científica en Brasil</li> <li>3. Cursos específicos existentes; posibles colaboraciones entre investigadores y estudiantes pre universitarios, y la posibilidad de que participen activamente en la divulgación y en el desarrollo de NyN.</li> <li>4. Aspectos e implicaciones que las NyN ejercen sobre la sociedad.</li> </ol>	La propuesta fue desarrollada en una escuela particular brasileña del estado de São Paulo, que contaba con una estructura diferente de la encontrada en las escuelas públicas. Los estudiantes, además de cursar la Enseñanza Media, reciben una Educación Profesional Técnica y son estimulados por los profesores a participar en actividades científicas como las olimpiadas de Física y Astronomía. Este trabajo se basa en la experiencia científica y didáctica de los autores, en el estudio de la literatura disponible y en un trabajo de diagnóstico sobre el conocimiento e interés de los alumnos, además de una charla realizada por los profesores de Biología y Física. Es una propuesta anexa al currículum pero sin profundizar en él.
4	Jóvenes, la industria y las organizaciones de la sociedad civil.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Materiales y Métodos para comunicar NyN</li> <li>2. Discusión: ¿qué hacer? Divulgación, Diálogo y Educación en NyN.</li> <li>3. Evaluación de acciones anteriores sobre comunicación de la NyN.</li> </ol>	Informe que ofrece una revisión a las mejores prácticas desarrolladas por los proyectos europeos financiados y una nueva perspectiva sobre la comunicación nanotecnológica. En esta publicación se resumen diferentes recomendaciones, ofreciendo una visión experta en este campo. Las actividades de divulgación, diálogo y educación han sido identificadas

			por la comunidad de actores (comunidad de investigación, ONGs, industria, políticos, medios de comunicación) dirigida a tres grupos sociales. Es una propuesta dirigida a la divulgación de la NyN para todos los sectores con interés en el tema, incluyendo a los jóvenes, pero sin especificar una propuesta especialmente dirigida a educación escolar.
5	Docentes y estudiantes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los modelos, la ciencia y la naturaleza.</li> <li>2. Tamaño. Macro, cuánto y nano</li> <li>3. Relación Área/Volumen: nuevas propiedades</li> <li>4. La nanotecnología y las otras ciencias</li> <li>5. La necesidad de una nanociencia</li> <li>6. Historia de la nanotecnología.</li> <li>7. Nanomateriales: construyendo la nanotecnología</li> <li>8. Nanomateriales: aplicaciones actuales</li> <li>9. La nanotecnología que vendrá: posibilidades y responsabilidades</li> </ol>	En este texto se encuentra información rigurosa y actualizada sobre el estado del arte en esta disciplina. Asimismo, se han incluido páginas con indicaciones y estrategias didácticas que pueden facilitar el abordaje de los contenidos del libro en los distintos niveles de la enseñanza. Por lo tanto, puede asumirse como una propuesta anexa al currículum argentino.

Todas las propuestas apuntan a la educación y divulgación de las NyN a variados sectores de la sociedad, reconociendo la importancia de los estudiantes de educación escolar en este proceso.

En cuanto a contenidos, como se puede observar en la tabla 8 la mayoría de las propuestas (1, 2, 3 y 5) abarcan dentro de sus contenidos la escala o magnitudes nanométricas; es considerado por todas ellas el primer contenido que debe ser abordado para comenzar el desarrollo de las propuestas de NyN, por lo que su importancia es innegable. En la propuesta presentada en este trabajo este comportamiento se repite, dentro de las primeras actividades se dedica gran cantidad de tiempo a la comprensión y visualización de la nanoescala.



Otros contenidos en común que se observan en las propuestas estudiadas son los Nanomateriales y nanodispositivos junto con sus propiedades y métodos de fabricación (propuestas 1, 2 y 5); los métodos para observar y caracterizar los objetos de la nanoescala (propuestas 1, 2 y 5); las aplicaciones de la NyN (propuestas 1, 2, 3, 4 y 5); y finalmente las implicaciones sociales, los riesgos y precauciones (propuestas 1, 2, 3, 4 y 5). Debe destacarse que todos estos contenidos se encuentran contemplados en la creación de la propuesta didáctica de esta tesis, junto con otros que se mencionan en la tabla 8, como lo son la relación área - volumen (propuesta 5) y la relación entre NyN y las otras ciencias (propuestas 1 y 5).

Otro aspecto que llama la atención es la forma en que las propuestas pretenden ser abordadas. Por ejemplo, las propuestas están realizadas con un enfoque paralelo al currículum nacional son las 1, 3 y 5. La propuesta 4 está orientada a la divulgación a distintos sectores, por lo que no tienen relación estrecha con el currículum. Sin embargo, existe una propuesta que es similar a la que en este trabajo se ofrece, la 2, la cual está diseñada para que los docentes la incluyan en sus contenidos curriculares, pero al estar enfocada a cualquier país iberoamericano no enseña exactamente cómo, sólo da lineamientos para hacerlo.

La fortaleza de la propuesta de esta tesis radica en el amplio espectro de contenidos que aborda, de forma sencilla, y cómo se ajusta al Marco Curricular chileno, para que pueda ser aplicado en cualquier escuela a lo largo del país.

### **2.3 Alfabetización científica y enfoque CTS**

En la sociedad actual, la ciencia junto con la tecnología, tienen un rol fundamental en la vida cotidiana de las personas; por esto es muy importante su divulgación y enseñanza en las escuelas. La necesidad de incluir estos conocimientos es poco cuestionada, pero la manera en que se enseñan ha generado varios debates y controversias en la comunidad educativa (Fourez, 1997). La finalidad de enseñar ciencias, antiguamente, era familiarizar a los estudiantes sobre las teorías, los conceptos y los procesos científicos, pero este pensamiento se ha ido transformado en las últimas décadas dando paso a la enseñanza de las ciencias hacia aspectos sociales y personales del propio estudiante (Furió, Vilches, Guisasola, Romo, 2001). Es entonces donde nacen nuevas orientaciones para enseñar ciencias como la alfabetización científica y tecnológica (A.C.T), ciencias para todos, o el enfoque ciencia tecnología sociedad (CTS).

En la actualidad muchos expertos en didáctica de las ciencias sugieren la alfabetización científica y tecnológica como la finalidad central de la enseñanza de las ciencias. (Acevedo, Vázquez, Manassero, 2003).

La alfabetización científica tiene por objetivo que la mayoría de la población, además de comprender los conceptos y los procesos científicos, los puedan utilizar para tomar decisiones y puedan percibir tanto los beneficios y aplicaciones de las ciencias en la sociedad como sus limitaciones y riesgos. (Furió, Vilches, Guisasola, Romo, 2001), podemos decir entonces que la alfabetización científica es una “promoción de una cultura científica y tecnológica” (Fourez, 1997).

Para conseguir estos objetivos los estudiantes deberán apropiarse de conocimientos, habilidades y actitudes básicas respecto de la ciencia, la tecnología y sus relaciones con la sociedad, a fin de que puedan tener una participación responsable en los debates y la toma de decisiones acerca de los asuntos importantes de sus vidas y la sociedad que los rodea (Losada, 2010).

Debido a que los objetivos de la alfabetización científica, estarán siempre ligados a lo social y cultural, es imposible encontrar un modelo universal ya que las distintas culturas interactúan con las ciencias y las tecnologías de manera diferente, asimismo los alumnos no siempre son iguales, de esta manera la alfabetización científica tiene múltiples formas de concretarse, para que las personas puedan participar de las decisiones, siendo central el papel de la educación CTS. (Acevedo, Vázquez Manassero, 2003)

Ciencia, Tecnología y Sociedad es una línea de trabajo académico y de investigación, cuyo objetivo es el estudio de la naturaleza social del conocimiento científico-tecnológico y cómo incide en los diferentes ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales (Quintero, 2010). El estudio bajo este enfoque asegura cierto grado de conciencia acerca de lo que sucede alrededor del objeto de estudio (en este caso la ciencia y la tecnología) y *“puede constituir una vía eficaz para promover la cultura científica, entendida como la capacidad para comprender los avances científico-tecnológicos de la sociedad actual”* (Fernandes, Pires, Villamañán, 2014).

El enfoque CTS, que comenzó aproximadamente hace tres décadas atrás, en la actualidad se le agrega la palabra “ambiente” al final y así se forma la sigla “CTSA” (Ciencia - Tecnología - Sociedad - Ambiente), donde este término se añade para entregar una visión de ciencia y tecnología relacionado a cuestiones ambientales y de calidad de vida (Quintero, 2010). Este enfoque es crítico respecto de la clásica visión esencialista y triunfalista de la ciencia y la

tecnología (Quintero, 2010), y además es de carácter interdisciplinar, ya que para cumplir con su objetivo se necesitan conocimientos entregados por filosofía, historia, economía, etc.

Estas líneas de trabajo están enfocadas a la divulgación de la ciencia en la sociedad, en este trabajo específicamente a la divulgación de las NyN cuya importancia ya fue mencionada anteriormente.

Para cumplir con la anhelada alfabetización científica es necesario abordar contenidos de los cuales se espera cierto nivel de comprensión expresada en resultados de aprendizaje (término que se analiza más adelante) de forma en que lo que el estudiante aprenda sea de forma significativa, mediante la construcción de su propio conocimiento. Estos resultados de aprendizaje responden a una teoría y modelo de aprendizaje en especial, que se detalla a continuación.

## **2.4 Teoría y modelo de aprendizaje**

El aprendizaje de las ciencias constituye desafío, tanto para el estudiante, quien es receptor de una serie de tareas destinadas a gestionar y promover el conocimiento y el desarrollo de habilidades; como para el profesorado, encargado de generar un ambiente propicio para la actividad educativa. Los profesores tienen ante ellos una misión que no sólo considera contenidos y conocimientos, también deben abastecer a sus estudiantes de habilidades y actitudes, además de que dicho proceso incluye aspectos de gestión y de relaciones humanas que los profesores deben trabajar. Es por esto que tener como herramienta una teoría de aprendizaje con la cual guiarse es de suma importancia para el quehacer docente, incluso es más importante que el contenido mismo (Solé y Coll, 1999).

A lo largo de los años varias teorías de aprendizaje han sido desarrolladas e investigadas por diferentes autores, entre los más destacados encontramos a Skinner, Pavlov, Bruner, Piaget, Vigotsky, Ausubel, entre otros. Todos estos autores pretenden describir el proceso en que los seres humanos desarrollan aprendizaje con la finalidad de comprender, predecir y controlar el comportamiento humano y tratando de explicar cómo se incorporan nuevos conocimientos. (Schunk, 1997).

Entre las teorías de aprendizaje desarrolladas por los autores mencionados se encuentra el conductismo, el constructivismo, y el cognitivismo.

El conductismo se basa principalmente en que después de cada estímulo se presenta una respuesta del individuo, por lo tanto, el entorno se convierte en un conjunto de “estímulo-

respuesta". El conductismo utiliza sólo bases experimentales para responder al cómo se desarrolla el aprendizaje, los principales enfoques del conductismo son el condicionamiento clásico y el condicionamiento operante, el primero plantea la posibilidad de modificar la conducta de un alumno en un ambiente controlado provocando predisposición positiva o negativa hacia algo, mientras que el condicionamiento operante plantea que si se fortalece un comportamiento es más probable que el comportamiento se repita (Schunk, 1997; Watson y MacDougall, 1976). Esta corriente de pensamiento se mantuvo dominando en la psicología y en la enseñanza hasta los años 70 (Novack, 1988).

Por otra parte, el cognitivismo es una corriente que destaca la importancia de los procesamientos de la información, los procesos cognitivos y las representaciones mentales que los seres humanos elaboran como réplica del entorno y que guían la conducta humana (Moya, 1997). El procesamiento mental de la información abarca la adquisición de esta, su organización, codificación, repaso, almacenamiento y la recuperación de la memoria y olvido (Schunk, 1997).

Otra teoría del aprendizaje, que además es la que se utiliza en la propuesta planteada, es la teoría constructivista, en la que a continuación se profundiza.

### **2.4.1 Aprendizaje Constructivista**

El aprendizaje constructivista se basa en que los alumnos deben interactuar con el objeto de estudio, deben participar en el desarrollo de su aprendizaje construyendo sus conocimientos de manera relativamente autónoma, sin esta interacción no existe aprendizaje significativo, además el docente cumple un rol más bien de guía proponiendo experiencias, actividades y situaciones que aporten al proceso de aprendizaje del estudiante. (Gómez y Coll, 1994).

En esta teoría se destacan tres grandes autores, y cada uno de ellos aporta algún elemento esencial en el constructivismo que hoy conocemos.

Jean Piaget plantea que el sujeto y el objeto de estudio se encuentra en una relación dinámica, de esta manera el individuo construye su conocimiento de manera activa, interactuando con el objeto de estudio, esta actividad mental es propia de cada individuo y responde a las necesidades internas relacionadas al desarrollo evolutivo (Gómez y Coll, 1994). El aprendizaje se produce en fases evolutivas que tienen carácter cualitativo y corresponden dependiendo de la edad y sobre todo del desarrollo intelectual del individuo, entre ellas están la etapa sensoria- motriz, el estadio de las operaciones concretas, el estadio de las operaciones formales, el aprendizaje abstracto, para avanzar en estos estadios se deben generar nuevos esquemas de pensamiento y nuevas

estructuras mentales que permitirán al sujeto percibir la realidad de una manera diferente. (Carretero, 2005).

Lev Vygotsky es considerado el precursor del constructivismo social, afirma que el contexto social y cultural es un factor influyente y determinante en la construcción del aprendizaje, plantea que el desarrollo de un individuo es mucho más productivo con la interacción de compañeros que de manera individual (Payer, 2005).

Ausubel aporta con el término de aprendizaje significativo, que implica que el alumno pueda relacionar el nuevo conocimiento con otros que ya poseía, y que pueda ponerlos en práctica y que además se conserve en el tiempo; hace énfasis también en los conocimientos previos del estudiante, que considera de suma importancia para generar nuevos aprendizajes. De esta manera el nuevo conocimiento adquiere significado cuando se relaciona con el conocimiento previo (Novack, 1988).

Esta propuesta tiene como base la teoría del aprendizaje constructivista, con un enfoque CTSA y con el objetivo de generar alfabetización científica y aprendizajes significativos en los estudiantes, todo esto dentro de un contexto interdisciplinar, por lo que las actividades planteadas están dirigidas a que los alumnos interactúen con los conceptos de NyN de manera activa, pero además de forma gradual en habilidades cognitivas, para facilitar el proceso de aprendizaje.

El aprendizaje de NyN puede mostrarse complejo, debido a la cantidad de conceptos nuevos que se introducen y las dificultades propias de estos. Por esto es que se precisa de estrategias que contribuyan a la construcción de aprendizajes significativos, adecuadas a lo que se espera ilustrar.

## **2.5 Estrategias de enseñanza**

Las estrategias de enseñanza son los procedimientos o recursos que utiliza el docente para promover el desarrollo de un aprendizaje significativo en sus alumnos. Son los instrumentos intelectuales, con el fin de organizar y mejorar el aprendizaje y sus resultados, estas estrategias a diferencia de las técnicas de enseñanza, son conscientes e intencionales, dirigidas con un objetivo relacionado al aprendizaje. Es por esto que las estrategias seleccionadas deben permitir el desarrollo de procesos de aprendizaje activo, participativo, de cooperación y vivencial (González, 2013 y Nolasco, s.f.).

Muchos conceptos de NyN presentan dificultades para los estudiantes, como lo es por ejemplo la escala que la NyN utilizan, por lo tanto deben considerarse estrategias de enseñanza adecuadas para que la enseñanza de NyN produzca un aprendizaje significativo y logre la alfabetización científica de los estudiantes (Sánchez y Tagüeña, 2001).

Algunas estrategias de enseñanza adecuadas para NyN son el aprendizaje basado en juegos, aprendizaje con visualización y multimedia, aprendizaje con simulaciones, aprendizaje con modelos, aprendizaje basado en proyectos, e historia y narrativa (Blonder y Sakhnini, 2012) como por ejemplo las ilustraciones, los organizadores previos, el debate, la discusión dirigida, el taller, y la simulación pedagógica, entre otros (Nolasco, s.f.)

Las estrategias seleccionadas para la propuesta didáctica son aquellas que fomentan los aprendizajes esperados de NyN, las que se especifican a continuación.

### **2.5.1 Organizadores gráficos**

Los organizadores gráficos consisten en representaciones visuales que organizan la información a través de esquemas, mapas conceptuales, mapas mentales, mapas semánticos, diagramas de flujo, matrices de comparación y contraste, destacando la información importante, pueden ser considerados como eficaces estrategias didácticas para la adquisición de conocimiento de una manera significativa, y para la elaboración de objetos de aprendizaje (Villalustre, 2010).

Los organizadores gráficos obligan a los estudiantes a involucrarse con la información fomentando un aprendizaje activo, además de ser una herramienta que desarrolla la habilidad social entre alumnos y entre alumno - profesor, ya que facilita el trabajo en equipo (Villalobos, 2011).

Entre las ventajas de utilizar organizadores gráficos se encuentran el retener y recordar nueva información, clarificar el pensamiento, integrar nuevo conocimiento, reforzar la comprensión, identificar conceptos erróneos, y desarrollar habilidades de pensamiento superior (Prensky, s.f.).

Además los organizadores gráficos son una herramienta para desarrollar en los estudiantes habilidades como jerarquizar, relacionar, categorizar, y ordenar los conceptos para incorporarlos a sus conocimientos. (Educarchile, 2012), lo que va de la mano con el propósito de fortalecer la idea de escala y diferencia de mundos.

### 2.5.1.1 Mapa Mental

Las nociones de NyN que se proponen, requieren que el estudiante organice los conceptos que llegarán a sus manos, por lo que es necesario realizar alguna actividad que permita estructurar la información recibida. Los mapas mentales son una forma lógica y creativa de tomar notas y expresar ideas; consiste, en cartografiar reflexiones sobre un tema. Cuentan con una estructura orgánica radial a partir de un núcleo en el que se usan líneas, símbolos, palabras, colores e imágenes para ilustrar conceptos sencillos y lógicos. Permiten convertir listas de datos en coloridos diagramas, que funcionan de forma totalmente natural, del mismo modo que el cerebro humano. Permiten obtener una visión de cualquier problema al que se quiera enfrentar, utilizar esta herramienta permite tanto a los alumnos, docentes o a cualquier interesado desarrollar la memoria, la concentración, la lógica y la creatividad (Buzan, 1996). Los mapas mentales son una forma de organizador gráfico.

### 2.5.2 Personificación

***Personificación:***

1. Representación de una cosa en forma de persona, generalmente de un sentimiento o de otra cosa abstracta o inmaterial.

*Real Academia Española © Todos los derechos reservados*

El teatro es una disciplina altamente educativa, que permite a los estudiantes desarrollar habilidades como el trabajo en equipo, mantener la constancia, desarrollar la autoestima, planificar memorizar, todo esto mientras asume el comportamiento del personaje como si fuera él, lo que se consigue con un proceso de cuidada observación y con una actitud rigurosa y sincera que le permita crear a un personaje convincente. El teatro ayuda a formar al joven en la observación de la realidad para poder representarla (Bonilla, González, Marchesi, Osorio, Reyes, Vallejo, 2014).

Dentro de lo que se espera reforzar mediante la propuesta, más allá de los contenidos, son ciertas habilidades que trascienden al procedimiento mental, sino que requieren llevar el proceso interno a un plano social, donde se represente el aprendizaje que se está construyendo. Es por esto que se espera que la personificación ayude en la comunicación de esto nuevos aprendizajes, además de reforzar las habilidades que este tipo de actividad conlleva.

### 2.5.3 Debate e investigación

**Debatir:**

Del lat. *debattuëre* 'batir, sacudir', 'batirse'.

1. tr. Dicho de dos o más personas: Discutir un tema con opiniones diferentes. U. t. c. intr.

*Real Academia Española © Todos los derechos reservados*

El debate, visto desde el mundo escolar, es una herramienta para que los estudiantes se informen, analicen y posteriormente presenten argumentos sobre un tema en particular, divididos en dos grupos que deben tomar una postura específica y contraria, la cual deben defender (Universidad de Córdoba, 2005).

El proceso del debate genera en los estudiantes habilidades y competencias tales como recolección de información, formación de argumentos y contraargumentos y expresión oral (Pinilla, 2015). Además, los estudiantes deben ser rigurosos con las fuentes que seleccionan para obtener la información. Esta estrategia está pensada para la propuesta planteada debido a las habilidades y competencias que desarrolla en los estudiantes, entre ellas el desarrollo de una visión crítica respecto del uso de NyN en la sociedad actual.

Para generar un debate debe existir, de manera previa, una documentación acerca de la temática a discutir. La investigación implica, según Fidas G. (1999, p. 2):

- a. El descubrimiento de algún aspecto de la realidad.
- b. La producción de un nuevo conocimiento, el cual puede estar dirigido a incrementar los postulados teóricos de una determinada ciencia (investigación pura o básica); o puede tener una aplicación inmediata en la solución de problemas prácticos (investigación aplicada).

Según el mismo autor, *“la investigación científica es un proceso dirigido a la solución de problemas del saber, mediante la obtención de nuevos conocimientos”* (p. 3). De esta manera, se considera que es necesario unir la investigación al proceso del debate, como apoyo a su desarrollo.



## 2.6 Resultados de aprendizaje

Para cumplir con la deseada alfabetización científica se abordan contenidos de los cuales se espera cierto nivel de comprensión declarados en los Resultados de Aprendizaje (RA). Estos se asemejan a los Aprendizajes Esperados (AE) que plantea el currículum actual, ya que exponen los conocimientos y habilidades que se espera desarrolle el estudiante, las cuales se redactan con verbos que den cuenta de una acción observable y medible para poder ser posteriormente evaluado su nivel de logro (Maturana y López, s.f.). Además, representan una serie de beneficios al momento de organizar la información que se pretende entregar y el cómo se entrega (gráfico 4).

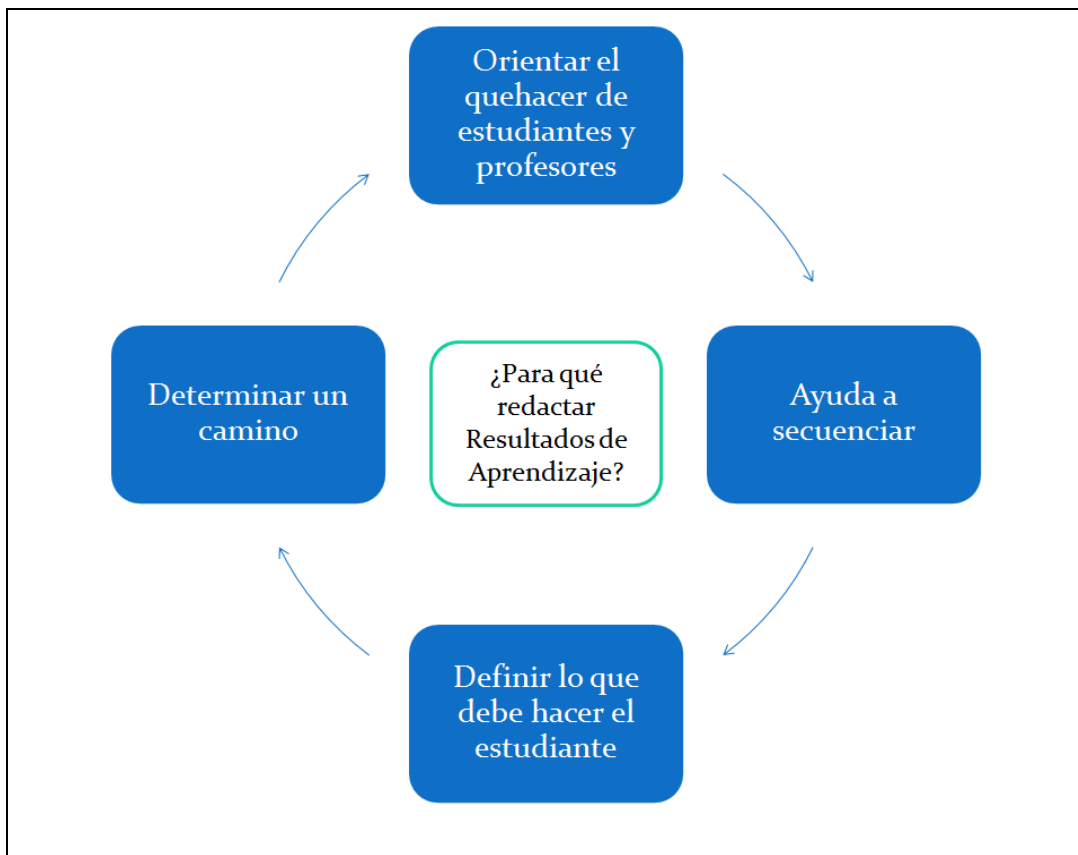


Gráfico 4 - ¿Para qué redactar RA? (Maturana y López, s.f.)

Por esto es que se utilizarán para diferenciar los Aprendizajes Esperados planteados en el currículum en las unidades donde se inserta la propuesta, de los aprendizajes que se plantean con los nuevos contenidos de NyN.

## **2.7 Estrategias de evaluación**

La evaluación es un proceso intencional donde se obtiene información a través de criterios con la finalidad de identificar el objetivo evaluado y tomar decisiones respecto a este (García y Sanz, 2011, 2012).

En la propuesta didáctica presentada se plantea una teoría constructivista del aprendizaje, y en esta, como fue mencionado anteriormente, el alumno es el principal responsable en el desarrollo de su aprendizaje, es por esto que también debe ser consciente de los avances que obtiene y de lo que podría mejorar, para esto debe ser partícipe del proceso de evaluación que mide sus progresos.

La evaluación, no debe ser observada como un complemento del proceso de enseñanza, sino que debe considerarse como parte de él; donde el alumno puede reconocer sus debilidades y el docente puede identificar las deficiencias de sus alumnos (Correa, s.f)

Para comprobar que lo realizado por el profesor realmente cumplió con los “Resultados de Aprendizaje” (RA) es necesario plantear una serie de estrategias de evaluación de aprendizaje. La evaluación, debido a lo complejo de la situación, se hará con diversos métodos, que se adecuen a lo que se pretende valorar.

## **2.8 Rúbrica**

Las rúbricas son un tipo de evaluación que mide el desarrollo de competencias, permite tanto al estudiante como al docente calificar aspectos complejos, de difícil medición, imprecisos o muy subjetivos. Consisten en un cuadro evaluativo en el que se presentan criterios y estándares específicos que se relacionan a un puntaje al cual se accede al cumplir con el criterio expuesto, estos indicadores implican diferentes niveles de logro. Las rúbricas permiten a los estudiantes reconocer las expectativas de sus profesores y a centrarse en ellas al realizar su trabajo, generando así una mayor exigencia (García, 2014).

Debido a que la propuesta pretende medir el avance en ciertos conocimientos, actitudes y habilidades, la rúbrica es el instrumento más adecuado debido que manifiesta claramente lo que se espera lograr con las actividades y lo que será evaluado por los docentes.

### 3 Marco Metodológico

En este capítulo se abordarán los aspectos metodológicos de la realización de la propuesta didáctica, como la estructura, la justificación de las actividades, su validación y el análisis de esta. En una primera instancia se describen los contenidos sobre NyN que se abordan, y se justificará la elección de ellos. En el siguiente apartado se identifican los conocimientos previos por asignatura, necesarios para la implementación de cada sección (Física, Química y Biología). Luego se plantean los resultados de aprendizaje para los contenidos de NyN y se explica cómo la propuesta didáctica está enmarcada en el aprendizaje activo del estudiante. Finalizando se realiza una descripción acerca de la propuesta didáctica y su proceso de creación y en una última sección se entrega los lineamientos de la validación (participantes, muestra, instrumentos de validación, procedimiento y el método de análisis de los resultados).

#### 3.1 Articulación de la propuesta didáctica

La propuesta didáctica aquí descrita, está estructurada de forma que puede ser realizada en un tiempo de dos horas pedagógicas por asignatura. De esta manera no interrumpirá los demás contenidos de las unidades, sino que se espera reforzarlos o en el caso de Física, facilitarlos. Además, como se mencionó previamente, se basará en el modelo CTS, donde la ciencia será abordada por Física, el aspecto tecnológico por Química y finalmente Biología será la encargada de la perspectiva social. Estos tópicos (ciencia, tecnología y sociedad), si bien no se declaran como temas propios de la propuesta didáctica, se entienden de los contenidos a estudiar en ella. Los contenidos de la propuesta didáctica pueden encontrarse en la Tabla 9, a continuación.

Tabla 9: Contenidos de NyN en la propuesta

Física	Química	Biología
<b>Contenidos</b>		
1° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Nanoescala de nanoestructuras</li></ul> 2° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Relación superficie - volumen</li><li>• Efecto túnel</li></ul>	1° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Funcionalización de nanotubos de carbono</li></ul> 2° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Microscopio</li><li>• Aplicaciones en envasado de alimentos</li></ul>	1° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicaciones médicas</li></ul> 2° hora pedagógica: <ul style="list-style-type: none"><li>• Beneficios y riesgos de NyN</li></ul>

Estos contenidos fueron seleccionados considerando varios factores, entre ellos los conceptos básicos para comprender NyN, además de las unidades donde se imparten, ya que se requiere dar el enfoque necesario para aportar al currículum vigente y también fue considerado el enfoque CTS que se quiso tener en la propuesta.

Para la asignatura de Física, que es la primera parte de la propuesta, se escogen contenidos básicos sobre NyN y se les da énfasis a aquellos que se categorizan como difíciles para los estudiantes, como lo es por ejemplo la nanoescala que representa una problemática, debido a que los estudiantes no pueden visualizar los objetos de esas magnitudes. Es por esto que se realizan variadas actividades para que los alumnos desarrollen la capacidad de comparar los objetos de dimensiones nanométricas y reconocer el nanomundo.

Para que los alumnos puedan entender la necesidad de conocer sobre NyN, el conocimiento debe ir unido a un contexto, a una aplicación, debe comprender las propiedades que posee el objeto de estudio, los beneficios y riesgos que proporciona (Díaz Barriga, 2003). Por esta razón se incluye a los contenidos las propiedades de los objetos a nanoescala, específicamente se realizan actividades que incluyen las propiedades de reactividad (relacionadas con la relación de superficie y volumen que los alumnos deben manejar) y con el efecto túnel, una de las propiedades que más contradice la mecánica clásica.

Para elegir los contenidos de la asignatura de Química se consideró el tema de la unidad 3: Polímeros. Y se hizo una revisión de los Aprendizajes Esperados en la unidad, el que acomodaba para introducir NyN era, como se vio en los antecedentes, el AE 09: Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad. Este aprendizaje permite introducir aplicaciones de NyN en polímeros, con el contenido “aplicaciones en envasado de alimentos”. Pero para poder introducir este contenido se requiere de algunos conocimientos adicionales como funcionalización de nanotubos de carbono, y para poder observar estas partículas se agrega el estudio del microscopio de efecto túnel, que, como su nombre lo dice, funciona con efecto túnel, lo que genera la necesidad de haber implementado la parte de física.

Para Biología en la tercera unidad se ve sistema inmune y uno de sus Aprendizajes esperado (AE08) es: Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes. Esto permitió analizar el avance en las aplicaciones en medicina de NyN, introduciendo los contenidos de “aplicaciones

médicas” y de “beneficios y riesgos de NyN”, donde se analiza también, la seguridad de utilizar NyN en el cuerpo humano.

### 3.2 Conocimientos previos para la enseñanza de NyN

Para el estudio de NyN se necesitan ciertos conocimientos básicos que los estudiantes deben tener, previo a introducir los conceptos nuevos. Los conocimientos previos requeridos, se adquieren gracias a las unidades anteriores en diversas asignaturas ya cursadas por los estudiantes, y representan una antesala para la adquisición de saberes nuevos.

De esta forma, los conocimientos previos que en primer lugar se deben considerar, son los ya solicitados por el programa para cada unidad seleccionada (Física, Química y Biología), los cuales se pueden observar en la Tabla 10. Mediante el conocimiento de estos contenidos, se puede trabajar cada unidad.

Tabla 10: Conceptos previos de los programas de estudio de Física, Química y Biología para IV medio, tercera unidad (MINEDUC, 2011)

Física	Química	Biología
<b>Conceptos previos antes de iniciar la unidad 3:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza</li> <li>• Energía</li> <li>• Espectros de emisión</li> <li>• Momento angular</li> <li>• Modelos atómicos</li> <li>• Órbitas electrónicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elemento</li> <li>• Molécula</li> <li>• Enlaces iónicos</li> <li>• Enlaces covalentes</li> <li>• Compuestos orgánicos</li> <li>• Funciones orgánicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura y función de la célula eucarionte y sus organelos</li> <li>• Células especializadas</li> <li>• Prevención de ITS como el sida</li> <li>• Función del sistema circulatorio</li> <li>• Biomoléculas</li> <li>• Sexualidad y reproducción</li> <li>• Sistema inmune</li> <li>• Anticuerpos</li> </ul>

Además de estos conceptos requeridos para las respectivas unidades y planteados por el currículum, se necesitan otros términos específicos para la implementación de esta propuesta, los cuales están relacionados estrictamente con los contenidos de NyN. Debido a que el avance de la propuesta en las asignaturas es lineal (Física → Química → Biología), los conocimientos previos en cada disciplina, se dará según sus propias necesidades, conforme su avance. Como

la intervención de la propuesta didáctica inicia con Física, en esta área únicamente se requerirán ciertos aspectos matemáticos, además de los del programa. Estos aspectos son:

- Notación científica
- Escalas de medida
- Cambio de unidades

En Química los conceptos previos de NyN necesarios para la intervención, serán los contenidos de la propuesta didáctica estudiados en la parte de Física. Se espera que la participación en esta asignatura ocurra en medio de la unidad, por lo que deben considerarse los temas vistos hasta ese momento en la unidad 3 de Química, es decir polímeros.

En Biología será necesario que los estudiantes ya estén finalizando la unidad tres, por lo tanto, como aprendizaje previo se considerará el sistema inmune (visto en la unidad), además de los contenidos de NyN abordados por la propuesta didáctica en Física y Química.

En el esquema a continuación, pueden apreciarse los conceptos previos necesarios de cada asignatura:

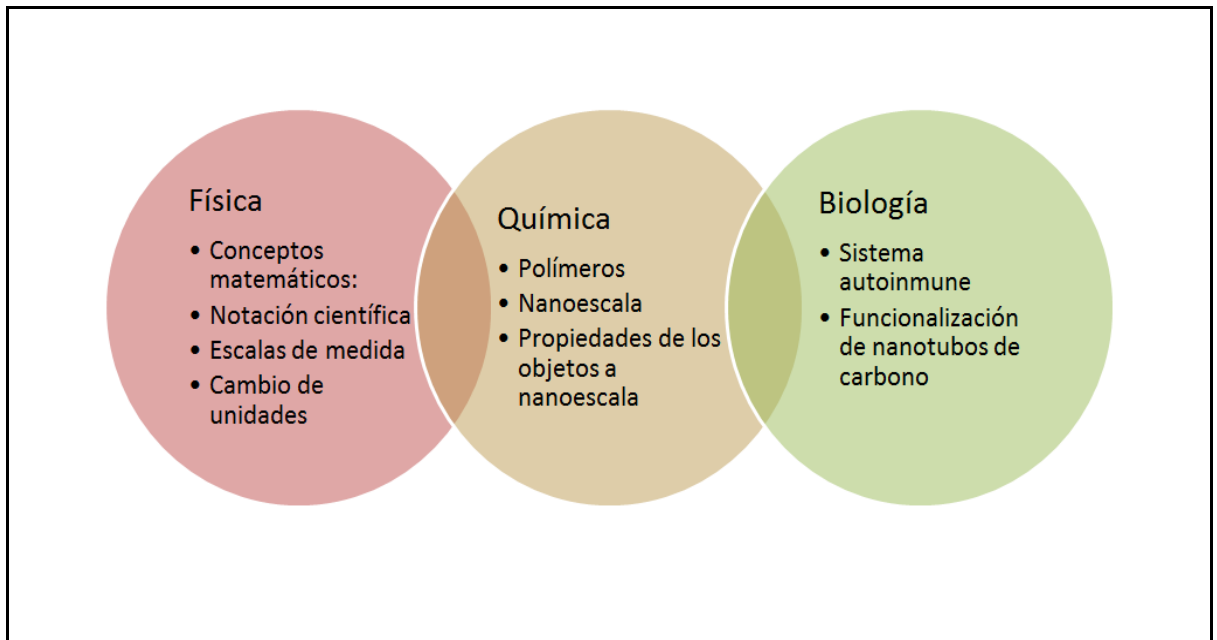


Gráfico 5- Conceptos previos en la propuesta

### 3.3 Resultados de Aprendizaje (RA) de la propuesta

Para incorporar contenidos al currículum, es necesario declarar los aprendizajes que se espera que los estudiantes obtengan de estos, con la intención de al finalizar la implementación de la propuesta, medir los resultados con los objetivos declarados en un principio. En el currículum actual y como se menciona en los antecedentes, estos aprendizajes tienen el nombre de Aprendizajes Esperados. En esta propuesta, para diferenciar los objetivos de las unidades planteados por el currículum (AE) de los que se redactan para los contenidos de NyN, los llamaremos Resultados de Aprendizaje. Para comprobar los aprendizajes que se esperan lograr mediante el estudio de los contenidos expuestos en la tabla 10 se plantean los siguientes Resultados de Aprendizajes:

Tabla 11: Resultados de Aprendizaje (RA) de la propuesta

Física	Química	Biología
<b>Resultados de Aprendizaje (RA)</b>		
RA 1 Reconoce el nanomundo y sus dimensiones comparando los objetos, propiedades y leyes que pertenecen a él con los que pertenecen a otros mundos.	RA 2 Identifica el uso de Nanociencia y Nanotecnología en la producción de plásticos, declarando sus beneficios y riesgos para la sociedad.	RA 3 Analiza los riesgos y beneficios de la Nanociencia y Nanotecnología en la sociedad debatiendo su uso en medicina para enfermedades autoinmunes.

Cada guía cuenta con objetivos a realizar por medio de las actividades. Estos objetivos se encuentran estrechamente relacionados con los Resultados de Aprendizaje, ya que, al cumplir todos los objetivos de las guías de una asignatura, se espera haber completado el Resultado de Aprendizaje de esta.

A continuación, se exponen los objetivos de cada guía, separadas por asignatura:

**Física:**

Actividad previa: Palabras importantes

- Reconocer el significado de vocabulario correspondiente a la unidad

Guía 1: Escalas y Mundos

- Identificar la escala nanométrica.
- Clasificar elementos según su escala.

Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala

- Identificar el cambio de propiedades de los materiales dependiendo de las escalas.
- Realizar conversiones de escalas para visualizar las diferencias entre los mundos y las propiedades en ellos.

**Química:**

Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros

- Conocer polímeros destacados creados en base a la nanociencia, presentes en la producción de vestimenta o plásticos, etc.

Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros

- Estudiar el funcionamiento del microscopio de efecto túnel.
- Identificar la utilidad de los polímeros nanoestructurados en la sociedad.

**Biología:**

Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana

- Investigar acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología

- Debatir acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.



### 3.4 Aprendizaje activo

Como se menciona anteriormente (en el marco teórico) la propuesta está basada en la teoría de aprendizaje constructivista, por lo tanto, pocas actividades se llevan a cabo de manera expositiva por parte del docente, ya que la mayoría de las actividades están enmarcadas en un aprendizaje activo (Freeman et al., 2014), lo cual está centrado en que el estudiante participe de manera constante durante la clase, no sólo que escuche al profesor y tome apuntes.

Existen distintos enfoques de aprendizaje, donde el actor principal es el estudiante, y todas convergen en un punto esencial (Jerez, Coronado & Valenzuela, 2012): *“el individuo debe ejecutar tareas, acciones o actividades para lograr o dar cuenta de que ciertos aprendizajes han sido logrados”* (Jerez, 2015, p. 16). Estas actividades implican el trabajo del estudiante en clases y fuera de ella, son motivadoras y graduales para que los alumnos alcancen sus objetivos de manera progresiva y sin frustraciones (Esteba, 2013). El docente tiene una función relevante en este punto, ya que debe guiar al estudiante en todo momento para que el trabajo sea realizado de manera efectiva y se consigan los objetivos que cada una de estas tiene.

En la propuesta se encuentran diversas actividades que requieren la participación activa del estudiante a través del involucramiento cognitivo. Por ejemplo, desde un principio los alumnos deberán buscar significados de ciertos términos, para manejar el vocabulario relativo a NyN en Física, Química, y Biología. Además, tendrán que seleccionar y clasificar una serie de imágenes con el objetivo de visualizar la escala nanométrica e identificar el mundo en el que se trabaja. Estas actividades podrían ser fácilmente planteadas de manera expositiva, dando a los alumnos las definiciones necesarias y explicando la imagen de las escalas (Guía de Física 1, imagen 1: “Escala de objetos e interacciones predominantes”, del Apéndice 1). Pero uno de los fines de la propuesta didáctica es generar aprendizaje significativo en los estudiantes y para esto, ellos deben interactuar con su estudio de manera activa, desarrollando habilidades mientras aprenden contenidos y los relacionan con otros.

Entre otras actividades planteadas, los estudiantes, para reflexionar sobre la importancia del cambio de la razón área superficial vs. volumen a nivel de trabajo nanométrico, tendrán que realizar cálculos del área y volumen de un cubo al dividirlo (actividad 3, guía 2 de Física). De esta manera los alumnos no tendrán que asumir que el volumen se mantiene y que el área superficial aumenta, sino que lo demostraran a través de sus propias acciones.

Además, los alumnos deberán discutir, de forma grupal, todos los recursos audiovisuales que se encuentran en la propuesta, para presentar su opinión y visión sobre lo observado. Y la reflexión

va más allá del trabajo realizado en clases o mediante el material proporcionado. También deben debatir acerca de los riesgos y beneficios de utilizar NyN en medicina, donde la información requerida para este debate, será extraída de una investigación que deben realizar en páginas web que se les suministran mediante la propuesta didáctica.

De esta manera y con otras actividades diseñadas para que el estudiante participe (mapa mental, interpretación, investigación, debate, entre otras), se espera cumplir con generar un aprendizaje significativo en el estudiante, a través de la teoría constructivista.

### **3.5 Descripción de la propuesta didáctica**

Mediante esta propuesta se pretende que a través de la enseñanza de NyN, se introduzca a los estudiantes a una ciencia de frontera, que además cuenta con variadas áreas de aplicación (física, ingeniería, medicina, biología, química, etc.). Se espera unir a la vez los tres ejes de la ciencia escolar: Física, Química y Biología de manera interdisciplinar. Como las NyN se presentan en diversos ámbitos, se dispone de material e información suficiente para trabajar en las distintas asignaturas mencionadas. De hecho, es esto lo que facilita, el generar una conexión entre ellas, cumpliendo así con los objetivos del seminario de grado.

Para abordar NyN se ha seleccionado el nivel de IV medio, tercera unidad, la cual se imparte en el segundo semestre en las tres asignaturas. En primer lugar, se abordarán los contenidos en Física, debido a que el elemento a estudiar es “el átomo y su núcleo”, lo que abre la oportunidad perfecta para introducir nanoescala. En Química, mediante la funcionalización de nanotubos de carbono con polímeros y algunas aplicaciones de NyN, se estudiará la unidad de Polímeros. Mientras que, en Biología, el tratamiento de enfermedades autoinmunes será abordado desde la perspectiva de la nanomedicina. En los antecedentes se mencionó la importancia de respetar las exigencias del Marco Curricular y los Planes de Estudios del Ministerio de Educación de Chile, por lo cual los objetivos y conocimientos básicos, se abordarán adaptando los conocimientos de NyN a los contenidos ya establecidos, de esta forma la propuesta no quitará mayor tiempo a cada unidad, ni dificultará la estructura de las mismas.

Por otro lado, las unidades respectivas se estudiarán mediante un enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS), donde el estudio científico será parte de la unidad de Física, tecnología se abordará en Química, y el aspecto social, finalmente, será llevado a cabo por Biología.

Todas las decisiones para la creación del material didáctico fueron realizadas luego de diversos análisis y revisiones representados en el gráfico 6, de modo que las actividades fueran idóneas

para cada asignatura, cumplieran con los objetivos de la propuesta, y aportarán a los CMO, OF, HPC y AE de las respectivas unidades. En una primera instancia se hace un análisis curricular, para identificar la mejor oportunidad para introducir contenidos de NyN, como se menciona anteriormente. En este caso se seleccionó la tercera unidad de Física, así como las terceras unidades de Química y Biología, para cumplir con el diseño de interdisciplinariedad. Posteriormente, se realiza una revisión teórica en donde se analizan diversas propuestas de NyN en otros países, y se consideran los contenidos que se repiten en estas. Luego se seleccionaron recursos educativos efectivos para un aprendizaje activo (Jerez, 2015) y para trabajar contenidos de NyN y considerando estos, se diseñan recursos para las actividades planteadas, las que se ordenan en guías para cada asignatura y forma el diseño de la propuesta didáctica. De manera paralela al diseño de las guías se agregan notas al docente, necesarias para comprender los objetivos y necesidades de cada actividad, además, las guías se responden para que el docente cuente con las respuestas correctas a las que deben llegar los estudiantes en cada actividad. Finalmente, con el conjunto de todos estos recursos se da paso al diseño del libro al docente.

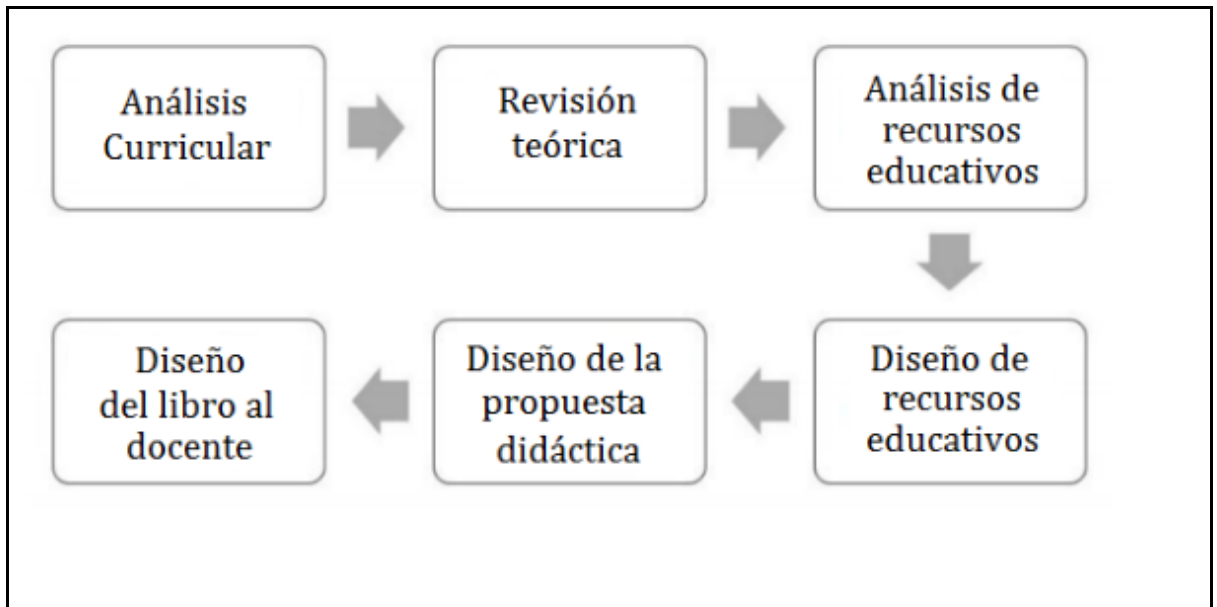


Gráfico 6 - Esquema de pasos para la elaboración de la propuesta

## 3.6 Actividades de la propuesta

En la propuesta se presentan una serie de actividades, pensadas para que los estudiantes interactúen con los contenidos mencionados en la tabla 10, de manera tal que la dificultad al avanzar, es gradual. Estas actividades están proyectadas en guías para cada asignatura, a continuación, se presenta el orden y cómo se desarrolla cada una de ellas.

### 3.6.1 Física

La guía de Física es la encargada de entregar la contextualización de NyN, acercar al estudiante a los conceptos básicos sobre esta ciencia, y aterrizar al alumno la escala en la cual se trabaja, y como es el cambio de propiedades en este mundo.

**Actividad Previa: Palabras importantes:** Para comenzar el desarrollo de la propuesta, a los alumnos se les pide que revisen y definan una serie de conceptos previos que serán utilizados a lo largo de la implementación de la propuesta. Con esto se espera que no existan dudas acerca de la terminología utilizada, ya que se revisarán de manera grupal en clases. Por otra parte, todos los términos mencionados son, o debieran ser, conocidos por los estudiantes y además pertenecen a la unidad en cuestión.

**Guía 1: Escalas y Mundos:** La primera guía cuenta con dos actividades: *Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología*, donde tendrán un primer acercamiento a la NyN mediante un video corto, del cual extraerán las primeras ideas respondiendo a una serie de consultas. Este video introductorio anuncia a los estudiantes gran parte de los temas que serán estudiados. Con esto, se espera que las unidades de NyN de Química y Biología de la propuesta didáctica no se presenten de manera ajena tanto en terminología como en desarrollo de algunas temáticas. La *Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño*, es una actividad en la cual los estudiantes, en grupos, deben identificar cuáles son los “mundos” según su proporción, por medio de un esquema que muestra cómo se visualizan los objetos a distintas escalas y qué fuerzas actúan. Este organizador gráfico tiene como misión ayudar a retener y recordar la nueva información, e integrar el conocimiento nuevo acerca de cómo se divide el mundo según las dimensiones de su tamaño, a través de imágenes cercanas al estudiante y contextualizadas en nuestro país. Posteriormente los alumnos clasifican diversos objetos en los mundos identificados en el esquema.

Las actividades son básicas (identificar y clasificar) con el objetivo de graduar la dificultad, lo que significa que a lo largo de la propuesta aumentará el desafío para los estudiantes a nivel cognitivo.

**Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala:** En una primera instancia, en la *Actividad 1: Acercándonos al átomo*, se les pide a los estudiantes que reconozcan las partículas fundamentales del átomo, además se deja como tarea investigar acerca de los distintos modelos nucleares, esta actividad genera conexión con la unidad en que se está trabajando. Posteriormente, en la *Actividad 2: Camino a lo pequeño*, se les asigna una tarea que consiste en imaginar cuántas veces se debe doblar una hoja de papel para llegar a la escala nanométrica; de esta forma inician un acercamiento a la escala en la cual trabajarán. Para visualizar qué es lo que ocurre cuando disminuimos el tamaño (propiedades), se pide seccionar una figura geométrica en partes muy pequeñas, se “corta” (imaginariamente) un cubo en cuatro partes, para calcular el área superficial y volumen de cada cubo. Se vuelve cortar y se repite el proceso con cada cubo resultante. Mediante una serie de preguntas que se encuentran en la guía en la *Actividad 3: Desarmando un cubo*, se comparan la suma de las áreas superficiales respecto de la suma de los volúmenes. Ambas actividades (2 y 3) están dirigidas a que los alumnos visualicen qué tan pequeño es el nanomundo, y relacionen estas magnitudes pequeñas a cambios en las propiedades de los objetos que son nanométricos. En la *Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man*, mediante dos imágenes, se contrastan dos escenas de la película *Civil War* (2016) en las cuales se puede ver a Ant Man muy grande y muy pequeño, para discutir alrededor de una serie de cuestionamientos propuestos las propiedades que tendría cada uno. Finalmente, en la *Actividad 5: Efecto túnel*, verán un vídeo corto con una escena de la película *Ant Man* (2015), donde analizarán un fenómeno que allí se les presenta, el efecto túnel y luego discutir una serie de preguntas que se plantean. Esta actividad tiene también la virtud de mostrar una serie de imágenes de tamaños pequeños con sus respectivas magnitudes (de mayor a menor).

Todas estas actividades son simples y graduales, y se espera que los alumnos logren comprender la nanoescala y las propiedades de los objetos a nanoescala, conectándolos, también, con los contenidos de la unidad. Esta parte de la propuesta contribuye a la unidad ya que los alumnos manejarán mejor los conceptos referentes al átomo y su núcleo, además de comprender a cabalidad en la escala que éste se encuentra.

**Guía 3: Actividad de cierre:** Para finalizar, los alumnos deben completar un mapa mental con los conceptos utilizados durante las actividades a modo de explicitar los aprendizajes y el nivel de comprensión de lo estudiado. En esta actividad deben utilizar todos los conceptos que son empleados durante las actividades de la guía 1 y 2.

Los mapas mentales obligan a los estudiantes a observar, ordenar, describir, comparar, sintetizar y analizar la información que poseen para poder expresarla de manera creativa, es en esta actividad en donde los alumnos demuestran los conocimientos adquiridos, pero con habilidades cognitivas más complejas que en las actividades anteriores.

### 3.6.2 Química

Habiendo trabajado los conceptos previos necesarios para la introducción de NyN en Química, es decir, ya finalizada la implementación de la propuesta didáctica en la asignatura de Física, y luego de revisar los contenidos referidos a polímeros, el docente de Química puede empezar la implementación de la siguiente parte de la propuesta didáctica, arrancando con la guía 1, respectiva de esta unidad. Esta parte de la propuesta didáctica está orientada a revisar algunas aplicaciones de Nanotecnología, en el ámbito de la funcionalización de Nanopolímeros y en la utilización de estas en productos a la venta en el mercado.

**Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros:** En primer lugar, en la *Actividad 1: ¿Cómo se fabrican los nanopolímeros?*, los estudiantes comenzarán con una pequeña reseña histórica acerca de los polímeros para luego registrar una serie de ideas previas acerca de cómo afecta la Nanociencia y Nanotecnología en la mejora de los productos fabricados con este método. La idea de esta actividad, además de conocer las ideas previas de los alumnos, es recordarles los conceptos de NyN vistos en Física, pero para que los asimilen en este nuevo contexto relacionado con polímeros en otra área científica. En esta primera subsección de Química en la *Actividad 2: Nanotubos de carbono*, los alumnos estudiarán cómo se funcionalizan los polímeros con nanopartículas, en específico, con nanotubos de carbono. Con una hoja que representa una lámina de grafeno, se deben representar las distintas formas en que se configuran estos, y por medio de una explicación del profesor, relatar las propiedades que se obtienen de estas distintas configuraciones. Finalmente, en la *Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros*, el curso completo debe participar en una actividad en que representarán por medio de sus propios cuerpos cómo es que se funcionalizan los nanotubos y los polímeros, esto interpretando cada alumno a un átomo. Mediante esta personificación se espera que los estudiantes lleven a un plano más allá de la comprensión interna los contenidos abordados y sean capaces de organizar y expresar corporalmente lo aprendido.

**Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros:** Esta guía comienza con una actividad dirigida a aclarar cómo se ven las nanopartículas. Mediante la *Actividad 1: Caracterización, ¿cómo vemos las nanopartículas?* los estudiantes compararán la forma de “ver” con sensor, para

comprender cómo es que se obtiene registro de lo que sucede a nanoescala. En esta actividad se estudiará levemente el funcionamiento del Microscopio de Efecto Túnel. En la *Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros?*, mediante un artículo de noticia ficticio y un breve análisis de este mediante preguntas, los alumnos podrán conocer una forma de aplicación de nanopolímeros real y realizada en Chile, el empaçado de alimentos. Para finalizar, en la *Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas*, los estudiantes deberán identificar por medio de varias imágenes y descripciones de productos cómo participa la Nanotecnología en su fabricación, y cómo impacta sobre las características de los productos.

**Guía 3: Actividad de cierre:** Como actividad para terminar la parte de Química, los estudiantes deben responder una serie de preguntas. Momento en que el profesor repasará los términos y conceptos estudiados en esta sección junto con los estudiantes.

### 3.6.3 Biología

La sección de Biología es la encargada de la discusión de acerca de los riesgos y beneficios en la salud humana con la utilización de NyN en medicina.

**Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana:**

En esta primera guía, los estudiantes recibirán la tarea de investigar acerca de tres tópicos: Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH), Nanotecnología en el tratamiento de cáncer y Tratamientos de trasplantes con nanotecnología. Esta información será relevante para la siguiente guía y necesita tiempo para que los estudiantes la recopilen, por esto es que el docente de Biología debe entregarles esta primera guía una vez que el profesor de Física haya terminado con la suya. Con esta investigación se pretende que los estudiantes analicen diversas fuentes de información y sean capaces de reconocer la confiabilidad de las mismas, además de rescatar los conceptos esenciales para la estructuración de la investigación.

**Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología:** Para finalizar esta unidad extra, los estudiantes deben realizar un debate, con el cual podrán tomar una postura acerca de los riesgos y beneficios de la NyN en la salud humana. Con esta herramienta, los estudiantes se informarán, analizarán y posteriormente se presentan argumentos sobre NyN.

### 3.7 Validación de la propuesta didáctica

La validación para la propuesta didáctica aquí expuesta, se hizo mediante juicio de expertos. Este sistema consiste, según Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) en la entrega de una opinión informada de personas con conocimientos en el tema (expertos cualificados) y que pueden dar información, evidencia, juicios y valoraciones. El juicio de expertos es utilizado en diversos ámbitos de la evaluación psicológica, incluyendo desde la medición de la confiabilidad de los profesionales en salud mental para evaluar la competencia de pacientes psiquiátricos respecto al consentimiento informado (Kitamura y Kitamura, 2000, citado en Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008), hasta la validación de contenido de pruebas estandarizadas de altas especificaciones.

Según Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) para realizar una validación mediante juicio de expertos “*se debe recabar información de manera sistemática*” (pp 30). Los pasos que permiten organizar la información, editados para esta propuesta didáctica se presentan a continuación:

- 1° Definir el objetivo del juicio de expertos.
- 2° Selección de los jueces.
- 3° Explicitar tanto la descripción como los objetivos de las actividades que se evalúan
- 4° Especificar el objetivo de la guía, actividades, o evaluaciones.
- 5° Establecer la justificación de las actividades que serán evaluadas y sus respectivas rúbricas.
- 6° Diseño de planillas o rúbricas para juicio de expertos.
- 7° Calcular la concordancia entre jueces.
- 8° Elaboración de las conclusiones del juicio que serán utilizadas para el análisis de la propuesta didáctica.

Consecuentemente con estos procedimientos, se plantean los siguientes objetivos para ser evaluados posteriormente por el juicio de expertos:

- Evaluar la viabilidad de aplicación de la propuesta didáctica, en cuanto a objetivos, instrucciones, actividades, material de apoyo, y propuesta didáctica en general.
- Evaluar la rigurosidad de conceptos de Nanociencia y Nanotecnología utilizados tanto en las actividades como en el material de apoyo (videos, imágenes, etc.)



A continuación, se presentan las decisiones tomadas para la validación del instrumento propuesto para el punto 2°, 7° y 8°. Los puntos 3°, 4°, 5° y 6° se encuentran en las rúbricas y validación construidas para expertos docentes y para expertos en NyN (Apéndices 3 y 4).

### 3.7.1 Participantes y muestra

Los expertos a cargo de la validación de la propuesta didáctica serán ocho en total, como se resume en el cuadro a continuación:

Tabla 12: Expertos evaluadores de la propuesta didáctica

	<b>Física</b>	<b>Química</b>	<b>Biología</b>
Expertos en educación	Experto 1: Paolo Núñez	Experto 4: Claudia Soto	Experto 6: Claudia Soto
	Experto 2: Cynthia Valenzuela		Experto 7: Alejandra Rojas
Expertos en NyN	Experto 3: Roberto Escobar	Experto 5: Pamela Sepúlveda	Experto 8: Elías Leiva

Los expertos en educación evaluarán aspectos estratégicos de la implementación de la propuesta didáctica en el aula, como por ejemplo el tiempo para cada actividad, la claridad de las instrucciones, la gradualidad de dificultad, entre otros. Además, contaremos con tres expertos en Nanotecnología, uno para la asignatura de Física, uno para Química y otro para Biología. Estos jueces se enfocarán en la rigurosidad del material presentado en cuanto a conceptos de Nanociencia y Nanotecnología se refiere. Analizando la opinión del conjunto total de expertos se realizarán modificaciones arbitrarias sobre la propuesta en pos de mejorarla.

### 3.7.2 Instrumentos y procedimiento

Las rúbricas construidas para la validación de la propuesta didáctica se encuentran en el Apéndice 3 (rúbrica para profesores) y Apéndice 4 (rúbrica para expertos en NyN), donde se especifican los detalles que cada uno de los expertos valoró. Entre ellos se encuentran:

- Objetivos generales y objetivos específicos de la propuesta didáctica
- Contenidos conceptuales y cómo se abordan
- Aplicabilidad dentro del modelo educativo actual y el grado de complementariedad con los requerimientos del Marco Curricular y Programas de estudios respectivos

- Tiempo de actividades
- Materiales de la propuesta didáctica

Las rúbricas están organizadas para que los expertos evalúen actividad por actividad en la guía correspondiente, además de algunas preguntas con respuestas abiertas. De esta manera se obtendrá información detallada de la calidad de cada actividad seleccionada, además de su visión general sobre la propuesta didáctica.

### **3.7.3 Método de análisis**

El análisis que se hará de los datos obtenidos mediante el juicio de expertos será cualitativo debido a la naturaleza dinámica de los datos que serán registrados mediante la aplicación de las rúbricas de validación por juicio de expertos. Se considerarán las similitudes entre las opiniones de los jueces seleccionados, para estimar la fiabilidad del juicio (Aiken 2003, citado en Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez, 2008). El análisis de datos está configurado por un conjunto de actividades y operaciones organizadas en torno a tres grandes tareas admitidas en la literatura contemporánea (Rodríguez, 2003):

1. Reducción de datos
2. Disposición y transformación de los datos
3. Obtención de resultados

Este proceso que conlleva el análisis de datos cualitativos es cíclico, a diferencia de la posición lineal que adoptan los análisis de datos cuantitativos (Rodríguez, 2003). Esto permite al investigador descubrir que las categorías se sobreponen, o bien no contemplan aspectos relevantes. Con esto y con la revisión sistemática de los descubrimientos, el investigador se ve obligado a empezar nuevos ciclos de revisión, y de esta forma conseguir un marco de categorización resistente. Esto no sería viable bajo modelos de trabajo lineal en los que no fuese posible acceder nuevamente al campo a recoger más datos o bien volver a revisar los textos bajo nuevos criterios de codificación. Sin embargo, por cuestiones prácticas y de tiempo, la recolección de opiniones se hará sólo una vez (Apéndice 5).

## 4 Análisis de Datos

En este capítulo se analizaron los resultados y comentarios obtenidos mediante las rúbricas de validación de la propuesta didáctica. En una primera instancia se describen los enfoques de las encuestas para jueces docentes y expertos en NyN, y se agrupan los indicadores para su estudio. Una vez establecidos estos parámetros, se da paso a presentar los datos (previamente reducidos) obtenidos por las rúbricas de validación, para esto se separaron por el tipo de pregunta realizado en la encuesta: indicadores, preguntas abiertas, y comentarios. En el penúltimo apartado, se decodifican los resultados obtenidos en base a la reducción, disposición y transformación de los datos, para finalmente, en la última sección, analizar los resultados (divididos por tipo de pregunta) alcanzados a través de las encuestas de validación para expertos.

### 4.1 Reducción de datos

Como se mencionó en el capítulo anterior (marco metodológico), la validación se hizo por medio de un juicio de expertos. Para lograr obtener los comentarios de los expertos se generaron rúbricas, las cuales cuentan con una tabla con indicadores a los que se les asigna uno, de los cinco valores establecidos en una escala de valoraciones que va desde “completamente en desacuerdo a “completamente de acuerdo” y con preguntas de respuestas abiertas. Son en total dos tipos de rúbricas, una para expertos docentes y otras para expertos en NyN (Apéndices 3 y 4 respectivamente).

- Expertos Docentes (por asignatura): El objetivo de estas encuestas es recoger las impresiones acerca de la metodología de entrega de la información, qué tan apropiado es el lenguaje utilizado y el tipo de actividades para el nivel curricular planteado.
- Expertos en NyN (por asignatura): A través de estas encuestas se espera obtener una visión de los aspectos técnicos de la propuesta, tales como asertividad en el lenguaje científico utilizado, imágenes, links y videos; en general, qué tan apropiados y pertinentes son los recursos utilizados en cuanto al contenido científico que estos proveen.



Para el estudio de estos datos es necesario resumir la información que las rúbricas entregan. Para esto se hizo un análisis, uniendo las consideraciones que los expertos docentes y expertos en NyN mencionan (ver gráfico 7). Esto se hizo por guía y por actividad, haciendo un mapeo general de los valores obtenidos para la validación. En el apartado a continuación, se detalla cómo los resultados son agrupados e interpretados.

#### 4.1.1 Disposición de los datos

De los indicadores dispuestos en los Apéndices 3 y 4, se generaron las siguientes categorías para clasificarlos:

##### **Categoría I:** Indicadores de objetivos y contenidos

Serán aquellos indicadores, tanto para expertos docentes como para expertos en NyN que recogen sus impresiones acerca de los objetivos de las guías y propuesta didáctica en general.

- Las actividades de la guía están en concordancia con el objetivo de la guía (validación expertos docentes y expertos en NyN)
- Los contenidos previos facilitan el desarrollo de la actividad (validación expertos docentes)

## **Categoría II:** Indicadores de pertinencia de material

Los indicadores que reflejan la opinión de los expertos docentes y para expertos en NyN sobre el material construido.

- Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles (validación expertos docentes)
- El material audiovisual incluido es acorde a los objetivos de la guía (validación expertos docentes)
- El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía (validación expertos docentes)
- Las páginas web aconsejadas para los alumnos permiten el desarrollo de la investigación (validación expertos docentes)
- El material audiovisual es coherente con la información que se entrega (validación expertos en NyN)
- El material visual es coherente con la información que se entrega (validación expertos en NyN)
- Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades (validación expertos en NyN)
- Las páginas web que se ofrecen al estudiante para búsqueda de información para el informe, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades (validación expertos en NyN)

## **Categoría III:** Indicadores de redacción y tiempo

Los indicadores relacionados a redacción y tiempo serán de esta categoría, tanto de expertos docentes como expertos en NyN.

- Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada (validación expertos docentes y expertos en NyN)
- La redacción de la actividad es clara y entendible (validación expertos docentes)
- Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables (validación expertos docentes)

- El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta (validación expertos docentes)
- El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla (validación expertos docentes)
- Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos (validación expertos en NyN)
- Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos (validación expertos en NyN)

#### 4.1.2 Resumen de los datos

A continuación, se muestran los datos resumidos que se obtuvieron por cada encuesta realizada por los expertos docentes y expertos científicos de NyN. Para ordenar los datos, se presentan en diferentes secciones, que se dividen según el tipo de pregunta: indicadores, preguntas abiertas, y por último los comentarios personales expuestos por los jueces.

##### 4.1.2.1 Datos de indicadores

A continuación, se encuentran las tablas 13, 14 y 15 que resumen las impresiones de los jueces por categoría de indicador.

Tabla 13: Resumen de la validación por actividad Física

Actividad	Categoría	Resumen de la validación
<b>Física</b>		
Guía Actividad previa	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Los expertos están <b>de acuerdo</b> de que se cumple el criterio de la categoría.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.

Guía 1 Actividad 1	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 1 Actividad 2	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 2 Actividad 1	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	La mayoría de los expertos está <b>de acuerdo</b> con la pertinencia del material, excepto experto docente 1, que no está <b>ni de acuerdo ni en desacuerdo</b> con el video Nanociencia y Nanotecnología.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 2 Actividad 2	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.

Guía 2 Actividad 3	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 2 Actividad 4	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 2 Actividad 5	I	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.



Tabla 14: Resumen de la validación por actividad Química

Actividad	Categoría	Resumen de la validación
<b>Química</b>		
Guía 1 Actividad 1	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 1 Actividad 2	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción se satisfacen. En cuanto al tiempo, la experta docente <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .
Guía 1 Actividad 3	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente. En cuanto al indicador de las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, la experta docente <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción se satisfacen. En cuanto al tiempo, la experta docente <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .

Guía 2 Actividad 1	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen. Excepto en el indicador vocabulario científico, donde la experta docente <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .
Guía 2 Actividad 2	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía 2 Actividad 3	I	Todos los expertos están <b>completamente de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.
Guía Actividad de cierre	I	La experta docente no está <b>de acuerdo ni en desacuerdo</b> , mientras que la experta en NyN está de acuerdo.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de redacción y tiempo se satisfacen.

Tabla 15: Resumen de la validación por actividad Biología

Actividad	Categoría	Resumen de la validación
<b>Biología</b>		
Guía 1	I	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con la redacción y tiempo de la propuesta didáctica, excepto el experto docente 2, quién está en <b>desacuerdo</b> con la suficiencia de las notas al docente y el tiempo estimado para la actividad. En este último punto, el experto docente 2 <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .
Guía 2	I	Dos de los expertos están <b>de acuerdo</b> con que los criterios de la categoría se cumplen. Sin embargo, el experto docente 1 <b>no está de acuerdo</b> . Tampoco está de acuerdo con que los contenidos de NyN vistos en Física y Química sean suficientes.
	II	Todos los expertos están <b>de acuerdo</b> con que el material construido es pertinente.
	III	Los expertos están <b>de acuerdo</b> con la redacción y tiempo de la propuesta didáctica, excepto el experto docente 2, quién está <b>en desacuerdo</b> con la suficiencia de las notas al docente y el tiempo estimado para la actividad. En este último punto, el experto docente 2 <b>no está de acuerdo ni en desacuerdo</b> .

#### 4.1.2.2 Datos de preguntas abiertas

Respecto de las preguntas abiertas realizadas en la encuesta, los resultados son expuestos en la tabla 15. Las preguntas que los jueces contestaron fueron las siguientes:

##### Preguntas

1. Al término de la revisión de las guías y sus actividades, ¿considera que se logra el RA (propuesto para la disciplina) a evaluar?
2. ¿A partir de los Resultados de Aprendizaje y los contenidos planteados en la introducción de este documento, considera que, en términos generales, la propuesta completa (Física, Química y Biología) cumple con el objetivo de interdisciplinariedad?

3. ¿Es pertinente la ubicación de la propuesta, en cuanto a nivel, unidad y momento del año escolar? (Sólo para expertos docentes)

Tabla 16: Resumen de resultados a preguntas a expertos

Experto	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
Docente Física 1	Completamente	-	-
Docente Física 2	-	Completamente	Parcialmente
Docente Química 1	Parcialmente	Completamente	Completamente
Docente Biología 1	Parcialmente	Completamente	Parcialmente
Docente Biología 2	Parcialmente	Completamente	Parcialmente
Experto NyN Física	Completamente	Completamente	NO APLICA
Experto NyN Química	Completamente	Completamente	
Experto NyN Biología	Parcialmente	Parcialmente	
<b>MODA</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>Completamente</b>	<b>Parcialmente</b>

#### 4.1.2.3 Comentarios de expertos

A pesar de resumir las preguntas abiertas con las respuestas específicas (no se logra, parcialmente logrado o completamente logrado), hay algunos comentarios realizados por los expertos, en los cuales mencionan debilidades y fortalezas encontradas en la propuesta didáctica. Se resumen a continuación en la tabla 17, para ser analizados posteriormente:

Tabla 17: Comentarios de expertos sobre las debilidades y fortalezas de la propuesta didáctica

Debilidades	Fortalezas
<b>Física</b>	
Si bien el tema es interesante, quizás la propuesta de trabajo es demasiado básica para 4o medio. (Experto docente)	Abarca los temas de manera clara y sencilla (Experto docente)

<p>Se entiende que los links presentes en el texto buscan ayudar a la comprensión del lector, pero muchos de ellos tienen propaganda que puede quitar la seriedad del material entregado. No es una crítica a la información, es más que nada, que al ser un instrumento educacional, es ideal que los links sean de instituciones validadas. (Experto NyN)</p>	<p>Es sumamente destacable que se incluyan plataformas actuales como YouTube como referencia de información audiovisual. Así como la utilización de noticias o películas actuales para atraer la atención del lector. (Experto NyN)</p>
	<p>Es destacable no sólo la cantidad de información, también los ejemplos de aplicaciones y actividades que impulsan la creatividad, lo que posibilita y facilita la asimilación de los conceptos y propiedades de los materiales a escala nanométrica. (Experto NyN)</p>
<p><b>Química</b></p>	
<p>Los estudiantes podrán identificar las aplicaciones de la nanociencia en la elaboración de polímeros, pero no veo actividades que promuevan la declaración de sus beneficios y riesgos para la sociedad por parte de los estudiantes (Experto docente).</p>	<p>Se aplicaron claramente los conceptos necesarios para el entendimiento y aprendizaje de qué es la Nanociencia y la Nanotecnología, así como la aplicación de ambos conceptos en la temática de producción de plásticos (Experto en NyN).</p>
<p>Las preguntas no permiten un análisis profundo, se responden utilizando la información explícita de los textos, salvo cuando se les pide crear un material. Las preguntas no representan un desafío, no movilizan los saberes para poder resolver, siento que no son preguntas efectivas (Experto docente).</p>	<p>Se ejemplifica y se presenta de manera muy didáctica la incorporación de esta “nueva unidad” de Nanociencia y Nanotecnología, en el plan de Química, mostrando por medio de casos cotidianos la utilización de ésta en la actualidad (Experto en NyN).</p>
<p><b>Biología</b></p>	
<p>El principal problema que observo es que la propuesta se ve desbalanceada con respecto a la parte de biología. En algunos aspectos la guía es auto contenida para las secciones de física y química, sin embargo, la sección biología se basa principalmente en autoestudio, lo cual deja a criterio del estudiante el entender conceptos que no se hayan tratado en las secciones anteriores. Quizás agregando una parte de discusión en cuanto a los riesgos de los nanomateriales de uso diario (envases, pinturas, textiles, etc.) y</p>	<p>La propuesta cumple el objetivo de interdisciplinariedad al mirar un contenido desde las tres áreas. Se podría articular perfectamente una transdisciplinariedad con lenguaje en la construcción de los argumentos lo que facilita el logro de los objetivos y lo planteado en el comentario anterior. La argumentación y debate son ejes de la asignatura de lenguaje en todos los niveles y su articulación es muy factible (Experto docente)</p>

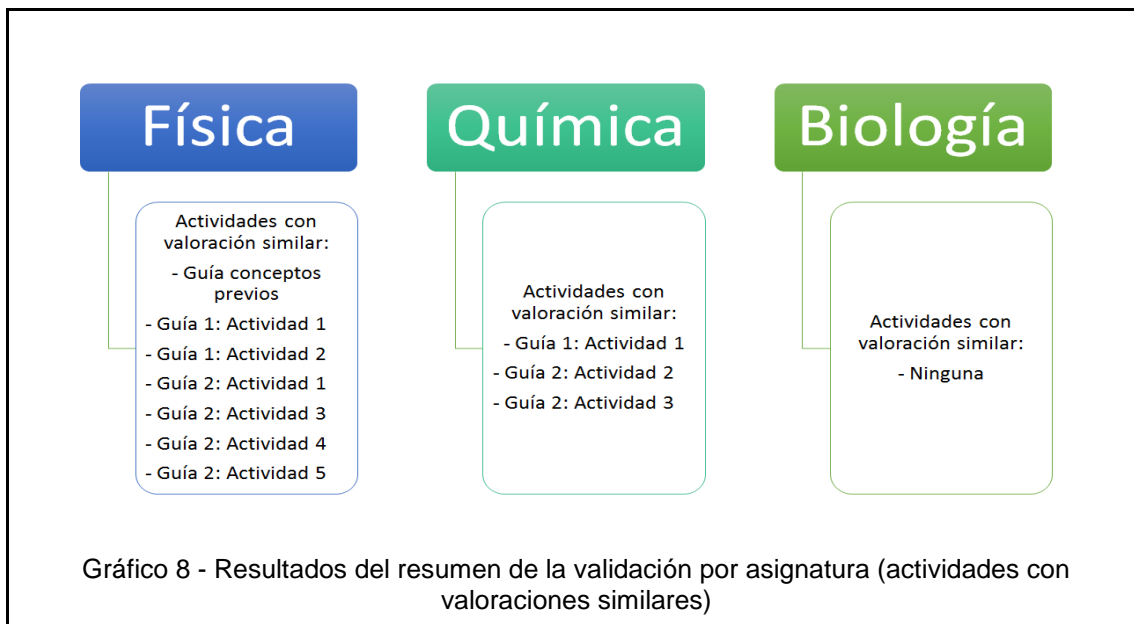
<p>las potencialidades de estos materiales podría aumentar la interconexión de este trabajo (Experto en NyN).</p>	
<p>Considero que las notas al profesorado no son suficientes, no en el sentido de la redacción o la demanda que esta requiere, sino que me parece prudente que el profesorado tenga un acercamiento con los instrumentos más personalizado antes de implementarlo en el aula. Una reunión por ejemplo sería una buena idea, en donde se presente la propuesta, se explique y escuchen dudas del profesorado (Experto docente).</p>	<p>Por otra parte, el aspecto del debate sobre enfermedades autoinmunes, creo que es bastante específico, sin embargo, se dejan de lado temas interesantes como el VIH y el cáncer en los cuales se ha obtenido un gran avance en el tratamiento de estas enfermedades mediante el uso de nanotecnología* (Experto en NyN)</p>
<p>No me queda claro, si en algún momento antes de realizar este análisis, las y los estudiantes tienen tiempo de trabajar todo lo relativo a sistema inmune y enfermedades autoinmunes en clases. (Experto docente)</p>	

Del resumen de la validación por actividad, y de los comentarios de los jueces expertos validadores, es que se tomarán las decisiones de las modificaciones a realizar en la propuesta didáctica. Para esto, a continuación, en la obtención de resultados, es que se identificarán aquellas actividades que presentan valoraciones bajas o distintas en alguna de las categorías de indicadores, para posteriormente determinar los cambios a desarrollar.

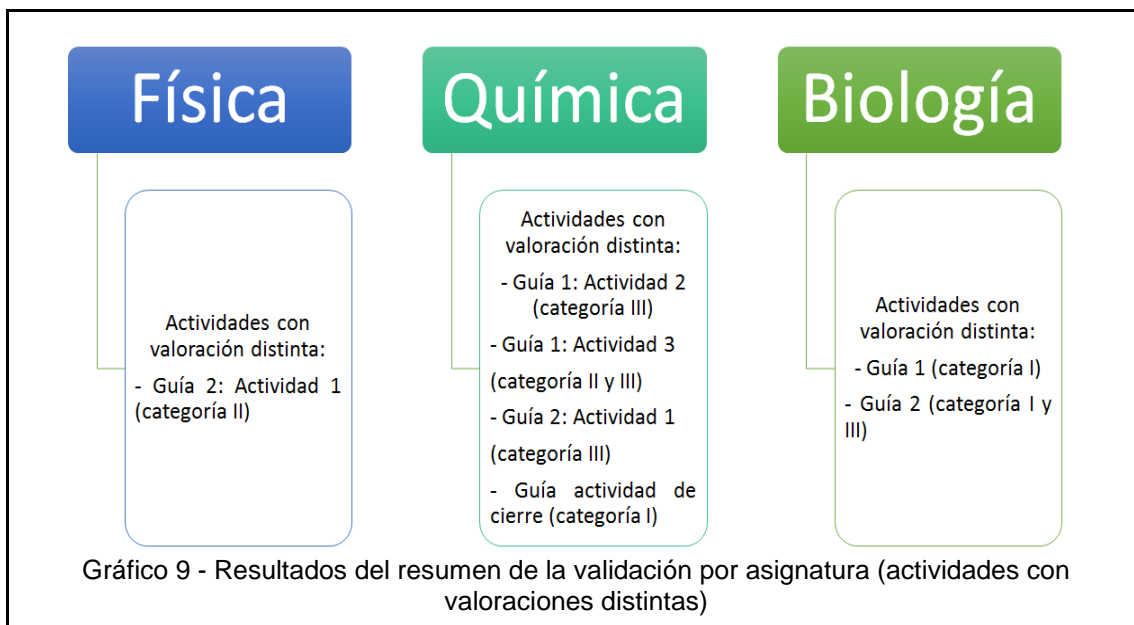
## 4.2 Obtención de resultados

En la sección anterior puede notarse que la mayoría de los expertos valoran con de acuerdo (o totalmente de acuerdo) las actividades, sin embargo, en algunas existen discrepancias. Frente a la perspectiva que los resultados de la validación plantean, se decide separar, para posterior análisis, las actividades con una valoración desigual de las que están evaluadas de manera similar, como puede observarse en los gráficos a continuación.

En el gráfico 8 se muestran las actividades en la que todos los expertos concuerdan con valoraciones positivas, entre “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”.



En el gráfico 9, se encuentran las actividades con valoraciones distintas a los valores “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”. También se presentan las categorías en las que existe diferencia.



Gran parte de la propuesta fue valorada con “Totalmente de acuerdo” o “De acuerdo”. Sin embargo, algunas actividades presentaron discrepancias en la evaluación de algunos de sus indicadores. De los gráficos 8 y 9, en la sección anterior, se pueden hacer las siguientes observaciones:

#### **Física:**

La sección de Física fue una de las mejores evaluadas, siendo solamente la actividad 1 de la guía didáctica 2 en la que se vio diferencia en su evaluación. Esto sucedió en la categoría de indicadores II (de pertinencia de material).

- El indicador que presentó discordia fue el de “El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía (video Nanociencia y Nanotecnología)”, en el cual uno de los investigadores docentes consideró que no estaba de acuerdo ni en desacuerdo con la integración de este material.

#### **Química:**

Respecto a la parte de Química, se encuentran categorías de indicadores con diferencias, en la guía 1 en las actividades 2 y 3 y en la guía 2, en la actividad 1.

- En las actividades 2 y 3 de la guía 1 de Química, la diferencia de evaluación, en ambas, se presentó en la categoría III (de vocabulario y tiempo), en el indicador “El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla” por parte del experto docente.
- El experto en NyN del área de química en general valoró de manera positiva los indicadores, excepto en el indicador “Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades” (perteneciente a la categoría II) donde mostró que no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.
- En la actividad 1 de la guía 2, el indicador “El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta”, perteneciente a la categoría III (de vocabulario y tiempo), el experto docente se expresó como ni de acuerdo ni en desacuerdo.



## **Biología:**

En las guías de Biología se presentaron mayores discrepancias.

- En la guía 1, uno de los expertos docentes valoró el indicador “Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada” (perteneciente a la categoría III) en desacuerdo. También con el indicador “El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla” (perteneciente a la categoría III), además donde el otro experto valoró como ni de acuerdo ni en desacuerdo (a diferencia de los otros casos, en donde los otros expertos valoraban con totalmente de acuerdo o de acuerdo y sólo uno discrepa).
- En la guía 2, uno de los expertos docentes valoró el indicador “Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía” (perteneciente a la categoría I) y “Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada” (perteneciente a la categoría III) en desacuerdo. También con el indicador “El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla”, además donde el otro experto valoró como ni de acuerdo ni en desacuerdo (a diferencia de los otros casos, en donde los otros expertos valoraban con totalmente de acuerdo o de acuerdo y sólo discrepaban) y el indicador “Los contenidos previos (vistos en Física y Química) facilitan el desarrollo de la actividad” (de la categoría I).

Luego de identificar las actividades y la categoría de indicadores en las que la valoración fue distinta de “muy de acuerdo” o “de acuerdo”, se analizan en conjunto con los comentarios, y con esto se decidió las modificaciones realizadas en la propuesta didáctica.

### **4.3 Análisis de resultados**

A partir del resumen de datos y de la obtención de resultados, se realizaron los análisis que se presentan a continuación, en diferentes secciones, que se dividen según el tipo de pregunta: indicadores, preguntas abiertas, y por último los comentarios personales expuestos por los jueces.

### 4.3.1 Análisis de indicadores

Como se menciona en la obtención de resultados anterior, la asignatura con mayor divergencia entre sus valoraciones fue Biología, en comparación con Física, la cual presentó sólo una actividad discrepante. Sin embargo, aunque varias de las actividades, tanto en Biología como Química presentaron valoraciones bajas, estas fueron realizadas sólo por un experto, y no por el total de los que valoraron cada parte. Considerando esto, en general, el total de las partes que componen la propuesta (y como puede observarse en el Apéndice 5), las evaluaciones fueron positivas, y así mismo sucedió con los comentarios.

En Física, tanto expertos docentes como el experto de ciencias valoraron la gran mayoría de los indicadores con “de acuerdo” y “totalmente de acuerdo”. Sólo una de las actividades obtuvo una valoración distinta, en el indicador “El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía”. Esto sucedió en la actividad 1 de la guía 2, en donde dicho material es una imagen del átomo, en la cual el estudiante debe completar con los nombres de sus componentes. Si bien se señala que no está “ni de acuerdo ni en desacuerdo” en la pertinencia del material (categoría III), no se refiere en los comentarios alguna observación acerca de esta imagen, por lo que la lectura que de este comentario se puede hacer es que considera intrascendente esta actividad para cumplir el objetivo de la guía.

En Química, el experto docente declara que no está “de acuerdo ni en desacuerdo” con el indicador “El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla” (categoría III, de vocabulario y tiempo), para las dos últimas actividades de la guía 1, a diferencia del experto en NyN que se consideró de acuerdo. Lo mismo sucede con la actividad 1 de la guía 2, con el indicador “El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta” (perteneciente a la categoría III), el experto docente se expresó como “ni de acuerdo ni en desacuerdo”. Nuevamente se encuentra que las actividades con baja valoración no se encuentran mencionadas en los comentarios a la propuesta realizados por el experto docente, y considerando el tipo de valor asignado a los indicadores, se puede inferir quien valora considera que el tiempo no es suficiente ni insuficiente en las actividades 2 y 3 de la guía, y que el vocabulario científico, si bien no es mínimo, tampoco es preciso.

Biología fue una de las secciones de mayor divergencia en sus valoraciones. Las dos actividades que componen esta parte de la propuesta tuvieron, por parte de uno de los expertos (nuevamente uno de los expertos docentes), evaluaciones diferentes. En la primera guía, el indicador “Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser

abordada” (perteneciente a la categoría III) uno de los expertos se manifiesta en desacuerdo. Lo mismo sucede con el indicador “El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla” (perteneciente a la categoría III), el cual fue evaluado por el otro experto docente como “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, a diferencia de los otros casos, en donde sólo un experto respondía con algo distinto a “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo”. Algo similar sucede en la guía 2, donde se repite la situación con los mismos indicadores, y el experto docente que discrepa, además, señala que “no está de acuerdo” con los indicadores “Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía” (perteneciente a la categoría I) y “Los contenidos previos (vistos en Física y Química) facilitan el desarrollo de la actividad” (de la categoría I). Según uno de los expertos, se encuentran deficiencias en dos de las tres categorías de indicadores (I y III), lo que no se refleja en los comentarios realizados en las preguntas de respuesta abierta. Aún con estas bajas evaluaciones por parte de este experto, los otros expertos (el de NyN y el otro docente) valoran positivamente las dos actividades de las guías 1 y 2 respectivamente, lo que evidencia que es sólo una cuestión de percepción.

#### **4.3.2 Análisis de preguntas abiertas**

A partir de la tabla 16: “*Resumen de resultados a preguntas a expertos*”, presentada en el resumen de datos de preguntas abiertas, podemos analizar la valoración de los expertos a las preguntas abiertas realizadas:

**Pregunta 1:** *Al término de la revisión de las guías y sus actividades, ¿considera que se logra el RA (propuesto para la disciplina) a evaluar?*

Primero, cabe destacar, que el docente que no respondió la pregunta número 1, dejó como comentario que no comprendía la misma. Concluimos que no entendió la abreviación RA que corresponde a Resultados de Aprendizaje, lo que, en la introducción de la propuesta, además de definir el concepto, se presenta, para cada asignatura, un RA específico.

La mayoría de los expertos concuerdan en que los Resultados de Aprendizaje planteados para cada asignatura se cumplen parcialmente con el desarrollo de las actividades. En Física, ambos evaluadores (tanto docentes, como expertos en NyN), están de acuerdo con el cumplimiento del RA a través de las actividades planteadas. En Química las opiniones están divididas entre el experto docente, quien responde “parcialmente” a la pregunta, y el experto en NyN, quien expresa que se cumple el RA. En cambio, en Biología ambos evaluadores creen que las actividades de las guías cumplirán parcialmente los RA planteados para la asignatura. Uno de ellos justificó en los comentarios que no se cumplirían a cabalidad debido a que faltaban actividades guiadas por

el docente que promoviera el análisis. Con respecto a este punto, analizando el RA de biología y las actividades generadas para cumplirlo, se concluye que no es posible comprobar si los alumnos al finalizar la propuesta podrán “analizar” los riesgos y beneficios de la NyN en la sociedad debatiendo su uso en medicina para enfermedades autoinmune, por lo tanto, uno de los cambios realizados en la propuesta es el RA de Biología.

**Pregunta 2:** *¿A partir de los Resultados de Aprendizaje y los contenidos planteados en la introducción de este documento, considera que, en términos generales, la propuesta completa (Física, Química y Biología) cumple con el objetivo de interdisciplinariedad?*

La mayoría de los expertos está de acuerdo con que se cumple completamente el objetivo de la interdisciplinariedad de la propuesta didáctica. El experto en NyN que respondió como “parcialmente”, argumenta que la asignatura de Biología se encuentra desconectada de las otras dos ya que las actividades planteadas requieren el autoestudio de los estudiantes, a diferencia de las otras asignaturas que tienen más guía del docente. Con las actividades propuestas en biología, se espera generar otras habilidades en los estudiantes como la investigación, la argumentación y la discusión, que no se trabajan a profundidad en las otras asignaturas.

**Pregunta 3:** *¿Es pertinente la ubicación de la propuesta, en cuanto a nivel, unidad y momento del año escolar? (Sólo para expertos docentes)*

Esta pregunta fue solicitada sólo a los expertos docentes, ya que no se esperaba que los investigadores tuvieran conocimientos sobre currículum.

La moda a esta pregunta es “parcialmente”. Los comentarios sobre la ubicación de la propuesta van dirigidos a que es posible que los docentes cambien el orden de sus unidades, o no logren coordinarse para comenzar la implementación de manera efectiva. Este es un punto de preocupación ya que en verdad es probable que estas situaciones puedan suceder, por lo que se considera como un riesgo de la implementación de la propuesta.

Otros comentarios van dirigidos a que la propuesta es muy básica para alumnos de cuarto medio (sección de Física), pero en verdad como se inicia la propuesta en esa asignatura, es necesario que el avance sea gradual. Además, que los contenidos abordados ahí son básicos y fundamentales, por lo que es esencial que el estudiante los maneje con claridad. Por último, un docente de biología propuso transportar la propuesta de biología a la unidad de “biotecnología”, pero por motivos temporales lo ideal es que la propuesta sea implementada en la tercera unidad de las tres asignaturas.

### 4.3.3 Análisis de comentarios

Considerando los comentarios proporcionados por los expertos en las respectivas encuestas, se construyó una tabla de cambios para la propuesta didáctica, en la que se declaran las transformaciones que se consideran pertinentes (Tabla 18):

Tabla 18: Resumen cambios en la propuesta didáctica

Cambio solicitado	Cambio realizado
Añadir actividades de mayor dificultad en la asignatura de Física.	Añadir actividades a cualquiera de las asignaturas, con el tiempo propuesto para implementar la propuesta no es algo factible, ya que sólo se cuenta con dos horas pedagógicas. Agregar más actividades para complementar la propuesta implica modificar los tiempos de las ya propuestas o bien agregar otra clase en cada asignatura.
Añadir actividades, referidas a los beneficios y riesgos de las aplicaciones de NyN, en la asignatura de Química.	
Agregar actividades en la asignatura de Biología, que profundicen los contenidos del sistema autoinmune.	
Cambiar el término “ambiente” en el esquema de tópicos unificadores de la propuesta	El término “ambiente” es un unificador entre las asignaturas de Física y Biología. En la propuesta, no se abordan actividades que desarrollen este concepto, por esta razón, el experto sugirió modificarlo. Para solucionar este cambio, se aclara, en la propuesta, que se trabaja con los términos tecnología unificador de Física y Química y medicina unificador de Química y Biología, y que debido a razones curriculares y temporales, no hay actividades para abordar temas referentes al ambiente.
Mover las actividades a la unidad de biotecnología	Debido a que uno de los objetivos de la propuesta es trabajar de manera colaborativa, es necesario que se trabaje en la misma unidad. Por tanto, no es posible cambiar la unidad de aplicación.
Reunión de NyN para profesores	Se considera como proyección del trabajo futuro de este seminario de grado, crear un taller presencial de NyN, y su material, orientado a docentes.
Revisar en el RA de biología, la palabra “analiza”	El verbo analiza se cambia por “discute”, debido a que es más pertinente para describir la actividad que realizan los estudiantes.

Mayor profundidad y desarrollo en los comentarios al docente	Se modifican algunos comentarios, añadiendo un poco más de información, o quitando comentarios innecesarios.
Modificar links a páginas web con menos publicidad	Los links que se ofrecen a los estudiantes, no están siendo criticados por la información presente en ellos, sino por la publicidad que poseen, y debido a que estos tienen la información necesaria para las actividades planteadas y son de fácil acceso para los alumnos, se mantendrán.

Considerando la buena aceptación en general de la propuesta y los diversos comentarios positivos extraídos del proceso de validación es que se decidió realizar los cambios más significativos solicitados por los expertos. Los que no se realizan se justifican por cuestiones tales como el tiempo de implementación, objetivos de la propuesta, etc. Sin embargo, no se descartan del todo futuras transformaciones, basadas en esta validación y en la implementación de la propuesta didáctica. Por otro lado, los cambios realizados mejoran la propuesta, dando una mayor coherencia entre lo que se espera de ella y lo que es en sí misma (redacción de objetivos y RA), ayudan a entregar un material más completo en cuanto a comprensión (notas al docente) y también a proyectar la construcción de material y talleres adicionales a lo ya existente en la propuesta didáctica.

## Conclusiones

Para finalizar este documento, se plantean en este capítulo las conclusiones obtenidas durante todo el proceso de seminario. Se evalúa el cumplimiento del objetivo general de la tesis, y los objetivos específicos que se plantearon. Posteriormente, se destacan las contribuciones de la propuesta didáctica, y se declaran los posibles riesgos al implementarla. Por último, se analiza la proyección de la propuesta.

### **Cumplimiento de objetivos.**

En el Capítulo 1, Antecedentes, se plantean determinados objetivos, los cuales entregan la dirección que el seminario de grado debe seguir. Como objetivo general del seminario, se encuentra: *“Establecer una propuesta didáctica interdisciplinaria, para la tercera unidad de IV medio en las tres ciencias escolares (Física, Química y Biología, con énfasis en Física) mediante el estudio de NyN y sus aplicaciones”*. Este objetivo se cumple completamente luego de realizar todas las revisiones y análisis mencionados en el capítulo de antecedentes más las averiguaciones didácticas pertinentes mencionadas en el capítulo 2 (Marco Teórico). La propuesta didáctica puede ser consultada en el Apéndice 1 de este documento. Esta, presenta las características definidas en el objetivo considerando en su construcción una serie de guías didácticas contextualizadas dentro de las asignaturas de Física, Química y Biología, de tal manera que el avance por ellas es secuencial. Los contenidos de NyN necesitan del apoyo entre asignaturas, así como de los aprendizajes previos previstos en el curriculum para poder ser implementados, siendo Física el punto de partida para comprender la escala y las propiedades del nanomundo.

Respecto a los objetivos específicos propuestos, el primero es *“Proponer actividades que promuevan la interdisciplinariedad y el estudio de NyN”*. Se cumple completamente este objetivo, con la construcción de actividades sobre NyN que se distribuyen en las tres asignaturas de ciencias y que se vinculan constantemente, creando la necesidad de cooperación entre ellas. Esto es respaldado por el juicio de los expertos, quienes consideran que se cumple con la interdisciplinariedad (ver tabla 15).

El segundo objetivo específico es *“Plantear Resultados de Aprendizaje (RA) relacionados con NyN y desarrollar instrumentos de evaluación para ellos”*. Este objetivo se cumplió completamente, se plantearon Resultados de Aprendizaje para cada asignatura y de acuerdo con el juicio de los expertos las actividades previstas permiten alcanzarlos (ver tabla 15). Cabe

mencionar que de acuerdo con el juicio de los expertos en Biología se realizó un ajuste al Resultado de Aprendizaje de la asignatura, lo que no implicó modificar las actividades de aprendizaje.

Se generaron actividades evaluativas en concordancia con los RA que se esperaba lograr (una para cada asignatura), para medir el nivel de avance del estudiante. Sin embargo, cabe mencionar que el uso de estos instrumentos de evaluación es opcional y a juicio del docente.

Finalmente, el tercer objetivo específico es “*Validar la propuesta mediante juicio de expertos*”, el cual fue logrado mediante la aplicación de rúbricas (ver Apéndices 3 y 4). Las principales observaciones obtenidas del proceso de validación son el cumplimiento de la interdisciplinariedad en la propuesta didáctica, la ubicación apropiada de esta, y que los RA planteados están en concordancia con las actividades de aprendizaje.

### **Principales contribuciones de la propuesta**

La propuesta didáctica presentada en este seminario es única hasta el momento. En la revisión realizada en el capítulo dos, queda en evidencia que ninguna de las propuestas didácticas existentes considera un marco curricular para su implementación. Esta propuesta didáctica en NyN es la primera en adaptarse al currículo nacional chileno vigente, tomando en consideración los contenidos, objetivos, y las habilidades de pensamiento científico de cada asignatura en la que se introduce NyN. Por esta misma razón el tiempo de implementación en clases es mínimo, para evitar interrumpir los contenidos establecidos por los programas de estudio.

La interdisciplinariedad es un concepto clave en esta propuesta didáctica, ya que contribuye a que los estudiantes adquieran un conocimiento desde distintas perspectivas, generando una apreciación más amplia del contenido y una visión unificadora entre las ciencias. Para los docentes, esta manera de implementación, les brinda la oportunidad de trabajar de manera colaborativa para cumplir un objetivo en común, y de esta manera distribuir los contenidos, y aportar al aprendizaje de los estudiantes desde distintos enfoques.

Una virtud de la propuesta es que para todos los contenidos seleccionados de NyN se espera un aprendizaje, redactado como RA, aspecto que no se cumple en el plan de estudio actual del electivo de Química para colegios Científico Humanista.

Por otra parte, la propuesta tiene un enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), lo que permite contextualizar los nuevos saberes. Además, para la propuesta didáctica se crearon



actividades que se enmarcan en el aprendizaje activo del estudiante, promoviendo el interés de los estudiantes en la construcción de su aprendizaje basándose en ciencia actualizada, contingente y de frontera.

Por último, una ventaja de la propuesta es que el tiempo de implementación en clases es reducido, en parte gracias a la interdisciplinariedad ya que se distribuyen los contenidos. Además, no exige grandes gastos económicos, muy por el contrario, se puede implementar con materiales de bajo costo y accesibles.

### **Proyección de la propuesta**

La revisión y retroalimentación de la propuesta didáctica por profesores de ciencias y expertos científicos en NyN, entregó una visión de fortalezas y debilidades. Sin embargo, aún está pendiente su implementación, proceso que no pudo ocurrir debido a que el periodo en el que se realizó el seminario corresponde al primer semestre y no al segundo, para el cual está diseñada la propuesta.

Aunque la propuesta didáctica es fácil de aplicar desde el punto de vista de su extensión (ya que requiere sólo 90 minutos para cada asignatura científica), y además, apoya y complementa los contenidos actuales establecidos en los planes de estudios, existen algunos riesgos para su implementación, entre ellos: a) la falta de educación en NyN por parte de los maestros y b) las dificultades de coordinación entre docentes. Para disminuir el impacto de estos riesgos potenciales se propone la creación de un taller de capacitación para los docentes interesados en implementar la propuesta.

La educación en Chile ha sido un tema emergente y controversial que se encuentra en constante revisión desde hace ya más de 10 años. Esta propuesta surge en un momento de transición curricular, fue diseñada para el actual Marco Curricular (actualización 2009), sin embargo, cuando se implementen las nuevas Bases Curriculares, será necesario realizar los ajustes pertinentes para que siga vigente. Por otro parte, es visible la necesidad de mejorar los programas de formación en NyN para profesores de ciencias de la escuela secundaria, haciendo de esta propuesta didáctica una herramienta útil para lograr este objetivo.

Por otro lado, es visible la necesidad de mejorar los programas de capacitación en NyN para profesores de ciencias de la escuela secundaria, haciendo de esta propuesta didáctica una herramienta útil para lograr este objetivo.

Finalmente, esta propuesta es un ejemplo de las posibilidades de interdisciplinariedad que se pueden lograr con la colaboración de diversas asignaturas, y como mencionó uno de los expertos docentes, “se pueden incluso crear más conexiones con otras asignaturas como lenguaje o matemáticas”. Se espera que esta propuesta sea una inspiración para que otros interesados desarrollen habilidades y competencias en diversos contenidos a través de un modelo interdisciplinario.

## Bibliografía

**Acevedo, J., Vázquez, Á., & Manassero, M. (2003)** Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 2 (2), pp 80-111. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC\\_2\\_2\\_1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_2_1.pdf)

**Astronoo (2014)** Tamaño de los átomos. Astronoo [online] Recuperado de: <http://www.astronoo.com/es/articulos/tamano-de-los-atomos.html>.

**Bardeen J. (1947)** Surface States and Rectification at a metal Semi-Conductor Contact [Estados de superficie y rectificación en un contacto semiconductor metálico]. *Physical Review* 71 (10), pp 717-727.

**Barriga F. y Barroso R. (2014)** Diseño y validación de una propuesta de evaluación auténtica de competencias en un programa de formación de docentes de educación básica en México. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, *Perspectiva Educacional. Formación de Profesores*. 53(1), Pp. 36-56

**Bell, P. (2004)** On the theoretical breadth of design-based research in Education. *Educational Psychologist*. 4 (39), pp. 243-253. [http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep3904\\_6](http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep3904_6)

**Bernabeu, J. (2012)** Las fronteras del conocimiento. [Valencia]: Universitat de Valencia.

**Blonder, R. y Sakhnini, S. (2012)** Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods [Enseñanza de dos conceptos básicos de la nanotecnología en la escuela secundaria mediante la utilización de una variedad de métodos de enseñanza]. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13(4), 500-516. <http://dx.doi.org/10.1039/c2rp20026k>

**Bonilla M., González T., Marchesi A., Osorio A., Reyes C., Vallejo P (2014)**

**Buzan T. (1996)** El libro de los mapas mentales.

**Cáceres P. (2003)** Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas*, revista de la escuela de psicología facultad de filosofía y educación Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2, pp. 53 - 82

**Campillo B. y León G. (2014)** Bioética y nanotecnología, *Revista Lasallista de Investigación*, 11 (1), pp. 63-69. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69531554008>.

**Canabal, V. & González, B. (2016)** Planificación interdisciplinaria mediada por TIC. Recuperado de: <http://www.uruguayeduca.edu.uy/Userfiles/P0001/File/Aprendizaje%20interdisciplinario-%20Puente%203%20-%20corregido.doc.pdf>

**Carretero M. (2005)** Constructivismo y Educación. El desarrollo de la inteligencia y su construcción social. Pp. 25-30

**Cedenna (2016)** Maria José Galotto López | Cedenna. [online] Available at: <http://cedenna.cl/en/integrantes/maria-jose-galotto-lopez/>.

**Choy M. (2001)** Polímeros conductores como alternativa tecnológica en la protección de nuestro ambiente. Universidad de los Andes , Mérida, Venezuela. Recuperado de: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/publicados/choy.pdf>

**Consejo Nacional de Educación (República de Chile) (2016)** Acerca del CNED. [online] Recuperado de: [http://www.cned.cl/public/secciones/SeccionEducacionEscolar/marco\\_curricular.as](http://www.cned.cl/public/secciones/SeccionEducacionEscolar/marco_curricular.as)

**Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica [CONICYT] (2014)** Principales Indicadores Ciencométricos de la Actividad Científica Chilena 2012. Informe 2014: Una mirada a 10 años. [www.altazorediciones.cl](http://www.altazorediciones.cl) ISBN 123-987-6543-21-0

**CONICYT (2016)** Resumen Ejecutivo Encuesta Nacional de percepción social de la ciencia y tecnología en Chile 2016. Documento elaborado en base a los resultados del informe final realizado por DESUC. Departamento de Estudios y Gestión Estratégica

**Cózar, J. (2009)** Imaginar la nanotecnología, controlarla democráticamente. Estudios Sociales, 17 (34), 208-224. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41711502008> .

**Cortes, R. (2012)** Nanotecnología en Chile ¿Qué tan preparado se encuentra el país para desarrollar esta disciplina. Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina, 85-100.

**Cuadros M., Llanos A., y Villegas R. (2009)** Nanotecnología en Medicina. Informe de síntesis de tecnología emergente. Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía (AETSA).

**De Benito B. y Salinas J. (2016)** La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa (RIITE), (0) , pp 44-59. ISSN: 2529-9638 DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/riite/2016/260631>

**Díaz Barriga, F. (2003).** Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 5 (2). Consultado el 9 de abril de 2017 en: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>

**Drexler K. (1991)** Molecular machinery and manufacturing with applications to computation [Maquinaria molecular y fabricación con aplicaciones al cómputo]. Institute of Technology, Massachusetts. Recuperado de: [http://e-drexler.com/d/09/00/Drexler\\_MIT\\_dissertation.pdf](http://e-drexler.com/d/09/00/Drexler_MIT_dissertation.pdf)

**Echeverría, J. (2009)** Interdisciplinariedad y convergencia tecnocientífica nano-bio-info-cogno. Sociologías, 11 (22) pp. 22-53

**Eigler D. Schweizer E. (1990)** Positioning single atom with scanning tunneling microscope, Letters to Nature vol 344.

**Educarchile (2012)** Organizadores gráficos. Educarchile. Recuperado de <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=206862>.

**Educarchile (2016)** Educarchile - El núcleo atómico. [online] Available at: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=133193>.

**El Economista América (2015)** El desafío que representa la nanotecnología para Chile. [eleconomistaamerica.com](http://www.economistaamerica.com) Chile. Recuperado de: <http://www.economistaamerica.cl/telecomunicacion-tecnologia-cl/noticias/7242839/12/15/El-desafio-que-representa-la-nanotecnologia-para-Chile.html>

**Esteba D. (2013)** Recursos y estrategias para un aprendizaje activo del alumno en el aula de ELE. Actas del I Congreso Internacional de Didáctica de Español como Lengua Extranjera. Instituto Cervantes de Budapest, Universidad de Málaga, España.

**Escobar-Pérez J. y Cuervo-Martínez A. (2008)** Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. Avances en Medición, 6, pp 27–36

**Escobar, P. (2011).** Comparación entre LOCE (D. F. L. N° 1/06) y LGE (D. F. L. N° 2/10 que fija texto refundido de la ley N° 20.370/09 y normas no derogadas del D. F. L. N° 1/06) (Considera Modificación introducida por la Ley N° 20.501/11). Caprofed.

**Fernandes I., Pires D. y Villamañán R. (2014)** Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares.

**Feynman R. (Diciembre, 1959)** There's Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Physics [Hay mucho espacio en el fondo. Una invitación para entrar en un

nuevo campo de la física]. En la reunión anual de la American Physical Society en el California Institute of Technology (Caltech). Recuperado de: <http://www.phy.pku.edu.cn/~qhcao/resources/class/QM/Feynman's-Talk.pdf>

**Fidias G. (1999)** El Proyecto de Investigación: Guía para su elaboración. 3ra. ed. Caracas: Episteme. ISBN 980-07-3868-1.

**Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014)** Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <http://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

**Furió C., Vilches A., Guisasola J., Romo V. (2001)** Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanzas de las ciencias*, 19 (3), pp 365-376.

**Fourez G. (1997)** Alfabetización científica y tecnológica, acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias.

**García Sanz, M. (2014).** La evaluación de competencias en Educación superior mediante rúbricas: un caso práctico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17 (1), 87-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.17.1.198861>.

**Gibelli, T. (S.F.)** La investigación basada en diseño para el estudio de una innovación en educación superior que promueve la autorregulación del aprendizaje utilizando TIC. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 1440

**Gianella, A. (2006)** “Las disciplinas científicas y sus relaciones.” *Anales de la educación común*, 2 (3), abril, DGCyE, pp 74-83.

**Gil D. y Vilches A. (2004)** Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *OEI - Revista Iberoamericana de Educación*, 42. Recuperado de: <http://rieoei.org/rie42a02.htm>

**Grisolía M. Cardona (2008)** La interdisciplinariedad en la enseñanza de las ciencias. *Ciência & Educação*. Recuperado de: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeducacao>

**Gómez C. y Coll C. (1994)** De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo. Publicado en la revista *Cuadernos de Pedagogía*, enero de 1994

**Jerez O. (2015)** Aprendizaje activo, diversidad e inclusión: Enfoque, Metodologías y recomendaciones para su implementación (1a ed.). Santiago, Ediciones Universidad de Chile. Recuperado de: [http://www.plataforma.uchile.cl/libros/MANUAL\\_AA\\_01\\_dic\\_2014.pdf](http://www.plataforma.uchile.cl/libros/MANUAL_AA_01_dic_2014.pdf)

**Juan M. (2011)** Nuevas perspectivas en inmunoterapia

**Kilby J. (Nov., 1959)** Semiconductor Solid Circuits. American Rocket Society 14th Annual Meeting

**López J. (2016)** Nanopolímeros contra el Ébola y VIH | Bio (Ciencia+Tecnología). [online] Recuperado de: <http://www.madrimasd.org/blogs/biocienciatecnologia/2013/03/11/132660>.

**Losada C. (2010)** ¿Qué es la alfabetización científica?. La Jornada. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/2010/02/20/ideas.html>

**Mendoza G. y Rodríguez J. (2007)** La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. Perfiles Latinoamericanos (29), pp. 161-186. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11502906>

**Ministerio de Economía. (2014)** Encuesta Nacional de Investigación y Desarrollo e innovación. Pp 62. Recuperado de: <http://www.economia.gob.cl/wpcontent/uploads/2014/01/Documento-Antecedentes-Metodo%C3%B3gico-Encuesta-Nacional-I+D-e-Innovaci%C3%B3n.pdf>.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (2009)** Marco Curricular. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (2011)** Programa de estudio Biología IV medio. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (2011)** Programa de estudio Física IV medio. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (2011)** Programa de estudio Química IV medio. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (2012)** Estándares Orientadores para carreras de Pedagogía. Santiago, Chile.

**Ministerio de Educación [MINEDUC] (Sin Fecha)** Educación Técnica Profesional en Chile: Antecedentes y claves de diagnóstico Centro de Estudios División de Planificación y Presupuesto. Ministerio de Educación Gobierno de Chile.

**Moya (1997)** Teorías cognoscitivas del aprendizaje.

**Nanomaterials Photonics Group UBA (2016).** nanoEscala, nanoCiencia y nanoTecnología - Applied nanoPhysics Group. [online] Recuperado de: <http://www.nano.df.uba.ar/es/nanoescala-nanociencia-y-nanotecnologia/>.

**Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties [Nanociencia y Nanotecnología: oportunidades e incertidumbres] (2004)** Reporte preparado por la Royal Society, the UK National Academy of Science and the Royal Academy of Engineering. Recuperado de: [www.nanotec.org.uk](http://www.nanotec.org.uk)

**Neira, E. (2008)** La interdisciplinariedad de la ciencia de hoy. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/15622>.

**Nolasco, M.** Estrategias de enseñanza en educación. Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n4/e8.html>.

**Novack J. (1988)** Investigaciones y experiencias didácticas. Constructivismo humano: un consenso emergente. Ponencia presentada en el segundo seminario internacional sobre errores conceptuales y estrategias educativas en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Ithaca, NY: 27 de julio de 1987.

**Payer, M. (2005).** Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación con la teoría Jean Piaget. UNAM.

**Pedreño A. (2005)** Repercusiones económicas de los avances en Nanotecnología. Recuperado de: <https://iei.ua.es/es/investigacion/nanotecnologia/nanotecnologia-y-nanociencia-aspectos-economicos.html>

**Pinilla N (2015)** Diseño de una propuesta didáctica basada en competencias científicas para contenidos de tierra y universo en primero medio (tesis de pregrado). Universidad de Santiago de Chile, Chile.

**Quintero C. (2010)** Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. Zona Próxima, Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte, (12). Recuperado de: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/zona/article/viewArticle/1151>

**Prensky, (sin fecha)** Organizadores visuales digitales. Recuperado de: <http://lima.perueduca.pe/documents/757745/0/ORGANIZADORES%20VISUALES.pdf>

**Quintilli M. (2012)** Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, Cuaderno 42, pp 125-155.



**Real Academia Española. (2014)** Diccionario de la lengua española (23. Ed.). Madrid, España.

**Rey J. (2011)** [online] Metode.cat. Recuperado de: [http://www.fgcsic.es/lychnos/es\\_es/tribuna/investigacion\\_de\\_frontera\\_traer\\_un\\_futuro\\_al\\_presente](http://www.fgcsic.es/lychnos/es_es/tribuna/investigacion_de_frontera_traer_un_futuro_al_presente).

**Rodríguez C. (2003)** Nociones y destrezas básicas sobre el análisis de datos cualitativos Seminario Internacional titulado: El proceso de Investigación en educación, algunos elementos clave. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Universidad de Granada. Santo Domingo, Republica Dominicana.

**Rocco M. (2003)** Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training [Convergencia de la ciencia y la tecnología a nanoescala: oportunidades de educación y formación]. Nature Biotechnology 21 (10) pp. 1247-1249.

**Sánchez-Mora M. y Tagüeña J. (2011)** El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia,, Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en nanociencia y nanotecnología, 4 (2).

**Schunk D, (1997)** Teorías del aprendizaje

**Serena P. (sin fecha)** Nanociencia y Nanotecnología: Aspectos generales. Recuperado de: <http://www.encuentrosmultidisciplinares.org/Revistan%BA12/Pedro%20Amalio%20Serena%20.pdf>

**Solé I., Coll C., Martín E., Mauri T., Miras M., Onrubia J., Zabala A. (1999)** El constructivismo en el aula (9. Ed.). Barcelona.

**Tejo F. y Vidal N. (2013)** Propuesta y evaluación de actualización pedagógica en Nanociencia y Nanotecnología usando recursos TIC's (Licenciatura). Universidad de Santiago de Chile, Chile.

**Taniguchi N. (1974)** On the Basic Concept of 'Nano-Technology' [Sobre el concepto básico de 'Nano-Tecnología'] Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part II, Japan Society of Precision Engineering (JSPE), 2 (1074), pp. 18-23.

**Tutor J. (2013)** Formación en nanociencia y nanotecnología: Un reto en Iberoamérica. Revista de Física, vol 4, 6E. Madrid, España. Pp 42-53.

**Tutor J. (2016)** La divulgación de la nanociencia y la nanotecnología: Unidad y diversidad. Revista de Física, (51E), pp 1-16.

**Tutor J. y Serena P. (2011)** Situación de la divulgación y la formación en nanociencia y nanotecnología en Iberoamérica. Red NANODYF-CYTED Mundo Nano 4 (2), pp 12-17.

**Tutor J., Velasco V. y Martínez J. (2005)** Nanociencia y Nanotecnología: la Tecnología Fundamental del siglo XXI. Revista Iberoamericana de Física, vol 1 (1) pp. 19-22.

**United States Patent Office (1906)** Lee De Forest, de Nueva York, N. Y. Oscillation - Responsive Device (Dispositivo de respuesta a oscilación) Patented Nov. 13, 1906.

**Valenzuela P., Ortiz I. y Rojas V. (2006)** Vigilancia tecnológica aplicada a Nanociencia y Nanotecnología en países de latinoamérica. J. Technol. Manag. Innov. 2006, 1 (4). Recuperado de <https://jotmi.org/index.php/GT/article/view/art24>

**Villalobos, (2011)** Construcción de organizadores gráficos para promover y desarrollar la lectoescritura. Recuperado de: [http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a22n1/22\\_01\\_Villalobos.pdf](http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a22n1/22_01_Villalobos.pdf)

**Villalustre L. y Del Moral E. (2010)** Mapas conceptuales, mapas mentales y líneas temporales: objetos “de” aprendizaje y “para” el aprendizaje en Ruralnet. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa RELATEC, 9 (1), 1527. Recuperado de: <http://campusvirtual.unex.es/cala/editio/>

**Wagensberg, J. (2016)** El pensamiento interdisciplinario. [online] Metode.cat. Recuperado de: <http://metode.cat/es/Revistas/Secciones/Metodo-Wagensberg/El-pensament-interdisciplinari>.

**Zanetti A. (2016)** Expertos buscan consensos para futuras Bases Curriculares de terceros y cuartos medios. [online] Recuperado de: <http://www.usach.cl/news/expertos-buscan-consensos-para-futuras-bases-curriculares-terceros-y-cuartos-medios>.

**Zárate A. y Zumelzu E. (2011)** La nanociencia y la nanotecnología, un desafío a potenciar en el crecimiento económico de Chile. Red NANODYF-CYTED, Mundo Nano 4 (2) pp. 29-33.

## Apéndice

## **Apéndice 1: Propuesta didáctica**



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

**Propuesta didáctica interdisciplinaria  
para incorporar Nanociencia y  
Nanotecnología en IV medio**

**Libro para el docente**

Nayareth Quirola

Valentina Márquez

Samuel Baltazar

Silvia Tecpan

2017

Imagen de portada autorizada por Win L. Noorduin©, obtenida de:  
<https://www.visualnews.com/2013/05/23/harvard-scientist-grows-microscopic-flowers/>

## **Introducción**

El material que se presenta a continuación fue diseñado para facilitar al profesor una herramienta que involucre a sus estudiantes en el mundo de la Nanociencia y Nanotecnología, sin desviar ni descuidar los Aprendizajes Esperados que se encuentran en los programas de estudio de ciencias de Física, Química y Biología proporcionados por el Ministerio de Educación de Chile. Mediante esta propuesta, construida de forma en que las tres ciencias se conectan y trabajan de forma conjunta, se espera que el estudiante conozca una ciencia de frontera, entienda sus conceptos fundamentales y sea capaz de reconocer aplicaciones y utilidades que estén en su entorno local o que sean de impacto global.

De suma importancia se vuelve que los docentes de las tres áreas en cuestión, cooperen entre ellos, aunque a la vez trabajen de forma independiente. Por esta razón, el material diseñado cubre las necesidades básicas para el conocimiento de la Nanociencia y Nanotecnología para cada una de las tres áreas, pero genera la necesidad de ser aplicado en todas, para lograr el objetivo general de este material, y además apoyar a sus respectivos planes y programas de estudio.

## **Objetivo General**

El objetivo de la propuesta es aprovechar las virtudes que otorga el estudio de una ciencia de frontera y sus aplicaciones, mediante el trabajo cooperativo de las asignaturas de Física Química y Biología; además, reforzar mediante este estudio los Contenidos Mínimos Obligatorios (CMO), Habilidades de Pensamiento Científico (HPC), Objetivos Fundamentales (OF) y Aprendizajes Esperados (AE) que exige el Marco Curricular y los programas de estudios respectivos de cada ciencia.

La nanociencia, como ciencia de frontera, representa contingencia científica, innovación, y controversia en algunas de sus aplicaciones (nanotecnología), por lo cual se abre la posibilidad de conectar el estudio académico de las ciencias con los avances científicos y tecnológicos actuales. Al trabajar las tres asignaturas de ciencias (Física, Química y Biología) en conjunto, se entrega una visión de las ciencias escolares menos segregada y más cercana al trabajo real del científico.

## **¿Por qué enseñar Nanociencia y Nanotecnología?**

Una buena formación científica es importante para todos, y no exclusivamente para quienes sigan una profesión tecnológica o científica, ya que permite una correcta interpretación del mundo en el que vivimos, y formar parte activa de la sociedad<sup>1</sup>. Siendo la ciencia la mayor fuente de conocimiento en el mundo, es importante además de

conocer la evolución científica y tecnológica, estar al tanto de los últimos avances realizados en temas de investigación científica.

Uno de los problemas a los que se enfrentan las ciencias en general, en Chile y en Iberoamérica, es su escasa divulgación; además de la casi inexistencia de tópicos de frontera en el ámbito educativo<sup>1</sup>. En el marco curricular chileno, si bien se hace alusión al estudio de *“los cambios acelerados en el conocimiento y en la sociedad”*<sup>2</sup>, los programas de estudio científicos actuales de enseñanza media no consideran la incorporación de ciencias de frontera dentro de sus últimas actualizaciones. El único acercamiento que podemos observar, es una pincelada a lo que es la Nanotecnología, en IV medio, en la asignatura de Química Plan Diferenciado, parte de la formación electiva, para alumnos de colegios científico humanista que escojan esta especialidad.

La Nanociencia y Nanotecnología se posicionan en la frontera en cuanto a tecnología y ciencias se refieren, siendo un área de estudio contingente y con variadas aplicaciones, no sólo en física, sino también en múltiples ambientes de la ciencia, como medicina, ingeniería, química, biología, entre otros. Es por esto que esta propuesta está planteada para que los profesores de Química, Física y Biología trabajen en equipo, distribuyendo los contenidos y potenciándolos unos con otros.

## ¿Cómo implementar la propuesta?

En una primera instancia, dentro de los contenidos básicos o mínimos en un curso introductorio a la Nanociencia y Nanotecnología deben encontrarse las escalas, ya que representan un obstáculo epistemológico a la hora de comprender los cambios de propiedades según la escala en la que se encuentren<sup>3</sup>. Por lo tanto, en esta propuesta se incluyen actividades para identificar las escalas de diversos materiales, las fuerzas imperantes en el nanomundo, y las propiedades que estos tienen. Por otro lado, tenemos variadas aplicaciones en distintos ámbitos, por ejemplo, en el uso de Nanotecnología en la producción de envases activos para alimentos, o la utilización de nanomateriales para el tratamiento de diversas enfermedades, entre otras muchas aplicaciones. Todos estos contenidos serán abordados en la propuesta y estarán distribuidos entre las asignaturas de Física, Química y Biología. Tecnología, medicina y ambiente, son tópicos unificadores entre las asignaturas (ver figura 1), los dos primeros serán utilizados en la propuesta,

---

<sup>1</sup> Tutor J. y Serena P. (2011) Situación de la divulgación y la formación en nanociencia y nanotecnología en Iberoamérica. Red NANODYF-CYTED Mundo Nano 4 (2), pp 12-17.

<sup>2</sup> Ministerio de Educación [MINEDUC] (2009) Marco Curricular. Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Sánchez-Mora M. y Tagüeña J. (2011) El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia, Mundo Nano, Revista Interdisciplinaria en nanociencia y nanotecnología, 4 (2).



pero por razones curriculares y temporales, el concepto ambiente no está inmerso en la propuesta.

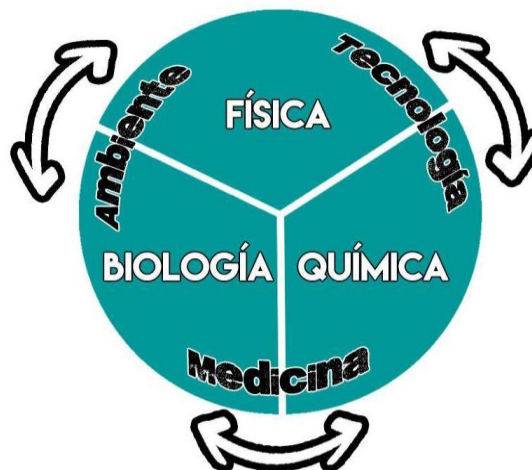


Figura 1

Esta propuesta está diseñada para incorporar los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología, y abordarlos de manera tal que cumplan también con los propuestos por los programas de ciencias vigentes. Por lo tanto, las actividades presentadas tienen la finalidad de cumplir aprendizajes esperados (propuestos por el currículo) para las respectivas unidades y resultados de aprendizajes (planteados en esta propuesta) para los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología.

La implementación de esta propuesta será incorporada en las siguientes unidades:

**Física IV medio**, inicio del segundo semestre, 3° unidad (El átomo y su núcleo)

**Química IV medio**, inicio del segundo semestre, 3° unidad (Polímeros)

**Biología IV medio**, inicio del segundo semestre, 3° unidad (Sistema inmune: enfermedades y tratamientos)

Es importante destacar que la propuesta está diseñada con un enfoque **Ciencia Tecnología Sociedad (CTS)** para la implementación completa, es decir, la asignatura de Física se enfocará en **ciencia**, en Química se abordará **tecnología** y en Biología se verán ámbitos **sociales**, todo esto en relación a los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología. Por esto es fundamental que los profesores de las tres asignaturas implementen los contenidos que les corresponden, sin falta de ninguna ciencia en la aplicación de la propuesta.

Debido a los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología que se abordarán en cada asignatura, se recomienda que el primer profesor en iniciar la aplicación de esta

propuesta sea el de la asignatura de Física, comenzando la unidad del átomo y su núcleo (en la primera clase de la unidad). Se presentan actividades para que los alumnos visualicen las escalas en las que se encuentra el átomo, partículas subatómicas y otras partículas pequeñas, lo que ayudará a cumplir el aprendizaje esperado: *“Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades”*.

Posteriormente debe continuar el profesor de la asignatura de Química en la unidad 3, con aplicaciones de nanopolímeros, (luego de haber visto los contenidos básicos de polímeros correspondientes a la unidad) para cumplir el aprendizaje esperado: *“Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad”*.

El profesor de la asignatura de Biología, debe coordinar una investigación luego de que los alumnos reconozcan los conceptos de Nanociencia y Nanotecnología, es decir luego de la primera clase de Física, y debe cerrar la unidad de sistema inmune: enfermedades y tratamientos, con un debate sobre el uso de Nanociencia y Nanotecnología en el ser humano, para tratamientos de enfermedades que atacan el sistema inmune. Esto ayudará a cumplir el aprendizaje esperado *“Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes”*.

De esta manera se cumplirán los aprendizajes esperados propuesto por el currículum, pero introduciendo contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a la vez. Para mayor detalle, a continuación, se muestra una línea temporal acerca de la articulación de la propuesta:



Figura 2

A continuación, se presenta el material preparado, el cual consiste en una serie de guías. El tiempo estimado que dedicará cada asignatura a la aplicación de las guías preparadas es de dos horas pedagógicas (de 45 minutos cada una). Cada guía cuenta con las respectivas respuestas esperadas o sugeridas y con acotaciones al docente, además del tiempo estimado para cada actividad (*en letra cursiva y en morado*) y cuenta con las referencias de las imágenes utilizadas. Finalmente, se presentan anexadas las guías en formato para imprimir, sin las respuestas de la guía, ni las acotaciones al docente, ni las referencias de las imágenes (ya que estas no son esenciales para las actividades).

Se sugiere a los tres profesores encargados de las correspondientes asignaturas de Física, Química y Biología, pedirles a sus estudiantes mantener un portafolio (carpeta) con el desarrollo de todas las guías a medida que se avance en ellas, de esta forma los alumnos contarán con todo el material para futuras consultas.

# Propuesta de Física

## Aspectos de la Propuesta

Como se mencionó anteriormente, se presentan a continuación los resultados de aprendizaje (lo que esperamos que los alumnos consigan aprender) sobre Nanociencia y Nanotecnología en las actividades propuestas para Física, además de los conceptos previos necesarios y los contenidos que se abordan.

### Resultados de Aprendizaje (RA)

RA 1: Reconoce el nanomundo y sus dimensiones comparando los objetos, propiedades y leyes que pertenecen a él con los que pertenecen a otros mundos.

### Conocimientos previos:

Aspectos matemáticos:

- Notación científica
- Escala de medida
- Cambio de unidades

### Contenidos:

---

1° Clase: Nanoescala Enfoques para síntesis de nanoestructuras	2° Clase: Relación superficie - volumen Efecto túnel
---	--

---

## **Aspectos Curriculares**

A continuación, se presentan los aprendizajes esperados en la unidad de Física, propuestos por el programa de estudio del currículum vigente, también las habilidades de pensamiento científico y los indicadores de evaluación.

### **Aprendizajes Esperados (AE):**

AE10: Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades

### **Habilidades de Pensamiento Científico (HPC):**

HPC1: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas, según conocimientos del nivel

### **Indicadores de evaluación (para cada AE):**

Describen el desarrollo histórico que han tenido los modelos atómicos, destacando las ventajas y limitaciones que ha tenido cada uno.

Identifican la estructura y tamaño del núcleo atómico y los relacionan con su densidad.

Describen, cualitativamente, el espín y el momento magnético nuclear de un núcleo atómico.

Describen modelos del núcleo atómico, como el de la gota líquida y el de capas.

## Actividad Previa: Palabras importantes

### Objetivos

Reconocer el significado de vocabulario correspondiente a la unidad.

*Esta actividad, como dice su título, es una actividad previa, es decir, debe plantearse antes de comenzar la unidad, para que en la primera clase, en conjunto con todos los alumnos se realice una revisión rápida de estos conceptos y se haga una puesta en común sobre ellos ya que se utilizarán constantemente en la unidad. [5 minutos]*

Definir los siguientes términos, e investigar su etimología:

**Átomo:** *Proviene del latín atomum, que significa sin división y se empleaba para referirse a la parte más pequeña de la materia que podía concebirse, posteriormente se demostró que estaba constituida por partes más pequeñas. Sin embargo, el átomo es considerado la parte más pequeña en la que se puede obtener materia de forma estable<sup>4</sup>.*

**Núcleo atómico:** *Es la parte central de un átomo, tiene carga eléctrica positiva, constituida por protones y neutrones, cuya masa es el 99,9% del total del átomo<sup>5</sup>.*

**Electrón:** *Procede del término griego elektrón que significa “ámbar”. Partícula subatómica que se encuentra alrededor del núcleo del átomo y tiene carga eléctrica negativa<sup>4</sup>.*

**Protón:** *En griego significa “primero”, es una partícula subatómica presente en el núcleo del átomo, y tiene carga eléctrica positiva<sup>4</sup>.*

**Neutrón:** *Partícula elemental del núcleo del átomo que no tiene carga eléctrica atómica<sup>4</sup>.*

**Nanómetro:** *Medida de longitud que equivale a la mil millonésima parte del metro ( $10^9$  m)*

**Propiedades físicas:** *Son aquellas cualidades mensurables en un sistema físico. Dichas mediciones se reflejan a través de valores, que pueden compararse con un cierto patrón, como son magnitudes de volumen, área, longitud, etc. Las propiedades físicas se denominan también observables (especialmente en mecánica cuántica)<sup>6</sup>.*

**Funcionalización:** *Modificación y/o transformación química de polímeros y materiales en su estructura molecular para entregarles funciones que mejoren sus propiedades físicas y químicas en su uso final<sup>7</sup>.*

---

<sup>4</sup> <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/atomoEstructura.htm>

<sup>5</sup> <http://espaciociencia.com/las-partes-fundamentales-del-atomo/>

<sup>6</sup> <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisica/introduccion4.htm>

<sup>7</sup> <http://www.cucei.udg.mx/maestrias/productos/lineas-de-investigacion/funcionalizacion-quimica-y-biologica-de-biomateriales>

## Guía 1: Escalas y Mundos

### Objetivos

Identificar la escala nanométrica.

Clasificar elementos según su escala.

### **Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología**

*La siguiente actividad consiste en un video introductorio a la Nanociencia y Nanotecnología que tiene una duración de alrededor de 12 minutos. Los estudiantes deben tomar apuntes para responder las preguntas a continuación del video. La discusión debe ser corta y guiada por el docente (5 min) y debe llevar a la conclusión en que dependiendo del tamaño existen distintas propiedades para los distintos elementos [17 minutos].*

Ver video: Nanociencia y Nanotecnología: guía 1

Disponible en: (<http://youtu.be/VvQ83KMOCIM>)

Ve el video y toma apuntes para responder y discutir acerca de lo siguiente:

1. ¿Qué es lo más pequeño que logramos percibir con nuestra vista?

Respuesta: *Una hormiga, polvo, tierra, un grano de arena, etc.*

2. ¿Importa el tamaño de los objetos a la hora de conocer sus propiedades y comportamiento? ¿Por qué? Da un ejemplo.

Respuesta: *El tamaño sí es importante, porque hay cosas que pueden suceder a una escala y en otra no. Por ejemplo, como se muestra en el video, atravesar paredes es posible a una escala menor a la nanométrica.*

3. De lo mencionado en el video, ¿Cuál es el método utilizado para observar objetos a nanoescala?

Respuesta: *Según el video, el método para observar cosas muy pequeñas (a escala nanométrica) mencionado en el video es mediante de los microscopios electrónicos, los que funcionan a partir de fenómenos cuánticos tales como el efecto túnel.*

4. Existen distintas formas de crear nanoestructuras. Identifique los dos enfoques mencionados en el video.

Respuesta: *Enfoque “Top - Down” (o de arriba a abajo) y enfoque “Bottom - Up” (o de abajo a arriba).*

### Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño

*El profesor debe formar tres grupos, utilizando un método rápido, a los cuales denominará “Nanomundo” (microscopio electrónico), “Micromundo” (microscopio óptico) y “Macromundo” (visión sin instrumentos). Respecto del último mundo en la escala, el “Mundo subatómico”, el profesor debe mencionar que es aquel en el que no existen instrumentos para observar objetos de ese tamaño, sin embargo, no contará con una agrupación. Una vez realizada la elección y presentación de los grupos, el docente indicará cómo se completa la tabla, ayudando a los estudiantes a identificar en qué lugar de la escala (imagen 1) se encuentra cada mundo. El objetivo de esta actividad es distinguir las diferencias de los tamaños de los objetos y además reconocer que esta diferencia implica un cambio en las fuerzas que predominan en cada uno [13 minutos].*

Separen el curso en tres grandes grupos y sigan las instrucciones a continuación:

- Cada grupo se identificará según uno de los siguientes tres nombres: Nanomundo, Micromundo y Macromundo.
- Cada grupo ubicará su respectivo mundo en la siguiente escala:

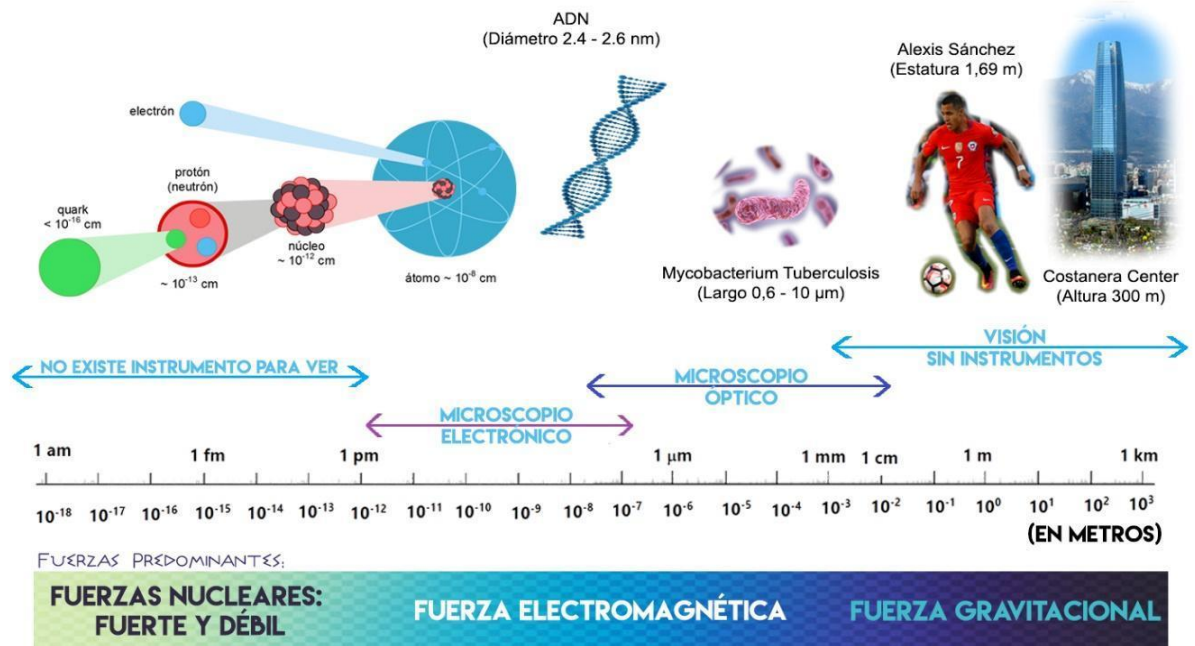
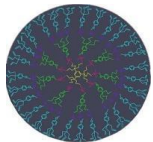


Imagen 1: Escala de objetos e interacciones predominantes

- Con tu grupo elige cuál de las siguientes imágenes en la tabla pertenecen a tu mundo (macromundo, micromundo o nanomundo):



Imagen	Tamaño (aprox)	Mundo	Imagen	Tamaño (aprox)	Mundo
<p>1</p>  <p><a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Didier_Astruc">https://fr.wikipedia.org/wiki/Didier_Astruc</a></p>	Dendrímero PAMAM 1,1 - 12,4 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>	<p>6</p>  <p><a href="http://www.blogodisea.com/cuerpo-humano-visto-microscopio.html">http://www.blogodisea.com/cuerpo-humano-visto-microscopio.html</a></p>	Cabello humano 70 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro mundo</i>
<p>2</p>  <p><a href="http://blog.hostalrioamazonas.cl/la-araucaria-arbol-sagrado-mapuche/">http://blog.hostalrioamazonas.cl/la-araucaria-arbol-sagrado-mapuche/</a></p>	Araucaria 50 (m) de altura	<i>Macro Mundo</i>	<p>7</p>  <p><a href="http://cr00.epimg.net/radio/imagenes/2016/02/04/tecnologia/1454623854_974708_1454623980_noticia_normal.jpg">http://cr00.epimg.net/radio/imagenes/2016/02/04/tecnologia/1454623854_974708_1454623980_noticia_normal.jpg</a></p>	Celular 13 x 10 (cm <sup>2</sup> )	<i>Macro mundo</i>
<p>3</p>  <p><a href="http://www.industrytap.com/quantum-dots-power-buildings-future/31361">http://www.industrytap.com/quantum-dots-power-buildings-future/31361</a></p>	Puntos cuánticos 2 - 10 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>	<p>8</p> 	Núcleo atómico 10 <sup>-12</sup> (cm) de diámetro	<i>Mundo Sub atómico</i>
<p>4</p>  <p><a href="http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917">http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917</a></p>	Partículas de polvo 500 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro Mundo</i>	<p>9</p>  <p><a href="http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917">http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917</a></p>	Cloroplastos 4-6 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro mundo</i>
<p>5</p>  <p><a href="http://meetthings.com/blog/index.php/23-05-2015/nanotubo-de-carbono-que-es/">http://meetthings.com/blog/index.php/23-05-2015/nanotubo-de-carbono-que-es/</a></p>	Nanotubo de carbono 1 - 10 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>			

[Tiempo Total: 40 minutos]

## Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala

### Objetivos:

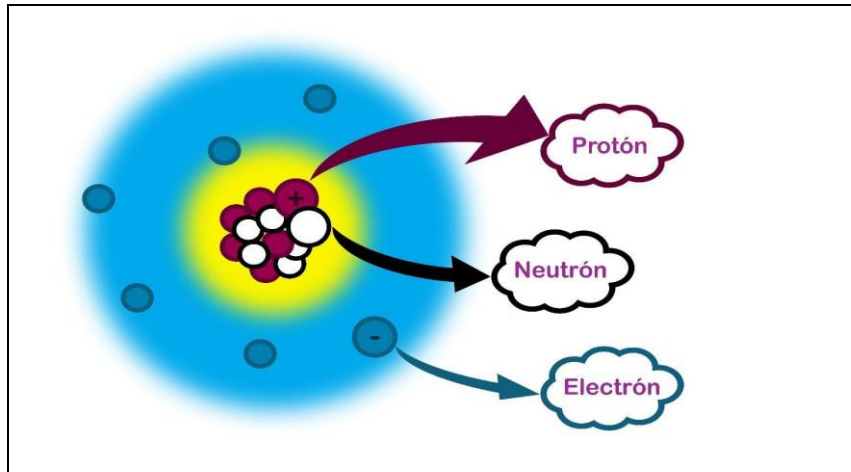
Identificar el cambio de propiedades de los materiales dependiendo de las escalas.

Realizar conversiones de escalas para visualizar las diferencias entre los mundos y las propiedades en ellos.

### Actividad 1: Acercándonos al átomo

*La actividad a continuación pretende cumplir con los contenidos del programa de estudio propuesto por el currículum vigente y generar una conexión entre estos y los conceptos a abordar de Nanociencia y Nanotecnología esperados para esta sesión. La segunda pregunta es una investigación fuera del aula, por lo que no requiere más tiempo que el explicar la actividad [4 minutos]*

1. Identifique los elementos del átomo presentados en la imagen:



2. En la imagen anterior vemos una representación del modelo atómico actual. Para llegar a esta representación muchos científicos aportaron con actividades experimentales, de las cuales concluían sus propios modelos. Con cada nuevo experimento se descubrían errores en las propuestas anteriores o ideas nuevas para implementar, además se fueron conociendo partículas de magnitud subatómica. Investigue, para la siguiente clase, los modelos de núcleos atómicos presentados a lo largo de la historia nombrando sus autores.

Resp: *Entre los modelos que los alumnos deben traer están:*

*Modelo de Rutherford (1911), modelo de la gota líquida (Bohr, 1935) y modelo de capas (Dmitry Ivanenko junto con E. Gapon, 1932)*

### Actividad 2: Camino a lo pequeño

La siguiente actividad tiene como propósito estimar cuántas veces se debe doblar por la mitad una hoja para llegar a un tamaño nanométrico. El profesor debe enfatizar que se trata de una predicción, no un cálculo, por lo que la actividad en sí no debe llevar mucho tiempo. Además es de carácter individual y pueden utilizar calculadora si lo estiman conveniente **[5 minutos]**.

Piense en una hoja de 1x1 (m), imagínese que la dobla por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 0,5x0,5 (m), si la vuelve a doblar por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 0,25x0,25 (m). Estime, ¿cuántas veces debe repetir el proceso para que un lado de la hoja llegue a un tamaño de un nanómetro?

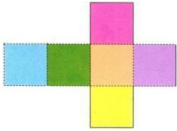
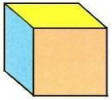
Resp: Hay que doblar la hoja por la mitad 27 veces para llegar a una magnitud nanométrica (7.45 nm). (Se puede llegar a esta conclusión utilizando la calculadora, dividiendo por dos el número 1 hasta llegar a una cantidad en nanómetros, o con la ecuación  $10^{-9} = (1/2)^n$ ).

### Actividad 3: Desarmando un cubo

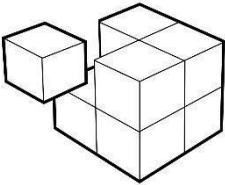
Actividad de carácter individual. De ser requerido o necesario, el profesor puede facilitar las fórmulas necesarias para calcular área y volumen. Para el cierre de esta actividad, el docente debe entregar a los estudiantes una reflexión acerca de la importancia del cambio de la razón área superficial vs. volumen a nivel de trabajo nanométrico, por ejemplo, mayor reactividad, mostrando el esquema que aparece al final de esta actividad **[15 minutos]**.

La figura de la imagen 1 es la estructura para formar un cubo y en la imagen 2 lo vemos armado. La longitud de sus lados es 10 (m) (altura, ancho y profundidad del cubo).

A continuación, calcula el área superficial del cubo:

<p>Área superficial del cubo:</p> <p><math>600 \text{ m}^2</math></p>	 <p>Imagen 1</p>	<p>Razón Área - Volumen</p> <p><math>\frac{3}{5}</math></p>
 <p>Imagen 2</p>	<p>Volumen del cubo:</p> <p><math>1000 \text{ m}^3</math></p>	

Ahora, realiza cortes al cubo, de forma vertical, horizontal y transversal, cada uno por la mitad, como puede observarse en la imagen 3. Calcula el área superficial de cada uno de los cubos resultantes y además haz la suma de estas áreas:

 <p>Imagen 3</p> <p>¿Cuántos cubos quedan?</p> <p>8</p>	<p>Área Superficial de cada cubo:</p> <p><math>150\text{ m}^2</math></p>	<p>Suma áreas superficiales:</p> <p><math>1200\text{ m}^2</math></p>	<p>Razón Área - Volumen</p> <p><math>\frac{6}{5}</math></p>
	<p>Volumen de cada cubo:</p> <p><math>125\text{ m}^3</math></p>	<p>Suma volúmenes:</p> <p><math>1000\text{ m}^3</math></p>	

Repite el proceso, cortando cada cubo resultante como se cortó el primero, luego nuevamente y así dos veces más con cada cubo. Con estos datos rellena la siguiente tabla:

Nº total de cubos:	Área superficial de cada cubo:	Suma áreas superficiales:	Volumen de cada cubo:	Suma volúmenes:	Razón Área - Volumen
64	$37.5\text{ m}^2$	$2400\text{ m}^2$	$15.625\text{ m}^3$	$1000\text{ m}^3$	$\frac{12}{5}$
512	$9.375\text{ m}^2$	$4800\text{ m}^2$	$1.953125\text{ m}^3$	$1000\text{ m}^3$	$\frac{24}{5}$
4096	$2.34375\text{ m}^2$	$9600\text{ m}^2$	$0.244140625\text{ m}^3$	$1000\text{ m}^3$	$\frac{48}{5}$

Responde brevemente las siguientes preguntas:

- ¿Cómo cambia el área de la superficie total a medida que se corta el cubo?  
¿Cómo se puede obtener una mayor área superficial?

Resp: *Mientras más se divide el cubo, más área superficial total se logra.*

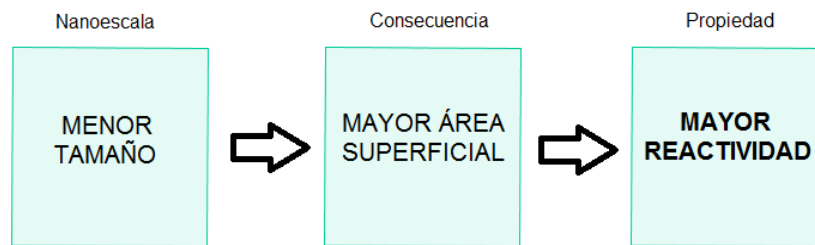
2. Comparando el volumen del cubo total y la suma de los volúmenes de los cubos pequeños, ¿Qué sucede? Pruebe con un ejemplo.

Resp: *El volumen del cubo grande es igual a la suma de los cubos pequeños. Por ejemplo, cuando se corta en 512 partes el volumen total es  $1000 \text{ m}^3$ , mientras que el cubo grande, su volumen es de  $1000 \text{ m}^3$ .*

3. ¿Cómo se comporta la relación área vs. volumen?, ¿Por qué?

Resp: *La razón área vs. volumen aumenta a medida que el cubo se divide cada vez en cubos más pequeños debido a que el área superficial aumenta.*

*La siguiente explicación y su correspondiente ejemplo (imagen 2) deben ser mencionados por el profesor de manera expositiva. Al disminuir el área superficial, pero conservando el volumen, es más fácil que las sustancias reaccionen frente a otras. Tal como sucede con el azúcar, es más sencillo disolver azúcar granulada que en cubos (aunque sea el mismo volumen). Mientras más pequeños son los gránulos, más fácil es disolver el azúcar.*



EJEMPLO:



(Figura ilustrativa para el docente: Ejemplo de consecuencia relación área-volumen)

#### Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man

La siguiente actividad tiene como objetivo que los estudiantes imaginen las propiedades de un superhéroe que es capaz de cambiar su tamaño. Las preguntas deben responderse en una discusión a nivel de grupo curso, y no necesariamente por escrito. Se debe guiar en todo momento al estudiante para llegar a las propiedades deseadas, como son predominio de fuerza electromagnética, necesidad de usar modelos de mecánica cuántica, la relación área volumen, movimiento browniano, etc. **[5 minutos]**.

Observe las imágenes y discuta con su curso las siguientes preguntas:



Imagen 1

<http://io9.gizmodo.com/how-did-that-big-ant-man-reveal-end-up-in-captain-ameri-1775319171>



Imagen 2

<http://cines.com/noticias/ant-man-marvel-novedades-1106/>

1. En la imagen 1 vemos a un superhéroe conocido en su versión gigante, ¿qué propiedades tendrías con ese tamaño?

Resp: *La capacidad poder levantar cosas pesadas y grandes, como el ala de un avión.*

2. En la imagen 2 vemos a Ant Man después de encogerse, ¿qué propiedades podrías tener si te encoges a ese tamaño?

Resp: *Meterse en espacios pequeños, manipular cosas muy pequeñas que con tamaño normal no se podría.*

3. Imagínese que usted tiene la habilidad de volverse aún más pequeño que Ant Man, es decir volverse nanométrico, ¿qué cree usted que podría hacer?

Resp: *Comportarse como los átomos y partículas subatómicas, que, como vimos en la actividad anterior, por su tamaño, tienen distintas propiedades que los objetos más grandes.*

### **Actividad 5: Efecto túnel**

*En esta actividad se ve un breve video con la intención de explicar el efecto túnel de manera cercana al estudiante. Esta reflexión debe realizarse de manera personal y por escrito. Se recomienda hacer una revisión y síntesis corta de la respuesta por parte del profesor a todo el curso [5 minutos].*

Ver video: Efecto Túnel Ant Man

Disponible en: <http://youtu.be/iMvH-pyfcSQ>

En el video, una de las propiedades de “Ant-Man” al encogerse subatómicamente, es atravesar materiales, cosa que a macro y microescala es imposible. Debes saber que esto no sólo es ciencia ficción ya que el electrón, partícula subatómica, efectivamente tiene ese atributo, y puede traspasar materia. En base a este fenómeno es que podemos “observar”, o registrar objetos a nanoescala, lo que será estudiado posteriormente en la asignatura de Química. Basado en esto, defina con su conocimiento adquirido por los videos y actividades qué es finalmente lo que atraviesa Ant Man y cuál es el mundo al que pertenecen estas partículas.

*Lo que atraviesa Ant Man al volverse del tamaño de un electrón y comportarse como él, es el material que compone el traje de Yellowjacket. Dicho material se encuentra en el nanomundo (revisar escala).*

**[Tiempo Total: 34 minutos]**

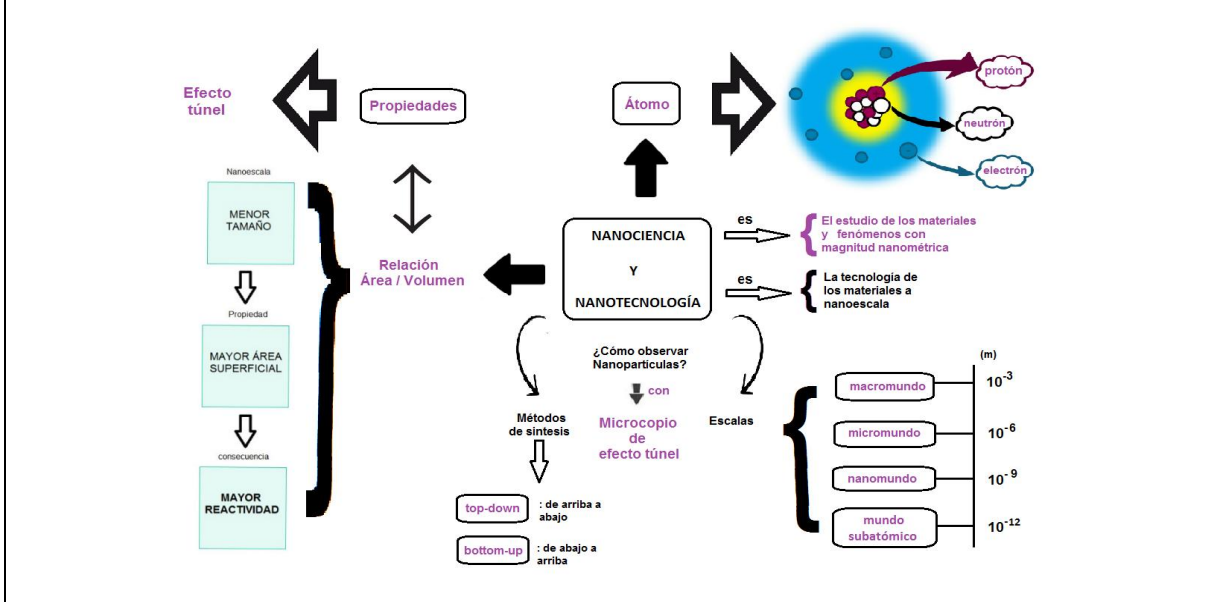
### Guía 3: Actividad de cierre

Esta actividad está diseñada para cerrar la clase y utilizar todos los conceptos aprendidos en ella. Se debe recordar a los estudiantes que retomarán posteriormente los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología además de sus aplicaciones en las asignaturas de Química y Biología. De ser necesario los alumnos pueden terminar el mapa mental en sus casas [11 minutos].

Los mapas mentales son una forma lógica y creativa de tomar notas y expresar ideas; consiste, en cartografiar reflexiones sobre un tema. Cuentan con una estructura orgánica radial a partir de un núcleo en el que se usan líneas, símbolos, palabras, colores e imágenes para ilustrar conceptos sencillos y lógicos. Permiten convertir listas de datos en coloridos diagramas, que funcionan de forma totalmente natural, del mismo modo que el cerebro humano. A continuación se presentan una serie de conceptos abordados en clases, utilícelos para completar el mapa mental, debes añadir significados y otros conceptos adicionales si es necesario. Puedes realizar el resto del mapa como gustes. ¡Sé creativo!

Escala	Macromundo	Efecto túnel	Top Down
Bottom-up	Propiedades	Relación área-volumen	Microscopio de efecto túnel
Nanomundo	Métodos de síntesis	Micromundo	Átomo

La siguiente imagen es un ejemplo de mapa mental, para que usted disponga de él. La guía en su formato para imprimir tiene algunos conceptos pre-escritos para guiar al estudiante.





Esta actividad de la guía puede ser evaluada por el docente si lo estima conveniente, utilizando los siguientes criterios:

<b>Criterios</b>	<b>Logrado (2 puntos)</b>	<b>Medianamente logrado (1 puntos)</b>	<b>No Logrado (0 puntos)</b>
<b>Utiliza todos los términos</b>	Los 12 términos se encuentran en el mapa.	Utiliza al menos 6 de las 12 palabras requeridas.	Utiliza 5 o menos de los tópicos.
<b>Reconoce la relación de los términos entre ellos creando un mapa conexo y con sentido</b>	Las conexiones entre cada término son claras y no demuestran confusión.	Hay unas pocas conexiones (no más de 3) que no tienen relación con lo visto en clases.	El mapa está desordenado y las conexiones entre términos ilógicas.
<b>El diseño del mapa es correcto y creativo.</b>	El mapa contiene la estructura correcta de un mapa mental, además muestra los conceptos de manera llamativa y creativa.	El mapa respeta la estructura de un mapa mental, pero presenta los términos de manera corriente.	El mapa no respeta la estructura de un mapa mental, además presenta los términos sin ninguna creatividad.
<i>Puntaje extra (Si el alumno cae en alguna clasificación del siguiente criterio, obtiene puntaje extra)</i>			
<b>Agrega vocabulario usado en clases, que no está en la tabla, pero que es necesario para darle sentido al mapa.</b>	Hay 4 o más palabras extras a las que se solicitan en el listado de vocabulario.	Hay 3 o menos palabras que se utilizaron en clases pero que no se exigen el vocabulario.	No hay ninguna palabra extra a la del vocabulario.

**[Tiempo Total: 11 minutos]**

# Propuesta de Química

## Aspectos de la Propuesta

Se presentan a continuación los resultados de aprendizaje (lo que esperamos que los alumnos consigan aprender) sobre Nanociencia y Nanotecnología, en las actividades propuestas para Química, además de los conceptos previos necesarios y los contenidos que se abordarán.

### Resultado de Aprendizaje (RA)

RA 2: Identifica el uso de Nanociencia y Nanotecnología en la producción de plásticos, declarando sus beneficios y riesgos para la sociedad.

### Conocimientos previos:

- Polímeros (vistos en la unidad, antes de la implementación de la propuesta)
- Nanoescala (visto en la implementación de la propuesta, en Física)
- Propiedades de los objetos a nanoescala (visto en la implementación de la propuesta)

### Contenidos:

---

1° Clase:	2° Clase:
Funcionalización de nanotubos de carbono	Microscopio
	Aplicaciones en envasado de alimentos

---

## **Aspectos Curriculares**

A continuación se presentan los aprendizajes esperados en la unidad de Química, propuestos por los programas de estudio del currículum, también las habilidades de pensamiento científico y los indicadores de evaluación.

### **Aprendizajes Esperados (AE):**

AE 09: Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad.

### **Habilidades de Pensamiento Científico (HPC):**

HPC 01: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel.

HPC 04: Formulación de explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.

HPC 05: Evaluación de las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### **Indicadores de evaluación (para cada AE):**

Identifican diversos polímeros que son utilizados en su entorno y los clasifican en las categorías a las que pertenecen.

Elaboran informes que abordan los beneficios de la utilización de algunos de los plásticos de uso más corriente.

Analizan evidencias presentes en controversias públicas, científicas y tecnológicas.

## Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros

### Objetivos:

Conocer polímeros destacados creados en base a la Nanociencia, presentes en la producción de vestimenta, plásticos, etc.

### **Actividad 1: Historia del plástico**

*Esta actividad tiene como objetivo conocer las ideas previas de los estudiantes, los recuerdos que poseen sobre Nanociencia y Nanotecnología vista en Física, y su capacidad de imaginar la implementación de ésta con los polímeros. Después de responder las preguntas [5 min], los alumnos exponen las ideas que les surgieron para las distintas preguntas, compartiendo y comparando con los demás grupos sus impresiones [10 min].*

En el siglo XX la urbanización obligó a transportar los alimentos desde el campo a la ciudad, y con esto a desarrollar envases que mantuvieran los alimentos en buen estado una mayor cantidad de tiempo. El cartón y el papel tuvieron una gran aceptación, ya que podían contener una gran cantidad de café, cereal, sal, u otros artículos, manteniéndolos alejados del polvo y de los insectos, pero no aislaban del todo su contenido. Durante el mismo siglo nació el plástico, cuando los químicos encontraron el procedimiento para unir pequeñas moléculas orgánicas y formar otras más grandes y pesadas, las que constituían un material más económico de generar que los otros.



A pesar de que los polímeros se inventaron en el siglo XX, aún en nuestros días se continúa trabajando en técnicas para mejorarlos.

Los cambios más recientes introducidos son gracias a la Nanociencia y Nanotecnología, pero ¿Cómo se han realizado estos cambios? Lo analizaremos en esta

guía.

En grupos de 5 o 6 personas respondan las siguientes preguntas y registren sus respuestas:

1. ¿Qué es Nanociencia y Nanotecnología? ¿Por qué crees que se diferencian?

Resp: *Una se refiere a la ciencias, al estudio de materiales a escala nanométrica, mientras la otra se dedica a la creación de tecnología en nanomateriales, para la aplicación en diversas áreas de trabajo.*

2. ¿Cómo crees que la Nanociencia y la Nanotecnología se han involucrado en la fabricación de polímeros? (físicamente, cómo te imaginas este cambio)

Resp: *(Esta es una respuesta a la imaginación del estudiante, por lo que no hay ideas erróneas) Como los polímeros son estructuras muy pequeñas, mediante la Nanociencia y la Nanotecnología pueden crearse componentes que intervengan en estas estructuras, uniendo “nanomateriales” con polímeros.*

3. ¿Qué propiedades crees que se han podido cambiar en los polímeros al introducir Nanotecnología?

Resp: *(Los alumnos podrían considerar algunas aplicaciones vistas en física o imaginar otras) Algunas de las propiedades como por ejemplo impermeabilidad, materiales más resistentes o aislantes térmicos.*

4. ¿Qué beneficios para la sociedad piensas que genera la aplicación de Nanotecnología en materiales como los polímeros?

Resp: *La mayoría de las cosas que ocupamos están fabricadas en base a polímeros, así que mejorar este material, se percibe como un beneficio en nuestra calidad de vida. El uso de esta tecnología permitiría mejorar propiedades físicas y químicas de los polímeros, convirtiéndolos en materiales más aptos para su uso en medicina, en construcción, u otras áreas, con materiales más fuertes y ligeros, con mayor resistencia, materiales autorreparables, etc.; en el medio ambiente, involucrando el desarrollo de materiales, energías y procesos no contaminantes; entre otros.*

5. ¿Crees que la implementación de esta tecnología represente algún riesgo para quienes utilicen constantemente plásticos?

Resp: *Los riesgos que representa la aplicación Nanociencia y Nanotecnología pueden ir desde la salud humana (como se trabaja con partículas pequeñas, es más fácil que penetren nuestro cuerpo, por lo que hay que conocer que tan tóxicas son o que efectos secundarios podrían tener) hasta económicos y la regulación legal que implica. Por esto es importante la investigación en este campo.*

## **Actividad 2: Nanotubos de carbono**

*Esta actividad es de carácter expositivo, el profesor debe explicar qué es un nanotubo de carbono, y mediante la actividad de la lámina de papel, analizar las distintas configuraciones de este y sus respectivas propiedades [10 minutos].*

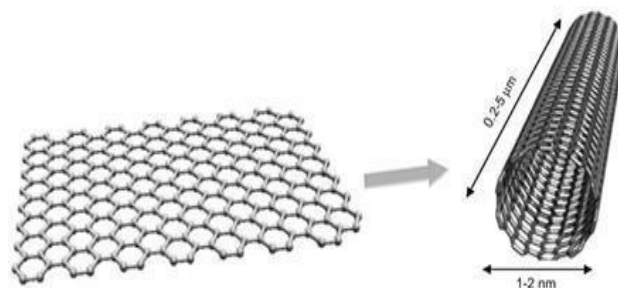


Imagen 1 - Lámina de grafeno y Nanotubo de una capa

<https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/nanotubos-de-carbono/>

Los nanotubos de carbono son estructuras formadas por átomos de carbono que adoptan forma de tubo, que si bien pueden ser macroscópicamente largos, su diámetro es de orden nanométrico. A continuación se presenta una actividad para conocer más de ellos.

El profesor le entregará una capa de hexágonos que representan enlaces de carbono. Recorte la capa por los bordes de los hexágonos exteriores.










Enrolle su lámina de diferentes formas, de tal manera que los extremos de los nanotubos queden distintos. ¿De cuántas formas se puede enrollar la lámina?, ¿cree que afectará en el comportamiento y propiedades físicas del nanotubo el cómo está configurado?

*Las siguientes imágenes representan los tres tipos de configuraciones que pueden lograrse mediante el enrollamiento de las láminas de grafeno, con la intención de que pueda guiar a los estudiantes para que las consigan.*

		Zig-Zag
		Sillón



Cómo pudiste identificar, existen distintas formas de enrollar el papel, de forma vertical, horizontal y diagonal en distintas direcciones. Según como se forme el nanotubo, se identifican las propiedades de éste<sup>89</sup>, y se clasifican además de distintas formas, “sillón”, “zig-zag” y “quiral”:

<b>Nanotubos</b>				
<b>Propiedades</b>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td data-bbox="506 873 846 1121"> <p><b>Sillón</b></p>  </td> <td data-bbox="846 873 1174 1121"> <p><b>Zig-Zag</b></p>  </td> <td data-bbox="1174 873 1451 1121"> <p><b>Quiral</b></p>  </td> </tr> </table>	<p><b>Sillón</b></p> 	<p><b>Zig-Zag</b></p> 	<p><b>Quiral</b></p> 
<p><b>Sillón</b></p> 	<p><b>Zig-Zag</b></p> 	<p><b>Quiral</b></p> 		
<b>Mecánicas</b>	<p>Presentan una alta resistencia mecánica (resistencia a la tracción <math>45 \times 10^9</math> pascal)</p> <p>Son flexibles a deformaciones perpendiculares al eje, se pueden doblar hasta grandes ángulos y recuperarse sin sufrir daño.</p> <p>Los nanotubos son menos estables que el grafito si el diámetro es muy grande o muy pequeño.</p>			

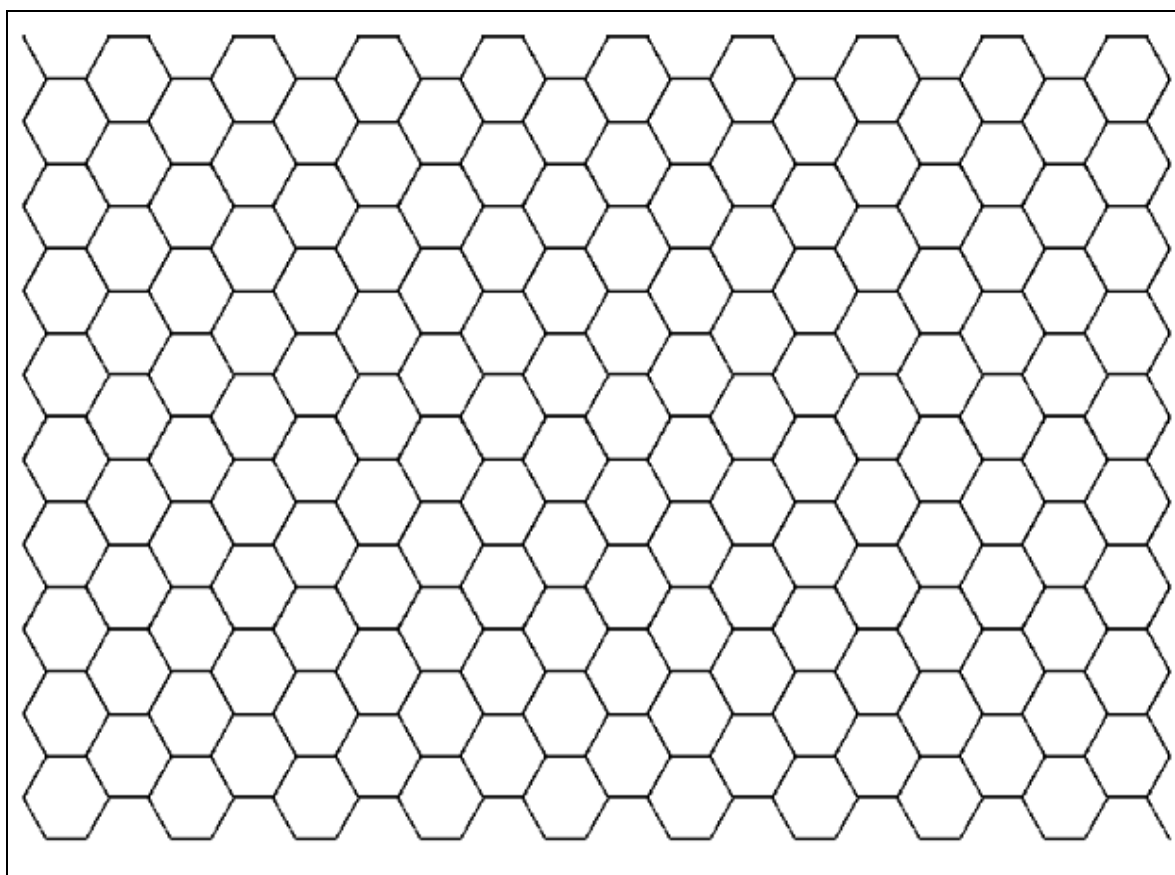
<sup>8</sup> De La Vega H. (2009) Nanotubos de carbono y sus aplicaciones en la electrónica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Electrónica. Santiago de Chile (<http://goo.gl/26ZArD>)

<sup>9</sup> Alcca F. (2005) Estructura y síntesis de nanotubo de carbono, capítulo 5 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, E.A.P. de Física. Lima - Perú. (<http://goo.gl/qC1QY4>)

<b>Electrónicas</b>	Metálico	Conductor o semiconductor	Semiconductor
<b>Químicas</b>	<p>Cada átomo de la red que forma el nanotubo tiene enlaces con sus 3 vecinos, dos enlaces simples y un enlace doble.</p> <p>Este enlace doble se encuentra en resonancia química, es decir que sus electrones no están localizados.</p> <p>Permite almacenamiento de otros materiales.</p>		
<b>Térmicas</b>	<p>Alta conductividad térmica en el eje del nanotubo.</p> <p>Transmisión de calor de 6000 W/m-°K</p> <p>Estables térmicamente hasta 2800°C en vacío, 750 °C en el aire.</p>		



***Plantilla de hexágonos para actividad 2: nanotubos.***



### Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros

Preparación de ambiente para la actividad: El profesor debe generar en sus estudiantes una actitud de seriedad para que la actividad resulte en óptimas condiciones y los alumnos no se desordenen, perdiendo el objetivo de la clase. Se recomienda crear alguna señal, para comunicarles a los alumnos cuando deban detenerse, o se quiera dar alguna explicación, para que en el momento que sea necesario los alumnos guarden silencio y pongan atención. Por comodidad y seguridad de los alumnos se debe desocupar la sala lo más posible, para generar suficientes espacio para la actividad (3 min).

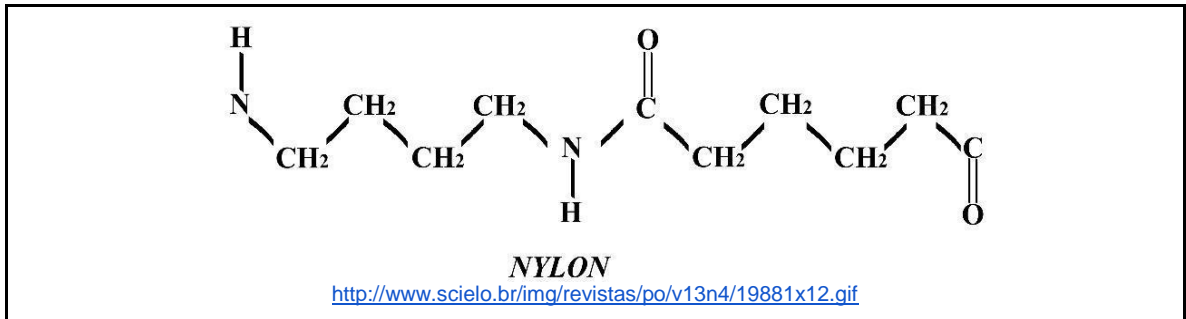
Esta es una actividad sencilla para visualizar la idea de monómero, polímero y polímero nanoestructurado, que los polímeros están formados por la unión de monómeros, y cómo se relacionan con las nanopartículas (12 min). De suma importancia se vuelve que el profesor incentive la discusión durante la actividad, pero moderando que se de en los parámetros de los contenidos que se estudian. Para mayor información acerca de la funcionalización <http://goo.gl/RUIA1j> [15 minutos].

Para esta actividad, el principal material es nuestro cuerpo, nuestros compañeros de clase y un sector amplio y despejado. Por esto necesitamos acondicionar el aula de tal forma que haya espacio suficiente para que tú y todos tus compañeros de clase presentes puedan desplazarse por ella. Los participantes se dividirán de la siguiente forma:

- 16 alumnos representarán moléculas de N, H, C, O y CH<sub>2</sub>, los cuales formarán el nylon.
- Los alumnos restantes simbolizarán átomos de carbono.
- El profesor representará al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).

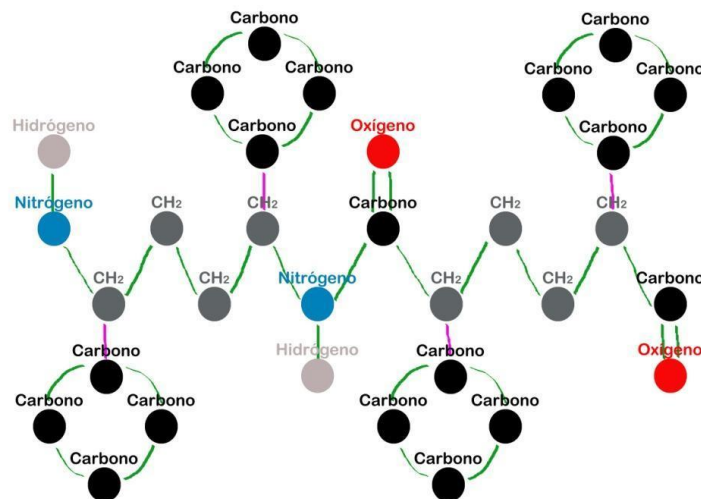
En esta actividad representaremos una técnica para fabricar compuestos de nylon con nanotubos de carbono. Este método implica un pretratamiento de nanotubos de carbono sintetizados y un proceso para mezclar nanotubos con la matriz de nylon. A continuación se exponen los pasos a seguir:

- Se pide a los representantes de las moléculas de N, H, C, O y CH<sub>2</sub> identificarse con “post it” de colores y desplazarse libremente por el salón. Cuando el profesor lo indique, deberán tomarse de las manos, formando polímeros de nylon como se ilustra en la siguiente imagen:



- A la vez, los representantes de los átomos de carbono se unirán en círculos de 3 o 4 personas, representando la base de un nanotubo de carbono y se dispersarán por el salón.
- Para poder unir a los nanotubos de carbono con los polímeros, deberemos “dañar” o modificar a los nanotubos. Para ello, tu profesor representará al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), el cual romperá y debilitará ciertos enlaces. De esta forma los polímeros podrán “engancharse” de los nanotubos en las zonas dañadas. Este proceso es conocido como “funcionalización covalente”. Para representarlo, dos estudiantes de los círculos de carbono se soltarán de las manos para que los polímeros puedan engancharse en el lugar de los enlaces rotos o debilitados

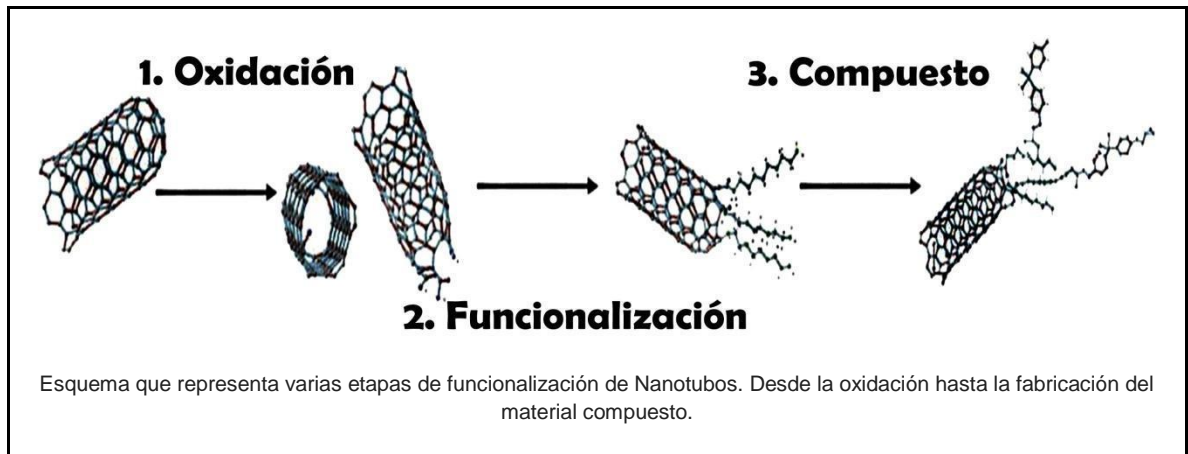
*En la siguiente ilustración el profesor puede observar la estructura a la que deben llegar los estudiantes:*



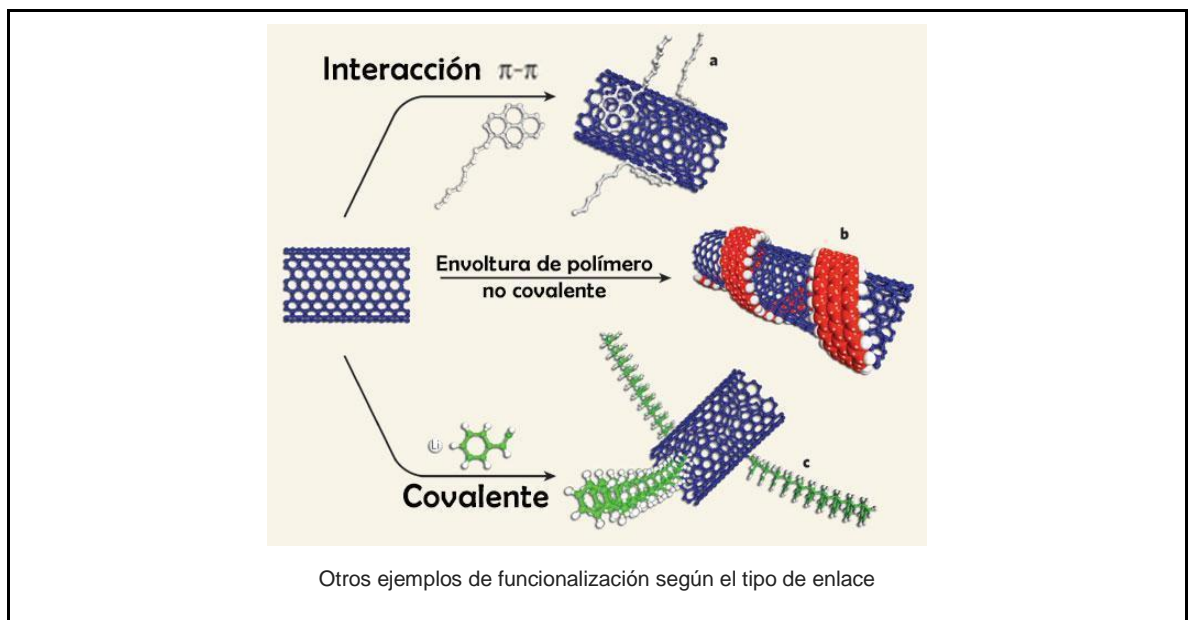
(Figura ilustrativa para el docente)

- Finalmente, una vez funcionalizados el nylon y los nanotubos de carbono, intenten caminar por el salón como grupo (sin soltarse de las manos).

A continuación, encontrarás otros tipos de funcionalización:



Como vimos en Física, las nanopartículas son partículas del orden de los nanómetros, es decir, que pertenecen al nanomundo. Por tanto, los nanopolímeros son materiales que, en la mayoría de los casos, se caracterizan por la dispersión homogénea de partículas de dimensiones nanométricas (menores de 100 nm) dentro de una matriz polimérica. Entre la formación de nanopolímeros podemos encontrar tres tipos: Las interacciones  $\pi$ - $\pi$ , que son causadas por el traslape intermolecular de los orbitales p en los sistemas conjugados  $\pi$ , la envoltura de un polímero no covalente por un nanotubo y las interacciones de enlace covalente, que es cuando átomos se unen, para alcanzar el octeto estable, compartiendo electrones del último nivel. (Para mayor información ingresar a <http://goo.gl/FG4XFj>).



Ahora junto con tus compañeros deben responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las características que cambiarían al añadirle al nylon nanotubos de carbono? Recuerda las revisadas en la tabla de la actividad anterior.

*Respuesta: Presenta una alta resistencia mecánica, más flexibilidad a deformaciones y alta conductividad térmica.*

2. ¿Cuál es la función del ácido nítrico?

*Respuesta: Dañar o crear imperfecciones en el nanotubo, lo que provoca que se rompan los enlaces de carbono y así pueda funcionalizarse con polímeros.*

3. Los alumnos que caracterizaron polímeros, ¿qué diferencia en cuanto a movilidad pueden registrar una vez funcionalizados con los nanotubos?, ¿qué representaría esto en cuanto a las propiedades del nylon funcionalizado?

*Respuesta: Existe mayor dificultad al movimiento, por lo que podemos suponer que el nylon una vez funcionalizado es más resistente.*

[Tiempo total: 40 min]

## Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros

### Objetivos

Estudiar el funcionamiento del microscopio de efecto túnel

Identificar la utilidad de los polímeros nanoestructurados en la sociedad.

### **Actividad 1: Caracterización, ¿cómo vemos las nanopartículas?**

*Esta actividad está orientada a explicar el funcionamiento del microscopio electrónico con ejemplos y materiales simples. Para esto se hace a los estudiantes avanzar desde la idea de que es posible “observar” o percibir un objeto prescindiendo de la visión. En un primer ejemplo se hace alusión al tacto, luego a la sensación térmica y posteriormente a la estática, para finalizar con la explicación por parte del docente, del funcionamiento de un microscopio de efecto túnel [10 min].*

1. En grupos de 5 a 6 personas, todos frente a una mesa, sigan las siguientes indicaciones:
  - Deben vendarse los ojos. El profesor pondrá objetos en su mesa, los cuales deberán identificar sólo con tocarlos.
  - Comenten los objetos que tocaron y lo que “leyeron” con sus manos junto con sus otros compañeros.

Los seres humanos podemos recibir información de diversas maneras, no sólo con la vista; utilizando los otros sentidos podemos describir e identificar objetos. El Braille es una forma de lectura y escritura táctil, utilizado por las personas no videntes, que consiste en relieves con forma de puntos sobre la superficie de lectura. Podemos ver ejemplos de este tipo de escritura en el transporte público.

		
<p>Imagen 1 – Escritura en Braille</p> <p><a href="http://www.viu.es/estrategias-y-didactica-para-la-ensenanza-del-sistema-braille/">http://www.viu.es/estrategias-y-didactica-para-la-ensenanza-del-sistema-braille/</a></p>	<p>Imagen 2 – Braille en el metro</p> <p><a href="http://chicureo.com/cronica/noticias_principales/2006/12_3.shtml">http://chicureo.com/cronica/noticias_principales/2006/12_3.shtml</a></p>	<p>Imagen 3 – Braille en los buses urbanos</p> <p><a href="http://iphone.latercera.com/noticia/santiago/2010/11/1731-306868-9-implementaran-sistema-braille-en-buses-del-transantiago-para-usuarios-no.shtml">http://iphone.latercera.com/noticia/santiago/2010/11/1731-306868-9-implementaran-sistema-braille-en-buses-del-transantiago-para-usuarios-no.shtml</a></p>

2. Analicen la siguiente situación:

- Cuando se acercan a calentar las manos en la estufa, ¿la tocan o sólo acercan sus manos? ¿Pueden entonces reconocer la existencia de la estufa sin tocarla o verla?

Resp: *Si, porque se siente el calor.*

Como vieron en termodinámica, existe una transferencia de energía que se denomina calor, en este caso esta transferencia por radiación es la que te permite conocer que la fuente de calor en verdad existe.

3. Frota con una de tus manos un chaleco de lana, y posteriormente acerca la otra mano a la zona en cuestión.

- ¿Qué sientes?, ¿puedes percibir el chaleco antes de tocarlo?

Resp: *Si, porque se siente la “estática” (o un “chispazo” o pequeña descarga eléctrica).*

Como ya vieron en electricidad, frotar dos cuerpos genera electricidad estática, el chaleco queda cargado eléctricamente y libera los electrones cuando acercas tu mano.

Existen distintos métodos de caracterización para nanoestructuras. El Microscopio de Efecto Túnel (STM por sus siglas en inglés, Scanning Tunneling Microscope) es aquel que utiliza transferencia de electrones en lugar de luz visible, para formar imágenes de objetos nanométricos de acuerdo a los diferentes tipos de muestras (ver Imagen 4). Básicamente funciona acercando una punta conectada a una tensión de control mediante un piezotubo, la cual al acercarse a la superficie nanométrica a estudiar (conectada a un voltaje de tunelamiento) registra un flujo de electrones o corriente (como el visto en los videos que hablaban acerca del efecto túnel). Mediante una fórmula matemática se obtiene un perfil donde la corriente se mantiene constante, formando un mapeo del relieve de la muestra.

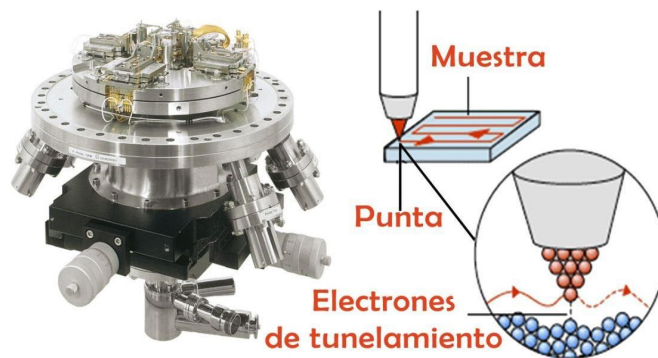


Imagen 4 – Microscopio electrónico de efecto túnel

<http://www.directindustry.com/prod/scientia-omicron/product-20757-47975.html>

## Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros?

*Esta actividad es para que los estudiantes tengan un acercamiento al trabajo en Nanociencia y Nanotecnología en Chile mediante un ejemplo real, y además analice acerca de este en base a preguntas [15 min].*

Como pudiste observar en la actividad 2 y 3 de la primera guía, al unir polímeros y nanotubos de carbono se consiguen ciertas propiedades que por separado no son posibles. Haz un listado con las que pudiste identificar:

*Presentan una alta resistencia mecánica*

*Son flexibles*

*Permite almacenamiento de otros materiales.*

*Alta conductividad térmica y estables térmicamente*

En Chile, la doctora María José Galotto del Centro para el Desarrollo de Nanociencia y Nanotecnología (CEDENNA), de la Universidad de Santiago de Chile, tiene varios trabajos relacionados con el desarrollo de materiales antibacterianos basados en películas nanocompuestas de distintos materiales para envasado de alimentos. A continuación encontrarás un reportaje ficticio basado en su trabajo: “*Desarrollo de envases plásticos con capacidad antimicrobiana para el envasado de salmón fresco*”, para que luego respondas las preguntas posteriores. (Las imágenes 2 y 3 del texto, son del mismo artículo de la doctora Galotto).



*¿Potencia agroalimentaria a nivel mundial?*

El Gobierno de Chile se ha propuesto como objetivo ser uno de los países más importantes en la exportación de alimentos, una difícil misión que ya tiene trabajando a expertos en las áreas correspondientes.



Figura 1. Zonas de cultivo.

Agrónomos investigan sobre formas para potenciar las zonas de cultivo (Figura 1), para obtener los productos que nos ofrece nuestro país.

*“La mayor dificultad que se presenta para cumplir este objetivo es el transporte de los alimentos a los países lejanos, ya que estos, al ser alimentos frescos o perecederos, pierden su calidad al pasar tanto tiempo almacenados”* dice Miguel Kiwi coordinador en la facultad de Ciencias en la Universidad de Chile. Es por esto que investigadores de la Universidad de Santiago de Chile unieron sus fuerzas para trabajar en el desarrollo

de envases activos para alimentos. Estos utilizan nanotecnología con la intención de mantener la vida útil de los productos alimentarios por más tiempo, para no perder la calidad que estos poseen.

El investigador Abel Guarda nos explica *“El desarrollo microbiano es la causa principal del deterioro de los alimentos”*; es por eso que junto a la doctora María José Galotto trabajan en un principio que permita al envase interactuar con el alimento. Ella dice *“los envases activos están diseñados para incorporar componentes que liberan o absorben sustancias hacia o desde el alimento envasado”*. Además, es importante considerar el control de velocidad de liberación del agente activo antimicrobiano, para asegurar su máxima eficacia. Para esto, se incorporan en el

envases sólidos inorgánicos de estructura laminar nanométrica como las arcillas (cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados) o silicatos.

Las arcillas pueden ser modificadas químicamente en un medio acuoso con otras especies cargadas. La modificación estructural de arcillas con este tipo de aditivos da lugar a la generación de organoarcillas (o nanoarcillas, un nanomaterial compuesto por un mineral de arcilla con espesores de capa de un nanómetro y varias micras de largo), y se han descrito tres posibles formas de interacción entre las arcillas y las matrices poliméricas, las cuales dan origen a distintas estructuras de nanocompositos (ver figura 2)

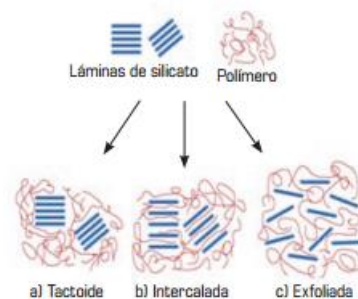


Figura 2. Funcionalización de arcillas con polímeros.

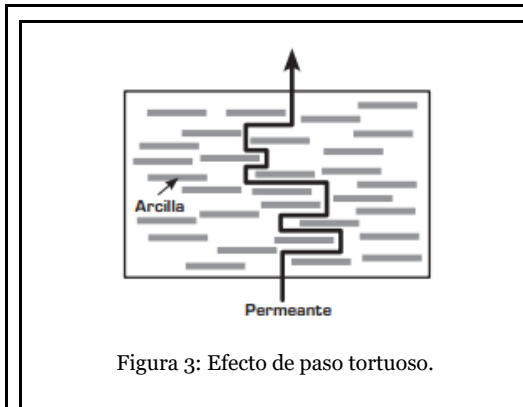


Figura 3: Efecto de paso tortuoso.

La primera combinación no tiene muchos cambios en las propiedades de la arcilla, en cambio los nanocompositos exfoliados (c) han reportado significativas mejoras en las propiedades de barrera, debido a la mejor dispersión de las láminas de arcilla en el polímero, lo cual incrementa el efecto de paso tortuoso (ver figura 3) al aumentar la dificultad de la difusión de los gases a través de las estructuras polimérica.

Por su parte, la incorporación de nanoarcillas puede resultar en la liberación controlada de sustancias que pueden ser utilizadas en las tecnologías de envasado activo, mejorando estos envases plásticos activos, con agentes antimicrobianos que contengan y protejan los alimentos, y a la vez permitan aumentar su vida útil y su inocuidad, sin agregar productos químicos al alimento.

Responde las siguientes preguntas:

1. ¿Para qué trabajar con Nanotecnología en envasado de alimentos?

Resp: *Para el transporte de los alimentos frescos a los países lejanos, ya que estos pierden su calidad al pasar tanto tiempo en el viaje.*

2. ¿Qué Nanomateriales puedes identificar en el texto? ¿Cuál es su función?

Resp: *Estructuras laminares de espesor nanométrico de arcillas y silicatos que tienen la función de disminuir el desarrollo microbiano en los alimentos y nanopolímeros cuya función es controlar la velocidad con la que se liberan estos agentes antimicrobianos.*


3. ¿Cuáles son las propiedades que se potencian con la aplicación de estas nanoestructuras?


Resp: *Evitan el desarrollo microbiano que deteriora la calidad de los alimentos exportados.*

### Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas

*Esta actividad tiene como objetivo que el estudiante sea capaz de identificar, de la información entregada, las características relacionadas con Nanociencia y Nanotecnología de cada uno de los productos. Además, debe, al final del reconocimiento, proponer una aplicación basada en los conocimientos ya obtenidos [15 min].*

Observa las siguientes imágenes de publicidad e identifica las partículas nanométricas que tiene el producto en cuestión. Además escribe cómo crees tú que está aplicada la nanotecnología a esos productos, es decir, cómo estas nanopartículas ayudan a mejorar el material.

	<p><b>Ondulador para el cabello Gamma</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Las nanopartículas de iones de plata anti bacterianas que se colocan en las paletas, son un potente bactericida y fungicida que impiden la formación de elementos perjudiciales para el cabello y ayudan a recuperar la belleza y brillo natural.</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><i>Partículas de iones de plata</i></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><i>Bactericida y fungicida que impiden la formación de elementos perjudiciales para el cabello.</i></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p> <p><i>Las partículas de iones de plata se colocan en las paletas de la plancha (en la cerámica).</i></p>
---	--

 <p><a href="http://www.spillcontainment.com/media/1991/ultra-ever-dry-ecatalog-spanish.pdf">http://www.spillcontainment.com/media/1991/ultra-ever-dry-ecatalog-spanish.pdf</a></p>	<p><b>Productos de protección para superficies</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Los productos que utilizamos actúan como repelente al agua, aceites, grasas y otras sustancias (como el efecto impermeable de la flor de loto) ofreciendo protección ante cualquier tipo de suciedad. Esto es posible gracias a los nanopolímeros (vinilos), partículas pequeñas que componen estos agentes limpiadores, los cuales se rocían en la superficie, dejando un recubrimiento hidrofóbico.</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><i>Nanopolímeros de vinilo repelentes al agua</i></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><i>Repelen el agua, aceites, grasas y otras sustancias.</i></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p> <p><i>Se rocía el producto sobre la superficie, logrando un recubrimiento hidrofóbico.</i></p>
--	---

 <p><a href="http://www.sesderma.es/eu_es/nanotecnologia/">http://www.sesderma.es/eu_es/nanotecnologia/</a></p>	<p><b>Productos cosméticos para el cuidado de la piel</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Empleamos liposomas de calidad farmacéutica, con un tamaño de partícula pequeño y homogéneo (100 nm, dependiendo del principio activo y de la mezcla lipídica), y unilamelares, es decir, con una única bicapa, dentro de estos incorporamos otros componentes como vitaminas, esto permite a nuestros productos tener un mayor nivel de penetración asegurando un 90-100% de absorción del producto por la piel.</p>
--	---

	<p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><i>Liposomas</i></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><i>Asegura un 90-100% de absorción del producto por la piel.</i></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p> <p><i>Estos nanoliposomas son utilizados como vehículos para incorporar las vitaminas e ingredientes necesarios para el cuidado de la piel.</i></p>
--	---

 <p>Convencional Samsung</p> <p><a href="http://www.samsung.com/latin/consumer/home-appliances/refrigerators/side-by-side/RS20NRSV5/XAP/">http://www.samsung.com/latin/consumer/home-appliances/refrigerators/side-by-side/RS20NRSV5/XAP/</a></p>	<p><b>Refrigerador con tecnología silver nano Samsung:</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Con el recubrimiento antibacteriano Silver Nano de Samsung, las paredes interiores cubiertas de plata de un refrigerador destruyen el 99,9% de las bacterias, evitando que se multipliquen y permitiendo de este modo el almacenamiento higiénico y fresco de los alimentos</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><i>Partículas de plata.</i></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><i>Destruyen el 99,9% de las bacterias</i></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p> <p><i>Se recubren las paredes interiores del refrigerador.</i></p>
---	--

¡Ahora probemos tu creatividad! imagina una aplicación de Nanotecnología en un producto a tu elección, y describe las propiedades que este tendrá gracias a esta aplicación.

Si el docente lo estima conveniente, estas actividades pueden ser evaluadas. A continuación se presenta una rúbrica sugerida para realizar la evaluación.

<b>Crterios</b>	<b>Logrado (2 pts)</b>	<b>Medianamente logrado (1 pt)</b>	<b>No logrado (0 pts)</b>
<b>Identifica las partículas nanométricas utilizadas en el producto.</b>	Menciona cuáles son las nanopartículas en los cuatro casos de manera correcta.	Sólo identifica algunas de las nanopartículas de forma correcta.	No identifica ninguna nanopartícula.
<b>Identifica las propiedades potenciadas.</b>	Identifica las propiedades potenciadas en todos los productos de forma correcta	Sólo identifica algunas propiedades de forma correcta	No identifica las propiedades de los productos.
<b>Explica la aplicación de nanotecnología en los productos presentados</b>	Explica cómo se aplican las nanopartículas en todos los casos de forma correcta.	Explica cómo se aplican las nanopartículas en algunos de los casos.	No logra explicar cómo se aplican las nanopartículas.
<b>Propone una aplicación nanotecnológica en un producto a su elección.</b>	Menciona nanoestructuras vistas en clases y cómo pueden ser utilizadas en el producto.	Menciona que pueden ser utilizadas nanoestructuras en el producto, pero sin identificar ninguna.	No menciona nanoestructuras para la fabricación del producto.

[Tiempo Total: 40 min]

### Guía 3: Actividad de cierre

*Estas preguntas son para cerrar la clase, resumiendo los conceptos importantes que los alumnos deben recordar, se recomienda que las preguntas sean dirigidas a estudiantes de manera individual, y si estos no la saben responder pedirle a otro estudiante que la conteste. Evitar responder usted las preguntas, pero complementar o corregir, de ser necesario, las respuestas que estos den.*

Responde junto con tus compañeros de clases las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es Nanociencia?
2. ¿Qué es Nanotecnología?

*Es importante en esta sección diferenciar Nanociencia de Nanotecnología, ya que en la asignatura de Física no se profundiza en esta diferencia.*

*Resp: Nanociencia es la ciencia que se ocupa del estudio de los materiales y fenómenos a magnitud nanométrica, es decir que tenga una de sus dimensiones entre 1 y 100 nanómetros. Nanotecnología es la aplicación tecnológica de la nanociencia.*

3. ¿Qué son los nanopolímeros?

*Resp: Una combinación de nanoestructuras (por ejemplo nanotubos de carbono) y polímeros*

4. ¿Qué propiedades químicas tienen los nanopolímeros?

*Resp: Presentan una alta resistencia mecánica, son flexibles, permiten almacenamiento de otros materiales, alta conductividad térmica y estables térmicamente, además de otras propiedades como las antimicrobianas, repeler ciertas sustancias, etc.*

5. ¿Qué instrumento se utiliza para observar estas partículas?

*Resp: Microscopio de efecto túnel entre otros.*

6. ¿Qué aplicaciones podemos encontrar en empaque de alimentos?

*Resp: Al aplicar estructuras laminares de espesor nanométrico de arcillas y silicatos que tienen la función de disminuir el desarrollo microbiano en los alimentos y nanopolímeros, es posible controlar la velocidad con la que se liberan estos agentes antimicrobianos.*

7. ¿Qué otras aplicaciones se encuentran para nanociencia y nanotecnología?

*Resp: Aplicaciones en cosméticos, para que ingrese más porcentaje del producto en la piel, en limpiadores que repelen cualquier líquido en los muebles, nanopartículas de plata en algunos productos como refrigeradores u onduladores de cabello que son antibacterianas.*

8. ¿Qué beneficios aportan estas aplicaciones para la sociedad?

*Resp: Estas aplicaciones mejoran la calidad de algunos productos volviéndolos más seguros o más eficientes.*

**[Tiempo total: 5 min]**

# Propuesta de Biología

## Aspectos de la Propuesta

Se presentan a continuación los resultados de aprendizaje, lo que esperamos que los alumnos consigan aprender, sobre Nanociencia y Nanotecnología, en las actividades propuestas para Biología, además de los conceptos previos necesarios y los contenidos que se abordarán.

## Resultado de Aprendizaje (RA)

RA 3: Analiza los riesgos y beneficios de la Nanociencia y Nanotecnología en la sociedad debatiendo su uso en medicina para enfermedades autoinmunes.

## Conocimientos previos:

- Sistema inmune (vistos en la unidad, antes de la implementación de la propuesta)
- Funcionalización de nanotubos de carbono (visto en la implementación de la propuesta, en Química)

## Contenidos:

---

1° Clase:	2° Clase:
Beneficios y riesgos de NyN	Aplicaciones médicas

---



## **Aspectos Curriculares**

A continuación, se presentan los aprendizajes esperados en la unidad de Biología, propuestos por los programas de estudio del currículum, también las habilidades de pensamiento científico y los indicadores de evaluación.

### **Aprendizajes Esperados (AE):**

AE 08: Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes.

Habilidades de Pensamiento científico (HPC):

HPC 01: Análisis y argumentación de controversias científicas contemporáneas relacionadas con conocimientos del nivel.

HPC 04: Formulación de explicaciones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.

HPC 05: Evaluación de las implicancias sociales, económicas, éticas y ambientales en controversias públicas que involucran ciencia y tecnología.

### **Indicadores de evaluación sugeridos (para cada AE):**

Justifican el uso de vacunas en la población.

Argumentan las implicancias sociales, económicas y éticas en controversias públicas en relación con el uso de vacunas.

Discriminan el aporte del conocimiento científico para el desarrollo de la inmunosupresión como tratamiento al rechazo de trasplantes y enfermedades autoinmunes.

Argumentan los usos, beneficios, riesgos y costos de la inmunosupresión como tratamiento al rechazo de trasplantes.

# Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana

## Objetivos

Investigar acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

*Esta actividad debe presentarse cuando comience la unidad 3 de Biología y el docente de la asignatura de Física ya haya terminado la clase de Nanociencia y Nanotecnología. De esta manera los estudiantes ya estarán más familiarizados con los términos, y como se trata de una investigación que los alumnos deben realizar en grupos y en sus casas no quitará más de 5 minutos en una clase para enviar esta tarea [5 minutos].*

## ¿Qué información podemos encontrar?

Haz una investigación en grupos de tres a cuatro personas, acerca de los temas a continuación.

**Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH).**

**Nanotecnología en el tratamiento de cáncer.**

**Tratamientos de trasplantes con Nanotecnología.**

Posteriormente realiza un informe de lo que encuentres, en el cual debes considerar la siguiente estructura:

- Portada (1 página)
- Índice (1 página)
- Introducción y objetivo de la investigación (1 página)
- Desarrollo (2-3 páginas)
- Conclusión (media página)
- Bibliografía o fuente de la información (1 página)

Para mayor información: <https://goo.gl/oRCCZZ>

Este informe deberá ser entregado en la fecha a acordar con tu profesor:

/ /
-----

Dentro de los aspectos básicos que debes responder dentro del desarrollo de tu informe:

- ¿Cuáles son las nanopartículas que se involucran en cada tratamiento y cómo participan en el proceso?
- ¿Cuáles son los beneficios en la aplicación de esta tecnología?
- ¿Qué tanto se sabe acerca de los riesgos?
- ¿Qué sector es el que más invierte en Nanociencia y Nanotecnología? (sector público o sector privado). ¿Es conveniente la investigación económicamente?

Puedes encontrar la información necesaria para realizar la investigación en los siguientes links:

### **Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del virus Inmunodeficiencia humana (VIH)**

- Revista digital Tecnoexplora: Investigan nuevas estrategias contra el VIH empleando nanotecnología: <http://goo.gl/Xspc04>
- Artículo de revisión: Perspectivas de curación: DermaVir, una vacuna de ADN con efecto terapéutico contra el VIH/sida y desarrollada racionalmente: <http://goo.gl/18bcCV>
- Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel: <http://goo.gl/euQwuR>
- Working Paper: Vacunas virales (Viral vaccines): <http://goo.gl/TLMqKV>

### **Nanotecnología en el tratamiento de cáncer**

- Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología: Nanotecnología y nanomedicina: un nuevo horizonte para el diagnóstico y tratamiento médico: <http://goo.gl/GErZcq> Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Instituto de Magnetismo Aplicado. Nanotecnología y nanopartículas magnéticas: la física actual en lucha contra la enfermedad: <http://goo.gl/yB2x8Q>
- Instituto nacional del cáncer: Uso de nanopartículas dirigidas se pone a prueba en pacientes con cáncer: <http://goo.gl/pckdMB>

### **Tratamientos de trasplantes con Nanotecnología**

- Riesgos para la seguridad y salud por la exposición a nanopartículas (efectos para la salud) y toxicología (página 34): <http://goo.gl/oV7kmF>
- ABC salud: Fabrican nanoimplantes de titanio que evitan el riesgo de infección ósea: <http://goo.gl/gakFmB>

- Asociación mexicana de Parkinson A.C. Implantes de Titania para el tratamiento en la enfermedad de Parkinson: <http://goo.gl/rommfq>

### ¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica

- Grupo ETC: <https://goo.gl/bhGtEv>

Si bien la información necesaria para tu informe la puedes obtener de los links anteriores, también puedes recurrir a otras fuentes de información para complementar tu trabajo. Como bien ya debes saber, gracias a internet disponemos de mucha información acerca de varios temas. Discernir sobre qué información es válida y cuál no es tarea del lector, lo cual puede basarse en los siguientes criterios:

¿Quién? Autoridad / Credibilidad	¿Cuándo?: Actualidad
¿Qué?: Contenido, exactitud	¿Cómo?: Objetividad
¿Dónde?: Alcance	¿Por qué?: Relevancia

Para más información: <http://goo.gl/DJ4y4u>

**[Tiempo total: 5 min]**

## Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología

### Objetivos

Debatir acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

*La recepción del informe de la guía previa se hará en el momento de aplicar la guía n°2 de Biología. La revisión debe contar con a lo más 15 minutos, en los cuáles el profesor hará que los estudiantes comenten la información encontrada. Una vez realizado esto, se da inicio a la actividad a continuación [15 min].*

*Esta actividad está pensada para ser actividad de cierre. La preparación del debate debe realizarse con la información recolectada mediante la investigación y con la estructura presentada a continuación, por esto es que esta actividad debe realizarse el día de la entrega del informe, aunque de toda formas, se sugiere que el docente avise de esta actividad por lo menos una semana antes de llevarse a cabo para dejar tiempo a los alumnos de preparación [30 min].*

Para esta actividad prepararás un debate con tus compañeros de curso acerca del sistema inmune, pero además relacionado con Nanociencia y Nanotecnología, tema que estudiaron previamente en Física y Química.

#### **Tema de discusión:**

**Beneficios y riesgos del uso de nanotecnología para el tratamiento de enfermedades.**

El debate debe estructurarse de la siguiente manera:

#### **Participantes:**

**Moderador (profesor):** Es quien da la palabra a los exponentes para que presenten los argumentos que han preparado previamente.

**Jurados:** Evalúan las participaciones.

**Grupos expertos (debatientes):** Cada uno de los grupos adquiere una postura, la cual deben defender bajo argumentos de distintos tipos. Para este debate los grupos debatientes serán los siguientes:

A favor del uso de Nanotecnología: Grupos farmacéuticos y médicos *[Los argumentos de este grupo pueden basarse en beneficios médicos y de tratamientos investigados para el informe]*

En contra del uso de Nanotecnología: Gobierno *[Los argumentos de este grupo pueden basarse en los riesgos que asume la Nanociencia y Nanotecnología, además del factor*

*económico (costos de la investigación para el sector público) investigados para el informe]*

### **¿Cómo preparar un debate?**

El debate debe ser organizado de la siguiente manera:

**Introducción:** el moderador o un experto invitado presenta el tema de manera general para informar al público.

**Argumentación:** cada exponente previamente designado por el grupo presenta los argumentos que defienden su postura. Incluye al menos un contraargumento posible y lo rebate fundamentadamente

**Discusión y preguntas:** el moderador da la palabra para preguntas del público. Cada exponente debe responder a las preguntas en dos minutos, utilizando argumentos que contribuyan a defender su postura.

**Veredicto:** el jurado evalúa los argumentos de cada parte y da el veredicto final.

Más información: <http://goo.gl/F9CbtT>

Para la argumentación, debes considerar los siguientes tipos de argumentos y falacias argumentativas.

#### **Tipos de argumentos:**

**Basados en datos y hechos:** En ambos casos la información es irrefutable, pues descansa en hechos demostrables o en datos estadísticos.

**Basados en relaciones causales:** Parte de la información funciona como causa, y otra como efecto de la anterior.

**Basados en definiciones:** Se apoya una tesis utilizando una definición.

**Basados en comparaciones:** Mediante la comparación se organiza la información en semejanzas y diferencias y a partir de esa comparación, se apoya la tesis.

**Basados en la autoridad:** Se utiliza el nombre de una autoridad o de una institución de prestigio para apoyar una tesis.

**Basados en valores:** Se alude a los valores afectivos para defender una tesis.

**Basados en generalizaciones:** Este tipo de argumentación nos permite llegar a una conclusión general a partir de una serie de situaciones similares y específicas.

## Falacias argumentativas

En determinadas situaciones argumentativas algún interlocutor hace uso de argumentos cuya validez es dudosa o, abiertamente, se trata de argumentos inválidos por algún problema o error en su construcción que los hace falsos. Estos errores argumentativos se denominan *falacias*.

Premisa falsa: consiste en basarse sobre hechos que son falsos a la hora de argumentar.

Premisas contradictorias: en este caso, el argumento no defiende a la tesis; más aún, el argumento se contradice con la tesis.

Generalización apresurada: consiste en levantar una generalización basándose en unos pocos hechos puntuales, específicos.

Petición de principios: se reconoce cuando descubrimos que se da por demostrado lo que se debe demostrar. El argumento repite lo que señala la tesis que se debe defender.

Falsa analogía: la reconocemos cuando se comparan dos elementos o realidades que no son susceptibles de ser comparados.

Causa falsa: la reconocemos cuando se vinculan por medio de una relación causa – efecto a dos hechos que en realidad no son vinculables.

Populismo (ad populum): consiste en apelar fundamentalmente a los sentimientos de una multitud y no apelar a argumentos de índole lógico.

Ataque personal (ad hominem): se reconoce cuando no rebatimos los argumentos del oponente, sino que nos preocupamos de descalificar a quien sostiene los argumentos.

Práctica común: corresponde a defender un proceder porque es algo que ocurre de manera habitual de esa forma.

Polarización: se identifica esta falacia cuando extremamos los argumentos. Si no es una cosa, debe ser, entonces, todo lo opuesto o todo lo contrario. No reconoce términos medios.

Más información: <http://goo.gl/pCVdjA>

Como el debate será preparado en la clase misma, es importante que el profesor participe activamente de la formación de los grupos y como guía en caso de ser necesario. La duración del debate en sí, no debe exceder los 35 minutos **[35 min]**.

Una vez finalizado el debate, el profesor de biología debe realizar un cierre tanto del debate, como de la unidad. Para esto debe guiarse por las siguientes ideas (que deben mencionarse en el debate).

1. ¿Qué distingue a la Nanociencia y la Nanotecnología de otros tipos de ciencias y tecnologías?

*Respuesta:* La Nanociencia es el estudio de sistemas que se encuentran a una escala de entre 10 y 100 nanómetros ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ), por tanto estamos hablando de un mundo diferente, el Nanomundo, en el cual las propiedades se comportan de otra manera. La Nanotecnología es la aplicación de esta ciencia. La diferencia básica de esta ciencia y esta tecnología con las otras, se basa en la escala en la cual se estudia y trabaja.

2. ¿Qué efectos tienen la Nanociencia y la Nanotecnología en el desarrollo de la sociedad?

*Respuesta:* La Nanociencia y Nanotecnología pueden contribuir al desarrollo de varias áreas (medicina, ingeniería, entre otros) y además proporcionan beneficios tales como potenciar la medicina, creación de materiales nuevos y mejores, etc. (mencionar beneficios vistos en el debate). Pero, a la vez, también pueden representar riesgos, tales como toxicidad, desconocimiento de efectos secundarios, entre otros (mencionar riesgos vistos en el debate). El impacto positivo o negativo de la Nanociencia y la Nanotecnología en la sociedad depende de qué tanto se conozcan los peligros y beneficios de la aplicación de estos, para tomar decisiones conscientes como sociedad.

Tanto el informe como el debate pueden ser evaluados si el docente lo estima conveniente. A continuación, se muestran las rúbricas para la evaluación.



Rúbrica Investigación:

<b>Crterios</b>	<b>Logrado (2 pts)</b>	<b>Medianamente logrado (1 pt)</b>	<b>No logrado (0 pts)</b>
<b>Cumple con la estructura propuesta para el informe.</b>	Tiene todas las secciones definidas: Índice Introducción y objetivo de la investigación Desarrollo Conclusión Biografía o fuente de la información	Faltan una o dos secciones del formato de informe.	Faltan tres o más secciones del formato de informe, y/o falta el desarrollo.
<b>Cumple con la extensión propuesta para el informe.</b>	El informe cuenta con 7-8 páginas.	El informe cuenta con 4 - 6 páginas, o 9-10.	El informe cuenta con 3 o menos páginas; o con 11 o más.
<b>La investigación responde a: ¿Cuáles son las nanopartículas que se involucran en cada tratamiento y cómo participan en el proceso?</b>	Identifica las nanopartículas y cómo intervienen en el tratamiento médico investigado.	Identifica sólo las nanopartículas o sólo cómo intervienen en el tratamiento médico investigado	No logra identificar las nanopartículas ni cómo intervienen en el tratamiento médico investigado
<b>La investigación responde a: ¿Cuáles son los beneficios en la aplicación de esta tecnología?</b>	Reconoce beneficios para todos los tratamientos investigados.	Reconoce beneficios para uno o dos de los tratamientos investigados.	No reconoce beneficios para ninguno de los tratamientos investigados.
<b>La investigación responde a: ¿Qué tanto se sabe acerca de los riesgos?</b>	Determina riesgos para todos los tratamientos investigados.	Determina riesgos para uno o dos de los tratamientos investigados.	No determina riesgos para ninguno de los tratamientos investigados.

Rúbrica debate:

<b>Criterios</b>	<b>Logrado (2 pts)</b>	<b>Medianamente logrado (1 pt)</b>	<b>No logrado (0 pts)</b>
<b>Participan todos los integrantes del grupo.</b>	Todos los integrantes elaboran por lo menos un argumento.	Sólo algunos integrantes elaboran por lo menos un argumento.	Sólo uno o dos integrantes elaboran por lo menos un argumento.
<b>Elaboran argumentos válidos</b>	No mencionan falacias argumentativas.	Mencionan una o dos falacias argumentativas.	Mencionan más de tres falacias argumentativas.
<b>Argumentan en torno a Nanociencia y Nanotecnología</b>	Todos los argumentos emitidos son en relación a Nanociencia y Nanotecnología.	Sólo algunos de los argumentos emitidos son en relación a Nanociencia y Nanotecnología.	Ninguno de los argumentos emitidos son en relación a Nanociencia y Nanotecnología.
<b>El grupo respeta las reglas de organización (tiempo, espacios para argumentar, respeto, etc.)</b>	No cometen ninguna falta durante el desarrollo del debate.	Algún(os) integrante(s) comete(n) falta, pero se detiene(n) al ser advertido(s) por el profesor.	Algún(os) integrante(s) comete(n) falta, y no se detiene(n) al ser advertido(s) por el profesor.

**[Tiempo total: 1 hora 30 min]**

# **Guías para los estudiantes (Material fotocopiable)**

## Actividad Previa: Palabras importantes

Nombre:

Curso:

Fecha:

Definir los siguientes términos, e investigar su etimología:

Átomo:

Núcleo atómico:

Electrón:

Protón:

Neutrón:

Nanómetro:

Propiedades físicas:

Funcionalización:

# Guía 1: Escalas y Mundos

Nombre:

Curso:

Fecha:

## Objetivos

Identificar la escala nanométrica.

Clasificar elementos según su escala.

## **Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología**

Ver video: Nanociencia y Nanotecnología: guía 1

Disponible en: (<http://youtu.be/VvQ83KMOCIM>)

Ve el video y toma apuntes para responder y discutir acerca de lo siguiente:

5. ¿Qué es lo más pequeño que logramos percibir con nuestra vista?
  
6. ¿Importa el tamaño de los objetos a la hora de conocer sus propiedades y comportamiento? ¿Por qué? Da un ejemplo.
  
7. De lo mencionado en el video, ¿Cuál es el método utilizado para observar objetos a nanoescala?
  
8. Existen distintas formas de crear nanoestructuras. Identifique los dos enfoques mencionados en el video.

## Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño

Separen el curso en tres grandes grupos y sigan las instrucciones a continuación:

- Cada grupo se identificará según uno de los siguientes tres nombres: Nanomundo, Micromundo y Macromundo.
- Cada grupo ubicará su respectivo mundo en la siguiente escala:

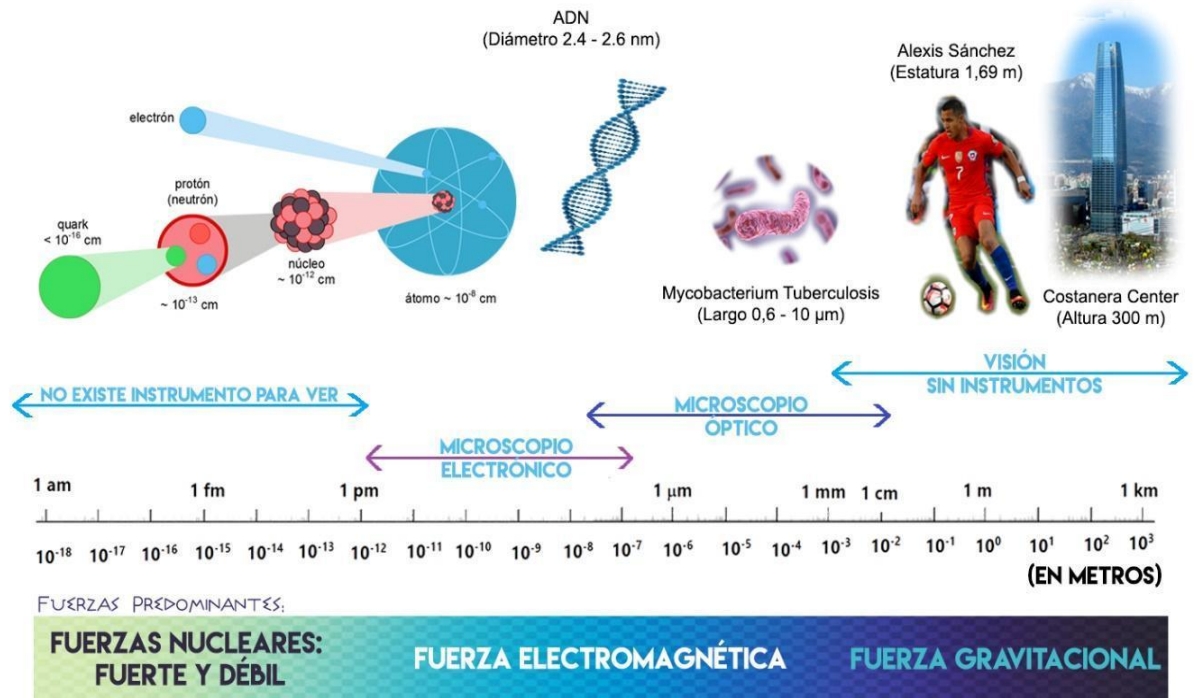
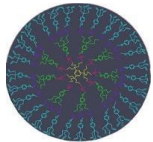





Imagen 1: Escala de objetos e interacciones predominantes

- Con tu grupo elige cuál de las siguientes imágenes en la tabla pertenecen a tu mundo (macromundo, micromundo o nanomundo):

Imagen	Tamaño (aprox)	Mundo	Imagen	Tamaño (aprox)	Mundo
<p>1</p>  <p><a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Didier_Astruc">https://fr.wikipedia.org/wiki/Didier_Astruc</a></p>	Dendrímero PAMAM 1,1 - 12,4 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>	<p>6</p>  <p><a href="http://www.blogodisea.com/cuerpo-humano-visto-microscopio.html">http://www.blogodisea.com/cuerpo-humano-visto-microscopio.html</a></p>	Cabello humano 70 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro mundo</i>
<p>2</p>  <p><a href="http://blog.hostalrioamazonas.cl/la-araucaria-arbol-sagrado-mapuche/">http://blog.hostalrioamazonas.cl/la-araucaria-arbol-sagrado-mapuche/</a></p>	Araucaria 50 (m) de altura	<i>Macro Mundo</i>	<p>7</p>  <p><a href="http://cr00.epimg.net/radio/imagenes/2016/02/04/tecnologia/1454623854_974708_1454623980_noticia_normal.jpg">http://cr00.epimg.net/radio/imagenes/2016/02/04/tecnologia/1454623854_974708_1454623980_noticia_normal.jpg</a></p>	Celular 13 x 10 (cm <sup>2</sup> )	<i>Macro mundo</i>
<p>3</p>  <p><a href="http://www.industrytap.com/quantum-dots-power-buildings-future/31361">http://www.industrytap.com/quantum-dots-power-buildings-future/31361</a></p>	Puntos cuánticos 2 - 10 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>	<p>8</p> 	Núcleo atómico 10 <sup>-12</sup> (cm) de diámetro	<i>Mundo Sub atómico</i>
<p>4</p>  <p><a href="http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917">http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917</a></p>	Partículas de polvo 500 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro Mundo</i>	<p>9</p>  <p><a href="http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917">http://es.gizmodo.com/el-mundo-visto-bajo-el-microscopio-parece-ciencia-ficci-1301604917</a></p>	Cloroplastos 4-6 (micrómetros) de diámetro	<i>Micro mundo</i>
<p>5</p>  <p><a href="http://meetthings.com/blog/index.php/23-05-2015/nanotubo-de-carbono-que-es/">http://meetthings.com/blog/index.php/23-05-2015/nanotubo-de-carbono-que-es/</a></p>	Nanotubo de carbono 1 - 10 (nm) de diámetro	<i>Nano Mundo</i>			

## Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala

Nombre:

Curso:

Fecha:

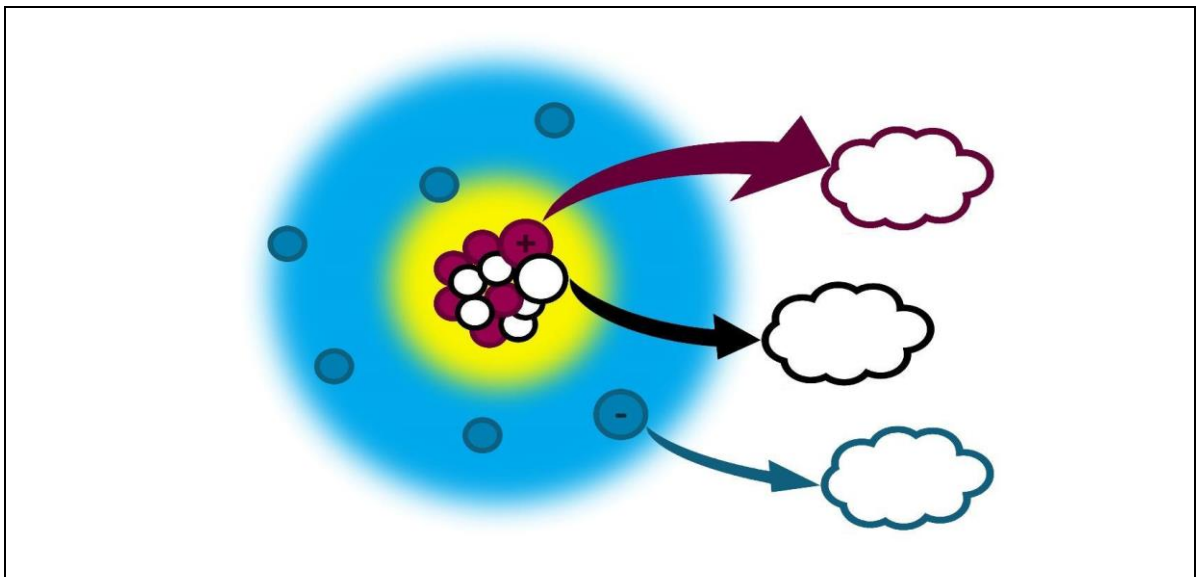
### Objetivos:

Identificar el cambio de propiedades de los materiales dependiendo de las escalas.

Realizar conversiones de escalas para visualizar las diferencias entre los mundos y las propiedades en ellos.

### **Actividad 1: Acercándonos al átomo**

1. Identifique los elementos del átomo presentados en la imagen:



2. En la imagen anterior vemos una representación del modelo atómico actual. Para llegar a esta representación muchos científicos aportaron con actividades experimentales, de las cuales concluían sus propios modelos. Con cada nuevo experimento se descubrían errores en las propuestas anteriores o ideas nuevas para implementar, además se fueron conociendo partículas de magnitud subatómica. Investigue, para la siguiente clase, los modelos de núcleos atómicos presentados a lo largo de la historia nombrando sus autores.



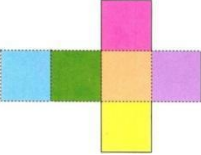
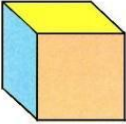
### Actividad 2: Camino a lo pequeño

Piense en una hoja de 1x1 (m), imagínese que la dobla por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 0,5x0,5 (m), si la vuelve a doblar por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 0,25x0,25 (m). Estime, ¿cuántas veces debe repetir el proceso para que un lado de la hoja llegue a un tamaño de un nanómetro?

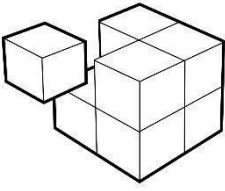
### Actividad 3: Desarmando un cubo

La figura de la imagen 1 es la estructura para formar un cubo y en la imagen 2 lo vemos armado. La longitud de sus lados es 10 (m) (altura, ancho y profundidad del cubo).

A continuación, calcula el área superficial del cubo:

<p>Área superficial del cubo:</p> <p><math>600 \text{ m}^2</math></p>	 <p>Imagen 1</p>	<p>Razón Área - Volumen</p>
 <p>Imagen 2</p>	<p>Volumen del cubo:</p> <p><math>1000 \text{ m}^3</math></p>	<p><math>\frac{3}{5}</math></p>

Ahora, realiza cortes al cubo, de forma vertical, horizontal y transversal, cada uno por la mitad, como puede observarse en la imagen 3. Calcula el área superficial de cada uno de los cubos resultantes y además haz la suma de estas áreas:

 <p>Imagen 3 ¿Cuántos cubos quedan?</p>	Área Superficial de cada cubo:	Suma áreas superficiales:	Razón Área - Volumen
	Volumen de cada cubo:	Suma volúmenes:	

Repita el proceso, cortando cada cubo resultante como se cortó el primero, luego nuevamente y así dos veces más con cada cubo. Con estos datos rellena la siguiente tabla:

Nº total de cubos:	Área superficial de cada cubo:	Suma áreas superficiales:	Volumen de cada cubo:	Suma volúmenes:	Razón Área - Volumen
64					
512					
4096					

Responde brevemente las siguientes preguntas:

- ¿Cómo cambia el área de la superficie total a medida que se corta el cubo?  
¿Cómo se puede obtener una mayor área superficial?
- Comparando el volumen del cubo total y la suma de los volúmenes de los cubos pequeños, ¿Qué sucede? Pruebe con un ejemplo.

3. ¿Cómo se comporta la relación área vs. volumen?, ¿Por qué?

#### Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man

Observe las imágenes y discuta con su curso las siguientes preguntas:



Imagen 1

<http://io9.gizmodo.com/how-did-that-big-ant-man-reveal-end-up-in-captain-ameri-1775319171>



Imagen 2

<http://cines.com/noticias/ant-man-marvel-novedades-1106/>

1. En la imagen 1 vemos a un superhéroe conocido en su versión gigante, ¿qué propiedades tendrías con ese tamaño?
2. En la imagen 2 vemos a Ant Man después de encogerse, ¿qué propiedades podrías tener si te encoges a ese tamaño?
3. Imagínese que usted tiene la habilidad de volverse aún más pequeño que Ant Man, es decir volverse nanométrico, ¿qué cree usted que podría hacer?

#### Actividad 5: Efecto túnel

Ver video: Efecto Túnel Ant Man

Disponible en: <http://youtu.be/iMvH-pyfcSQ>

En el video, una de las propiedades de “Ant-Man” al encogerse subatómicamente, es atravesar materiales, cosa que a macro y microescala es imposible. Debes saber que esto no sólo es ciencia ficción ya que el electrón, partícula subatómica, efectivamente tiene ese atributo, y puede traspasar materia. En base a este fenómeno es que podemos

“observar”, o registrar objetos a nanoescala, lo que será estudiado posteriormente en la asignatura de Química. Basado en esto, defina con su conocimiento adquirido por los videos y actividades qué es finalmente lo que atraviesa Ant Man y cuál es el mundo al que pertenecen estas partículas.

### Guía 3: Actividad de cierre

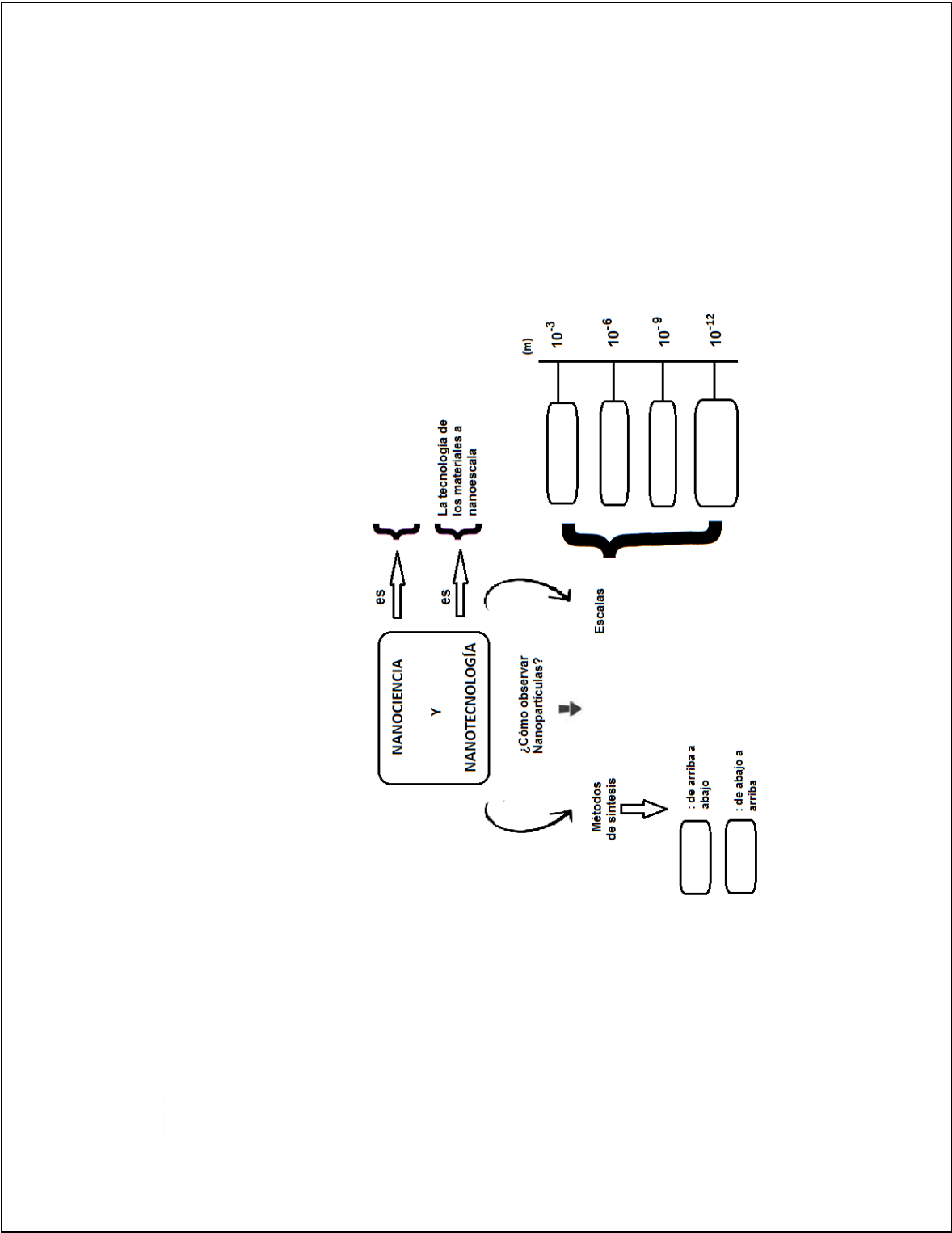
Nombre:

Curso:

Fecha:

Los mapas mentales son una forma lógica y creativa de tomar notas y expresar ideas; consiste, en cartografiar reflexiones sobre un tema. Cuentan con una estructura orgánica radial a partir de un núcleo en el que se usan líneas, símbolos, palabras, colores e imágenes para ilustrar conceptos sencillos y lógicos. Permiten convertir listas de datos en coloridos diagramas, que funcionan de forma totalmente natural, del mismo modo que el cerebro humano. A continuación se presentan una serie de conceptos abordados en clases, utilízalos para completar el mapa mental, debes añadir significados y otros conceptos adicionales si es necesario. Puedes realizar el resto del mapa como gustes. ¡Sé creativo!

Escala	Macromundo	Efecto túnel	Top Down
Bottom-up	Propiedades	Relación área-volumen	Microscopio de efecto túnel
Nanomundo	Métodos de síntesis	Micromundo	Átomo



## Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros

Nombre:

Curso:

Fecha:

### Objetivos:

Conocer polímeros destacados creados en base a la Nanociencia, presentes en la producción de vestimenta, plásticos, etc.

### **Actividad 1: Historia del plástico**

En el siglo XX la urbanización obligó a transportar los alimentos desde el campo a la ciudad, y con esto a desarrollar envases que mantuvieran los alimentos en buen estado una mayor cantidad de tiempo. El cartón y el papel tuvieron una gran aceptación, ya que podían contener una gran cantidad de café, cereal, sal, u otros artículos, manteniéndolos alejados del polvo y de los insectos, pero no aislaban del todo su contenido. Durante el mismo siglo nació el plástico, cuando los químicos encontraron el procedimiento para unir pequeñas moléculas orgánicas y formar otras más grandes y pesadas, las que constituían un material más económico de generar que los otros.



A pesar de que los polímeros se inventaron en el siglo XX, aún en nuestros días se continúa trabajando en técnicas para mejorarlos.

Los cambios más recientes introducidos son gracias a la Nanociencia y Nanotecnología, pero ¿Cómo se han realizado estos cambios? Lo analizaremos en esta

guía.

En grupos de 5 o 6 personas respondan las siguientes preguntas y registren sus respuestas:

6. ¿Qué es Nanociencia y Nanotecnología? ¿Por qué crees que se diferencian?

7. ¿Cómo crees que la Nanociencia y la Nanotecnología se han involucrado en la fabricación de polímeros? (físicamente, cómo te imaginas este cambio)
8. ¿Qué propiedades crees que se han podido cambiar en los polímeros al introducir Nanotecnología?
9. ¿Qué beneficios para la sociedad piensas que genera la aplicación de Nanotecnología en materiales como los polímeros?
10. ¿Crees que la implementación de esta tecnología represente algún riesgo para quienes utilicen constantemente plásticos?

## Actividad 2: Nanotubos de carbono

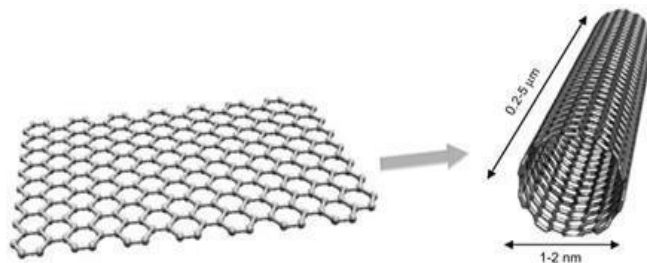


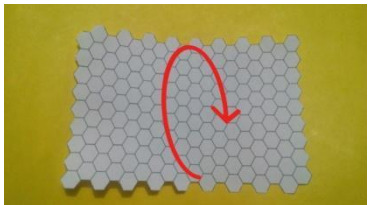

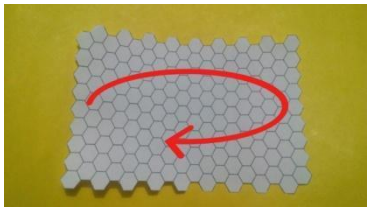

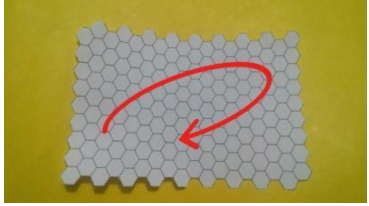

Imagen 1 - Lámina de grafeno y Nanotubo de una capa  
<https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/tag/nanotubos-de-carbono/>

Los nanotubos de carbono son estructuras formadas por átomos de carbono que adoptan forma de tubo, que si bien pueden ser macroscópicamente largos, su diámetro es de orden nanométrico. A continuación se presenta una actividad para conocer más de ellos.



El profesor le entregará una capa de hexágonos que representan enlaces de carbono. Recorte la capa por los bordes de los hexágonos exteriores.




Enrolle su lámina de diferentes formas, de tal manera que los extremos de los nanotubos queden distintos. ¿De cuántas formas se puede enrollar la lámina?, ¿crees que afectará en el comportamiento y propiedades físicas del nanotubo el cómo está configurado?

		Zig-Zag
		Sillón
		Quiral

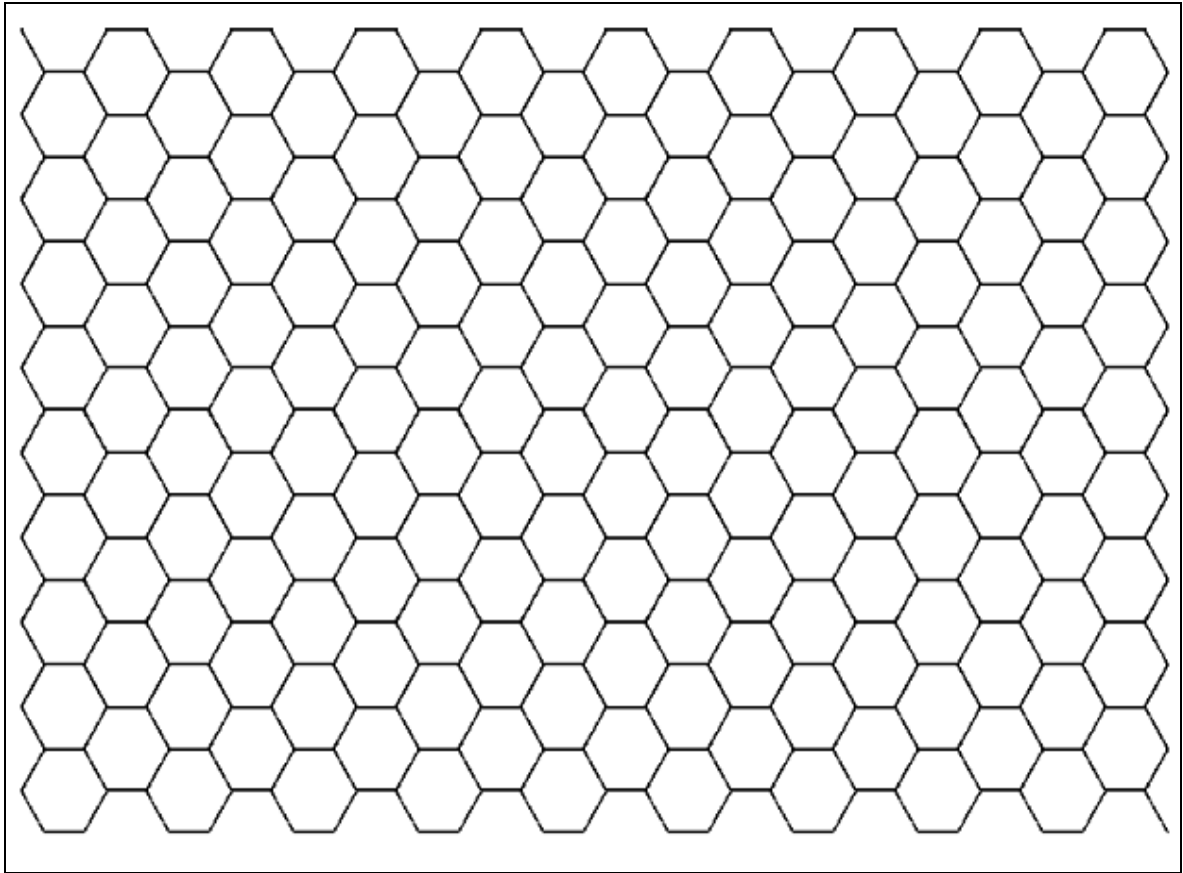
Cómo pudiste identificar, existen distintas formas de enrollar el papel, de forma vertical, horizontal y diagonal en distintas direcciones. Según como se forme el nanotubo, se identifican las propiedades de éste<sup>1011</sup>, y se clasifican además de distintas formas, “sillón”, “zig-zag” y “quiral”:

<sup>10</sup> De La Vega H. (2009) Nanotubos de carbono y sus aplicaciones en la electrónica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Electrónica. Santiago de Chile (<http://goo.gl/26ZArD>)

<sup>11</sup> Alcca F. (2005) Estructura y síntesis de nanotubo de carbono, capítulo 5 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, E.A.P. de Física. Lima - Perú. (<http://goo.gl/qC1QY4>)

Propiedades	Nanotubos		
	Sillón 	Zig-Zag 	Quiral 
<b>Mecánicas</b>	<p>Presentan una alta resistencia mecánica (resistencia a la tracción <math>45 \times 10^9</math> pascal)</p> <p>Son flexibles a deformaciones perpendiculares al eje, se pueden doblar hasta grandes ángulos y recuperarse sin sufrir daño.</p> <p>Los nanotubos son menos estables que el grafito si el diámetro es muy grande o muy pequeño.</p>		
<b>Electrónicas</b>	Metálico	Conductor o semiconductor	Semiconductor
<b>Químicas</b>	<p>Cada átomo de la red que forma el nanotubo tiene enlaces con sus 3 vecinos, dos enlaces simples y un enlace doble.</p> <p>Este enlace doble se encuentra en resonancia química, es decir que sus electrones no están localizados.</p> <p>Permite almacenamiento de otros materiales.</p>		
<b>Térmicas</b>	<p>Alta conductividad térmica en el eje del nanotubo.</p> <p>Transmisión de calor de <math>6000 \text{ W/m} \cdot \text{°K}</math></p> <p>Estables térmicamente hasta <math>2800^\circ\text{C}</math> en vacío, <math>750^\circ\text{C}</math> en el aire.</p>		

***Plantilla de hexágonos para actividad 2: nanotubos.***



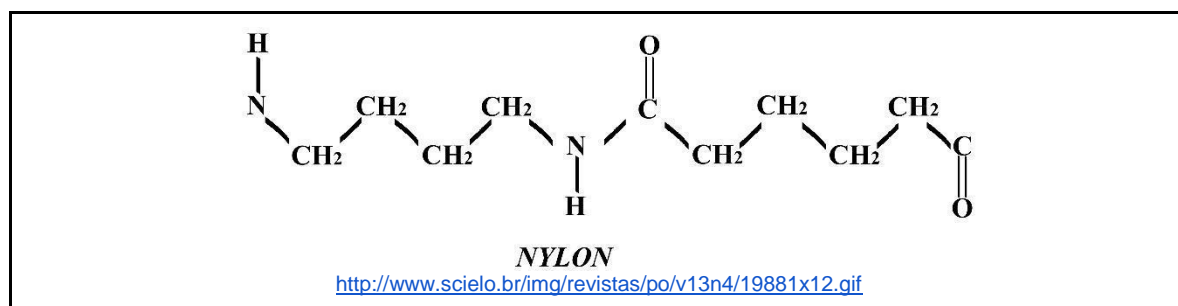
### Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros

Para esta actividad, el principal material es nuestro cuerpo, nuestros compañeros de clase y un sector amplio y despejado. Por esto necesitamos acondicionar el aula de tal forma que haya espacio suficiente para que tú y todos tus compañeros de clase presentes puedan desplazarse por ella. Los participantes se dividirán de la siguiente forma:

- 16 alumnos representarán moléculas de N, H, C, O y CH<sub>2</sub>, los cuales formarán el nylon.
- Los alumnos restantes simbolizarán átomos de carbono.
- El profesor representará al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).

En esta actividad representaremos una técnica para fabricar compuestos de nylon con nanotubos de carbono. Este método implica un pretratamiento de nanotubos de carbono sintetizados y un proceso para mezclar nanotubos con la matriz de nylon. A continuación se exponen los pasos a seguir:

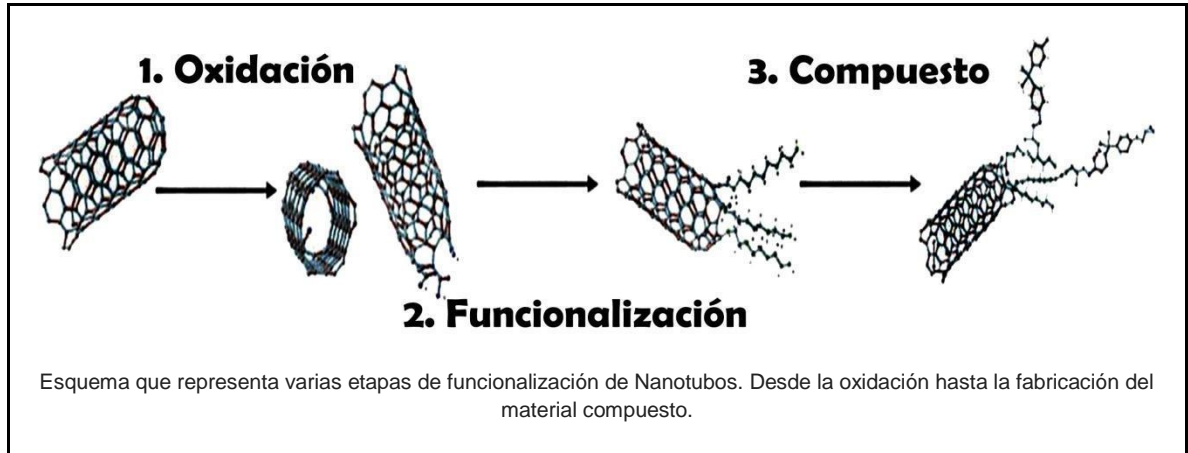
- Se pide a los representantes de las moléculas de N, H, C, O y CH<sub>2</sub> identificarse con “post it” de colores y desplazarse libremente por el salón. Cuando el profesor lo indique, deberán tomarse de las manos, formando polímeros de nylon como se ilustra en la siguiente imagen:



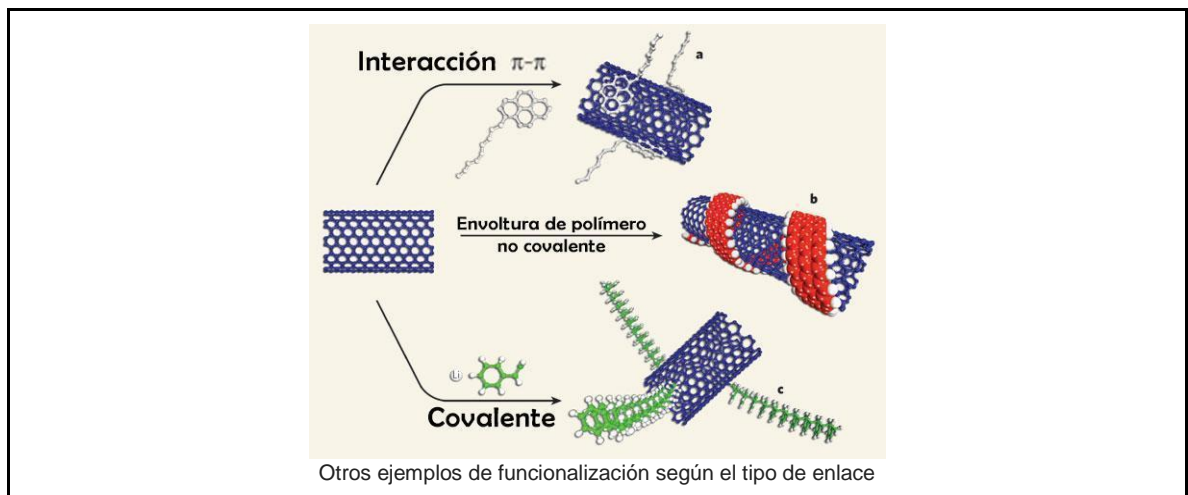
- A la vez, los representantes de los átomos de carbono se unirán en círculos de 3 o 4 personas, representando la base de un nanotubo de carbono y se dispersarán por el salón.
- Para poder unir a los nanotubos de carbono con los polímeros, deberemos “dañar” o modificar a los nanotubos. Para ello, tu profesor representará al ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), el cual romperá y debilitará ciertos enlaces. De esta forma los polímeros podrán “engancharse” de los nanotubos en las zonas dañadas. Este proceso es conocido como “funcionalización covalente”. Para representarlo, dos estudiantes de los círculos de carbono se soltarán de las manos para que los polímeros puedan engancharse en el lugar de los enlaces rotos o debilitados
- Finalmente, una vez funcionalizados el nylon y los nanotubos de carbono,

intenten caminar por el salón como grupo (sin soltarse de las manos).

A continuación encontrarás otros tipos de funcionalización:



Como vimos en Física, las nanopartículas son partículas del orden de los nanómetros, es decir, que pertenecen al nanomundo. Por tanto los nanopolímeros son materiales que, en la mayoría de los casos, se caracterizan por la dispersión homogénea de partículas de dimensiones nanométricas (menores de 100 nm) dentro de una matriz polimérica. Entre la formación de nanopolímeros podemos encontrar tres tipos: Las interacciones  $\pi$ - $\pi$ , que son causadas por el traslape intermolecular de los orbitales p en los sistemas conjugados  $\pi$ , la envoltura de un polímero no covalente por un nanotubo y las interacciones de enlace covalente, que es cuando átomos se unen, para alcanzar el octeto estable, compartiendo electrones del último nivel. (Para mayor información ingresar a <http://goo.gl/FG4XFj>).



Ahora junto con tus compañeros deben responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las características que cambiarían al añadirle al nylon nanotubos de carbono? Recuerda las revisadas en la tabla de la actividad anterior.
2. ¿Cuál es la función del ácido nítrico?
3. Los alumnos que caracterizaron polímeros, ¿qué diferencia en cuanto a movilidad pueden registrar una vez funcionalizados con los nanotubos?, ¿qué representaría esto en cuanto a las propiedades del nylon funcionalizado?

## Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros

Nombre:

Curso:

Fecha:

### Objetivos

Estudiar el funcionamiento del microscopio de efecto túnel

Identificar la utilidad de los polímeros nanoestructurados en la sociedad.

### **Actividad 1: Caracterización, ¿cómo vemos las nanopartículas?**

1. En grupos de 5 a 6 personas, todos frente a una mesa, sigan las siguientes indicaciones:
  - Deben vendarse los ojos. El profesor pondrá objetos en su mesa, los cuales deberán identificar sólo con tocarlos.
  - Comenten los objetos que tocaron y lo que “leyeron” con sus manos junto con sus otros compañeros.

Los seres humanos podemos recibir información de diversas maneras, no sólo con la vista; utilizando los otros sentidos podemos describir e identificar objetos. El Braille es una forma de lectura y escritura táctil, utilizado por las personas no videntes, que consiste en relieves con forma de puntos sobre la superficie de lectura. Podemos ver ejemplos de este tipo de escritura en el transporte público.

		
<p>Imagen 1 – Escritura en Braille</p> <p><a href="http://www.viu.es/estrategias-y-didactica-para-la-ensenanza-del-sistema-braille/">http://www.viu.es/estrategias-y-didactica-para-la-ensenanza-del-sistema-braille/</a></p>	<p>Imagen 2 – Braille en el metro</p> <p><a href="http://chicureo.com/cronica/noticias_principales/2006/12_3.shtml">http://chicureo.com/cronica/noticias_principales/2006/12_3.shtml</a></p>	<p>Imagen 3 – Braille en los buses urbanos</p> <p><a href="http://iphone.latercera.com/noticia/santiago/2010/11/1731-306868-9-implementaran-sistema-braille-en-buses-del-transantiago-para-usuarios-no.shtml">http://iphone.latercera.com/noticia/santiago/2010/11/1731-306868-9-implementaran-sistema-braille-en-buses-del-transantiago-para-usuarios-no.shtml</a></p>

2. Analicen la siguiente situación:

- Cuando se acercan a calentar las manos en la estufa, ¿la tocan o sólo acercan sus manos? ¿Pueden entonces reconocer la existencia de la estufa sin tocarla o verla?

Como vieron en termodinámica, existe una transferencia de energía que se denomina calor, en este caso esta transferencia por radiación es la que te permite conocer que la fuente de calor en verdad existe.

3. Frota con una de tus manos un chaleco de lana, y posteriormente acerca la otra mano a la zona en cuestión.
- ¿Qué sientes?, ¿puedes percibir el chaleco antes de tocarlo?

Como ya vieron en electricidad, frotar dos cuerpos genera electricidad estática, el chaleco queda cargado eléctricamente y libera los electrones cuando acercas tu mano.

Existen distintos métodos de caracterización para nanoestructuras. El Microscopio de Efecto Túnel (STM por sus siglas en inglés, Scanning Tunneling Microscope) es aquel que utiliza transferencia de electrones en lugar de luz visible, para formar imágenes de objetos nanométricos de acuerdo a los diferentes tipos de muestras (ver Imagen 4). Básicamente funciona acercando una punta conectada a una tensión de control mediante un piezotubo, la cual al acercarse a la superficie nanométrica a estudiar (conectada a un voltaje de tunelamiento) registra un flujo de electrones o corriente (como el visto en los videos que hablaban acerca del efecto túnel). Mediante una fórmula matemática se obtiene un perfil donde la corriente se mantiene constante, formando un mapeo del relieve de la muestra.



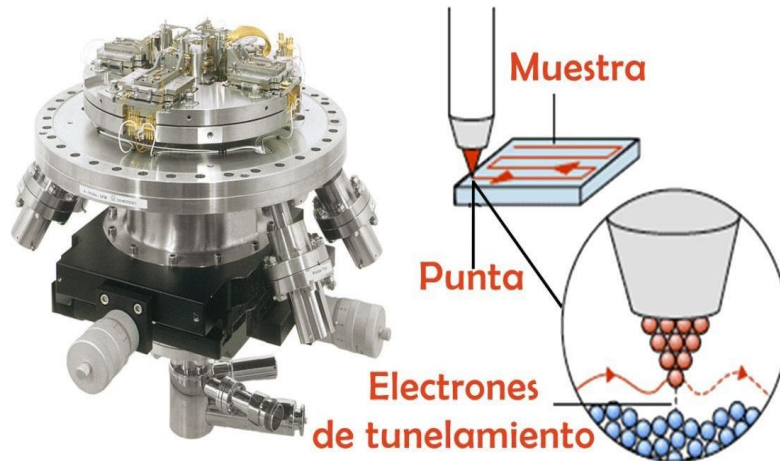


Imagen 4 – Microscopio electrónico de efecto túnel

<http://www.directindustry.com/prod/scienta-omicron/product-20757-47975.html>

### Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros?

Como pudiste observar en la actividad 2 y 3 de la primera guía, al unir polímeros y nanotubos de carbono se consiguen ciertas propiedades que por separado no son posibles. Haz un listado con las que pudiste identificar:

En Chile, la doctora María José Galotto del Centro para el Desarrollo de Nanociencia y Nanotecnología (CEDENNA), de la Universidad de Santiago de Chile, tiene varios trabajos relacionados con el desarrollo de materiales antibacterianos basados en películas nanocompuestas de distintos materiales para envasado de alimentos. A continuación encontrarás un reportaje ficticio basado en su trabajo: “*Desarrollo de envases plásticos con capacidad antimicrobiana para el envasado de salmón fresco*”, para que luego respondas las preguntas posteriores. (Las imágenes 2 y 3 del texto, son del mismo artículo de la doctora Galotto).

*¿Potencia agroalimentaria a nivel mundial?*

El Gobierno de Chile se ha propuesto como objetivo ser uno de los países más importantes en la exportación de alimentos, una difícil misión que ya tiene trabajando a expertos en las áreas correspondientes.



Figura 1. Zonas de cultivo.

Agrónomos investigan sobre formas para potenciar las zonas de cultivo (Figura 1), para obtener los productos que nos ofrece nuestro país.

*“La mayor dificultad que se presenta para cumplir este objetivo es el transporte de los alimentos a los países lejanos, ya que estos, al ser alimentos frescos o perecederos, pierden su calidad al pasar tanto tiempo almacenados”* dice Miguel Kiwi coordinador en la facultad de Ciencias en la Universidad de Chile. Es por esto que investigadores de la Universidad de Santiago de Chile unieron sus fuerzas para trabajar en el desarrollo

de envases activos para alimentos. Estos utilizan nanotecnología con la intención de mantener la vida útil de los productos alimentarios por más tiempo, para no perder la calidad que estos poseen.

El investigador Abel Guarda nos explica *“El desarrollo microbiano es la causa principal del deterioro de los alimentos”*; es por eso que junto a la doctora María José Galotto trabajan en un principio que permita al envase interactuar con el alimento. Ella dice *“los envases activos están diseñados para incorporar componentes que liberan o absorben sustancias hacia o desde el alimento envasado”*. Además, es importante considerar el control de velocidad de liberación del agente activo antimicrobiano, para asegurar su máxima eficacia. Para esto, se incorporan en el

envases sólidos inorgánicos de estructura laminar nanométrica como las arcillas (cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados) o silicatos.

Las arcillas pueden ser modificadas químicamente en un medio acuoso con otras especies cargadas. La modificación estructural de arcillas con este tipo de aditivos da lugar a la generación de organoarcillas (o nanoarcillas, un nanomaterial compuesto por un mineral de arcilla con espesores de capa de un nanómetro y varias micras de largo), y se han descrito tres posibles formas de interacción entre las arcillas y las matrices poliméricas, las cuales dan origen a distintas estructuras de nanocompositos (ver figura 2)

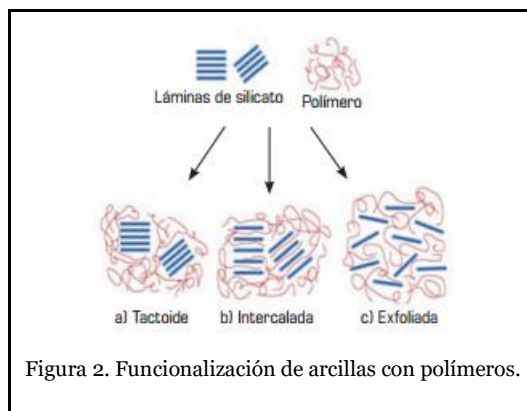


Figura 2. Funcionalización de arcillas con polímeros.

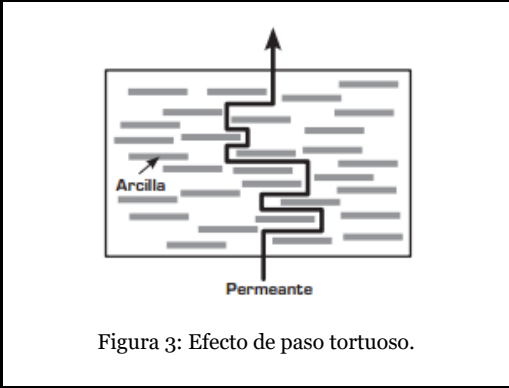


Figura 3: Efecto de paso tortuoso.

La primera combinación no tiene muchos cambios en las propiedades de la arcilla, en cambio los nanocompositos exfoliados (c) han reportado significativas mejoras en las propiedades de barrera, debido a la mejor dispersión de las láminas de arcilla en el polímero, lo cual incrementa el efecto de paso tortuoso (ver figura 3) al aumentar la dificultad de la difusión de los gases a través de las estructuras polimérica.


Por su parte, la incorporación de nanoarcillas puede resultar en la liberación controlada de sustancias que pueden ser utilizadas en las tecnologías de envasado activo, mejorando estos envases plásticos activos, con agentes antimicrobianos que contengan y protejan los alimentos, y a la vez permitan aumentar su vida útil y su inocuidad, sin agregar productos químicos al alimento.

Responde las siguientes preguntas:

1. ¿Para qué trabajar con Nanotecnología en envasado de alimentos?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. ¿Qué Nanomateriales puedes identificar en el texto? ¿Cuál es su función?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. ¿Cuáles son las propiedades que se potencian con la aplicación de estas nanoestructuras?

### Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas

Observa las siguientes imágenes de publicidad e identifica las partículas nanométricas que tiene el producto en cuestión. Además, escribe cómo crees tú que está aplicada la nanotecnología a esos productos, es decir, cómo estas nanopartículas ayudan a mejorar el material.

	<p><b>Ondulador para el cabello Gamma</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Las nanopartículas de iones de plata anti bacterianas que se colocan en las paletas, son un potente bactericida y fungicida que impiden la formación de elementos perjudiciales para el cabello y ayudan a recuperar la belleza y brillo natural.</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p>
--	---

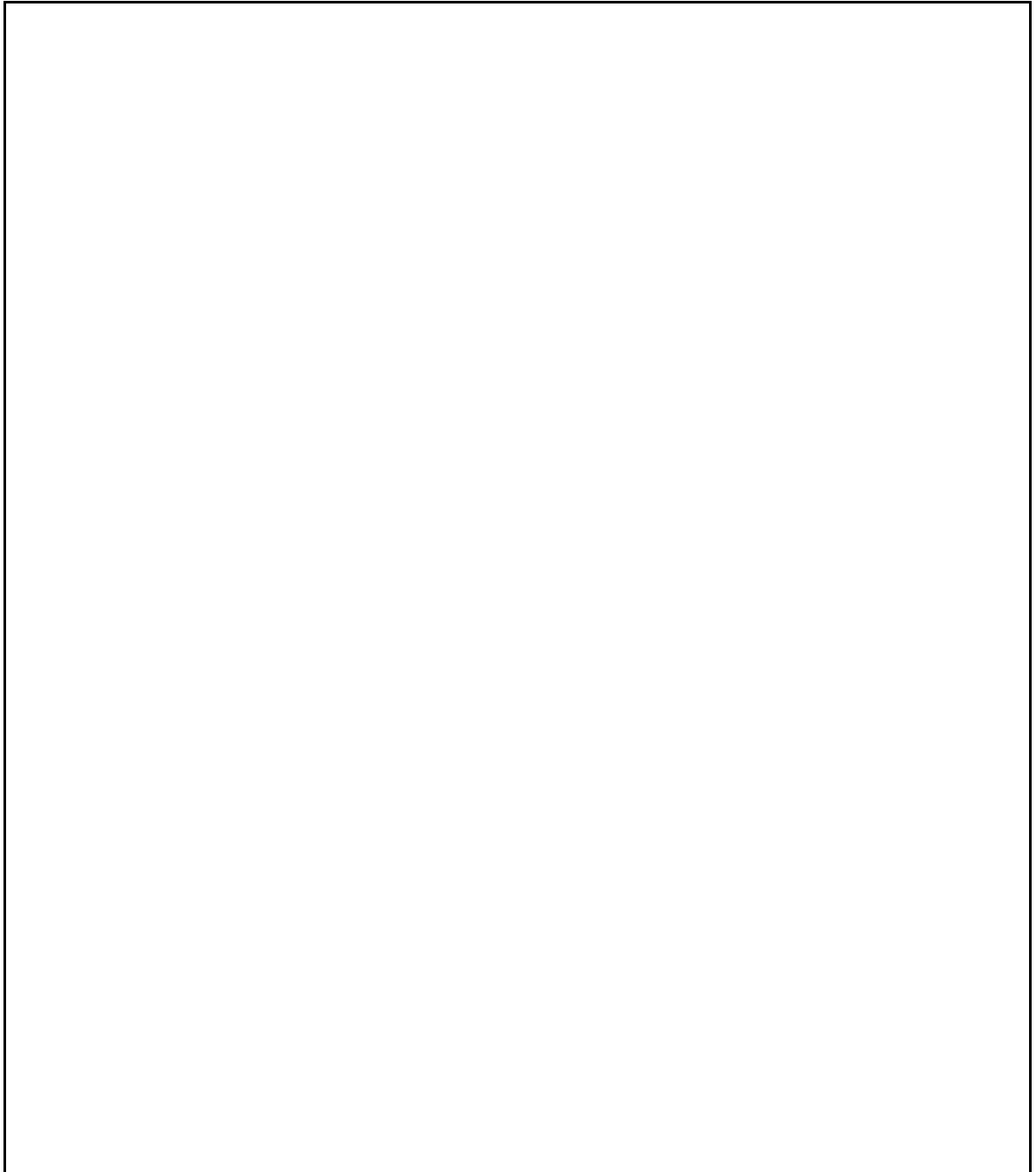
 <p><a href="http://www.spillcontainment.com/media/1991/ultra-ever-dry-ecatalog-spanish.pdf">http://www.spillcontainment.com/media/1991/ultra-ever-dry-ecatalog-spanish.pdf</a></p>	<p><b>Productos de protección para superficies</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Los productos que utilizamos actúan como repelente al agua, aceites, grasas y otras sustancias (como el efecto impermeable de la flor de loto) ofreciendo protección ante cualquier tipo de suciedad. Esto es posible gracias a los nanopolímeros (vinilos), partículas pequeñas que componen estos agentes limpiadores, los cuales se rocían en la superficie, dejando un recubrimiento hidrofóbico.</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p>
--	--

 <p><a href="http://www.sesderma.es/eu_es/nanotecnologia/">http://www.sesderma.es/eu_es/nanotecnologia/</a></p>	<p><b>Productos cosméticos para el cuidado de la piel</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Empleamos liposomas de calidad farmacéutica, con un tamaño de partícula pequeño y homogéneo (100 nm, dependiendo del principio activo y de la mezcla lipídica), y unilamelares, es decir, con una única bicapa, dentro de estos incorporamos otros componentes como vitaminas, esto permite a nuestros productos tener un mayor nivel de penetración asegurando un 90-100% de absorción del producto por la piel.</p>
--	---

	<p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p>
--	---

 <p><a href="http://www.samsung.com/latin/consumer/home-appliances/refrigerators/side-by-side/RS20NRSV5/XAP/">http://www.samsung.com/latin/consumer/home-appliances/refrigerators/side-by-side/RS20NRSV5/XAP/</a></p>	<p><b>Refrigerador con tecnología silver nano Samsung:</b></p> <p><i>Descripción del producto:</i> Con el recubrimiento antibacteriano Silver Nano de Samsung, las paredes interiores cubiertas de plata de un refrigerador destruyen el 99,9% de las bacterias, evitando que se multipliquen y permitiendo de este modo el almacenamiento higiénico y fresco de los alimentos</p> <p><b>Nanoestructura identificada:</b></p> <p>.</p> <p><b>Propiedades potenciadas:</b></p> <p><b>Aplicación nanotecnológica:</b></p>
---	---

¡Ahora probemos tu creatividad! imagina una aplicación de Nanotecnología en un producto a tu elección, y describe las propiedades que este tendrá gracias a esta aplicación.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to write their creative application of nanotechnology.

### **Guía 3: Actividad de cierre**

Responde junto con tus compañeros de clases las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es Nanociencia?
2. ¿Qué es Nanotecnología?
3. ¿Qué son los nanopolímeros?
4. ¿Qué propiedades químicas tienen los nanopolímeros?
5. ¿Qué instrumento se utiliza para observar estas partículas?
6. ¿Qué aplicaciones podemos encontrar en empaque de alimentos?
7. ¿Qué otras aplicaciones se encuentran para nanociencia y nanotecnología?
8. ¿Qué beneficios aportan estas aplicaciones para la sociedad?



# Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana

## Objetivos

Investigar acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

## ¿Qué información podemos encontrar?

Haz una investigación en grupos de tres a cuatro personas, acerca de los temas a continuación.

**Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH).**

**Nanotecnología en el tratamiento de cáncer.**

**Tratamientos de trasplantes con Nanotecnología.**

Posteriormente realiza un informe de lo que encuentres, en el cual debes considerar la siguiente estructura:

- Portada (1 página)
- Índice (1 página)
- Introducción y objetivo de la investigación (1 página)
- Desarrollo (2-3 páginas)
- Conclusión (media página)
- Bibliografía o fuente de la información (1 página)

Para mayor información: <https://goo.gl/oRCCZZ>

Este informe deberá ser entregado en la fecha a acordar con tu profesor:

/ /
-----

Dentro de los aspectos básicos que debes responder dentro del desarrollo de tu informe:

- ¿Cuáles son las nanopartículas que se involucran en cada tratamiento y cómo participan en el proceso?
- ¿Cuáles son los beneficios en la aplicación de esta tecnología?
- ¿Qué tanto se sabe acerca de los riesgos?
- ¿Qué sector es el que más invierte en Nanociencia y Nanotecnología? (sector público o sector privado). ¿Es conveniente la investigación económicamente?

Puedes encontrar la información necesaria para realizar la investigación en los siguientes links:

### **Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del virus Inmunodeficiencia humana (VIH)**

- Revista digital Tecnoexplora: Investigan nuevas estrategias contra el VIH empleando nanotecnología: <http://goo.gl/Xspc04>
- Artículo de revisión: Perspectivas de curación: DermaVir, una vacuna de ADN con efecto terapéutico contra el VIH/sida y desarrollada racionalmente: <http://goo.gl/18bcCV>
- Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel: <http://goo.gl/euQwuR>
- Working Paper: Vacunas virales (Viral vaccines): <http://goo.gl/TLMqKV>

### **Nanotecnología en el tratamiento de cáncer**

- Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología: Nanotecnología y nanomedicina: un nuevo horizonte para el diagnóstico y tratamiento médico: <http://goo.gl/GErZcq> Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Instituto de Magnetismo Aplicado. Nanotecnología y nanopartículas magnéticas: la física actual en lucha contra la enfermedad: <http://goo.gl/yB2x8Q>
- Instituto nacional del cáncer: Uso de nanopartículas dirigidas se pone a prueba en pacientes con cáncer: <http://goo.gl/pcKdMB>

### **Tratamientos de trasplantes con Nanotecnología**

- Riesgos para la seguridad y salud por la exposición a nanopartículas (efectos para la salud) y toxicología (página 34): <http://goo.gl/oV7kmF>
- ABC salud: Fabrican nanoimplantes de titanio que evitan el riesgo de infección ósea: <http://goo.gl/gakFmB>
- Asociación mexicana de Parkinson A.C. Implantes de Titanio para el tratamiento en la enfermedad de Parkinson: <http://goo.gl/rommfq>

### **¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica**

- Grupo ETC: <https://goo.gl/bhGtEv>

Si bien la información necesaria para tu informe la puedes obtener de los links anteriores, también puedes recurrir a otras fuentes de información para complementar tu trabajo. Como bien ya debes saber, gracias a internet disponemos de mucha información acerca de varios temas. Discernir sobre qué información es válida y cuál no es tarea del lector, lo cual puede basarse en los siguientes criterios:

¿Quién? Autoridad / Credibilidad

¿Cuándo?: Actualidad

¿Qué?: Contenido, exactitud

¿Cómo?: Objetividad

¿Dónde?: Alcance

¿Por qué?: Relevancia

Para más información: <http://goo.gl/DJ4y4u>

## Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología

### Objetivos

Debatir acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

Para esta actividad prepararás un debate con tus compañeros de curso acerca del sistema inmune, pero además relacionado con Nanociencia y Nanotecnología, tema que estudiaron previamente en Física y Química.

#### **Tema de discusión:**

**Beneficios y riesgos del uso de nanotecnología para el tratamiento de enfermedades.**

El debate debe estructurarse de la siguiente manera:

#### **Participantes:**

**Moderador (profesor):** Es quien da la palabra a los exponentes para que presenten los argumentos que han preparado previamente.

**Jurados:** Evalúan las participaciones.

**Grupos expertos (debatientes):** Cada uno de los grupos adquiere una postura, la cual deben defender bajo argumentos de distintos tipos. Para este debate los grupos debatientes serán los siguientes:

- A favor del uso de Nanotecnología: Grupos farmacéuticos y médicos
- En contra del uso de Nanotecnología: Gobierno

#### **¿Cómo preparar un debate?**

El debate debe ser organizado de la siguiente manera:

**Introducción:** el moderador o un experto invitado presenta el tema de manera general para informar al público.

**Argumentación:** cada exponente previamente designado por el grupo presenta los argumentos que defienden su postura. Incluye al menos un contraargumento posible y lo rebate fundamentadamente

**Discusión y preguntas:** el moderador da la palabra para preguntas del público. Cada exponente debe responder a las preguntas en dos minutos, utilizando argumentos que contribuyan a defender su postura.

**Veredicto:** el jurado evalúa los argumentos de cada parte y da el veredicto final.

Más información: <http://goo.gl/F9CbtT>

Para la argumentación, debes considerar los siguientes tipos de argumentos y falacias argumentativas.

### **Tipos de argumentos:**

**Basados en datos y hechos:** En ambos casos la información es irrefutable, pues descansa en hechos demostrables o en datos estadísticos.

**Basados en relaciones causales:** Parte de la información funciona como causa, y otra como efecto de la anterior.

**Basados en definiciones:** Se apoya una tesis utilizando una definición.

**Basados en comparaciones:** Mediante la comparación se organiza la información en semejanzas y diferencias y a partir de esa comparación, se apoya la tesis.

**Basados en la autoridad:** Se utiliza el nombre de una autoridad o de una institución de prestigio para apoyar una tesis.

**Basados en valores:** Se alude a los valores afectivos para defender una tesis.

**Basados en generalizaciones:** Este tipo de argumentación nos permite llegar a una conclusión general a partir de una serie de situaciones similares y específicas.

### **Falacias argumentativas**

En determinadas situaciones argumentativas algún interlocutor hace uso de argumentos cuya validez es dudosa o, abiertamente, se trata de argumentos inválidos por algún problema o error en su construcción que los hace falsos. Estos errores argumentativos se denominan *falacias*.

**Premisa falsa:** consiste en basarse sobre hechos que son falsos a la hora de argumentar.

**Premisas contradictorias:** en este caso, el argumento no defiende a la tesis; más aún, el argumento se contradice con la tesis.

**Generalización apresurada:** consiste en levantar una generalización basándose en unos pocos hechos puntuales, específicos.

**Petición de principios:** se reconoce cuando descubrimos que se da por demostrado lo que se debe demostrar. El argumento repite lo que señala la tesis que se debe defender.

Falsa analogía: la reconocemos cuando se comparan dos elementos o realidades que no son susceptibles de ser comparados.

Causa falsa: la reconocemos cuando se vinculan por medio de una relación causa – efecto a dos hechos que en realidad no son vinculables.

Populismo (ad populum): consiste en apelar fundamentalmente a los sentimientos de una multitud y no apelar a argumentos de índole lógico.


Ataque personal (ad hominem): se reconoce cuando no rebatimos los argumentos del oponente, sino que nos preocupamos de descalificar a quien sostiene los argumentos.

Práctica común: corresponde a defender un proceder porque es algo que ocurre de manera habitual de esa forma.

Polarización: se identifica esta falacia cuando extremamos los argumentos. Si no es una cosa, debe ser, entonces, todo lo opuesto o todo lo contrario. No reconoce términos medios.

Más información: <http://goo.gl/pCVdjA>

## Apéndice 2: Material de la propuesta: Presentaciones



**Anexo 2**

Material de clases: Presentaciones

1

**Física:**

**Nanociencia y Nanotecnología**

Escalas y Mundos

2

### Objetivos

- Identificar la escala nanométrica
- Clasificar elementos según su escala
- Realizar conversiones de escalas para visualizar las diferencias entre los mundos y las propiedades en ellos

3

### Revisión Actividad previa: Palabras importantes

Definir los siguientes términos, e investigar su etimología:

- Átomo
- Núcleo atómico
- Electrón
- Protón
- Neutrón
- Nanómetro
- Propiedades físicas

4

### Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología

Ver video: Nanociencia y Nanotecnología: guía 1  
 Disponible en: <https://youtu.be/VvQ83KMOCIM>

Responda y discuta acerca de lo siguiente:

- ¿Qué es lo más pequeño que logramos percibir con nuestra vista?
- ¿Importa el tamaño de los objetos a la hora de conocer sus propiedades y comportamiento? ¿Por qué?
- De lo mencionado en el video, ¿cuál es el método utilizado para observar objetos a nanoescala?
- Existen distintas formas de crear nanoestructuras. Identifique los dos enfoques mencionados en el video.

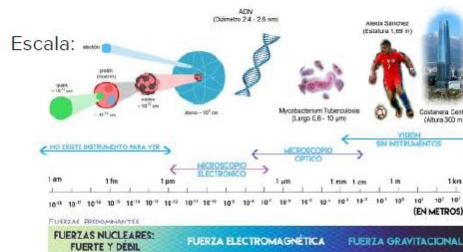
5

### Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño

Separen el curso en tres grandes grupos y sigan las instrucciones a continuación:

- Cada grupo se pondrá uno de los siguientes tres nombres: Nanomundo, Micromundo y Macromundo.
- Cada grupo (con ayuda del profesor) ubicará su respectivo mundo en la siguiente escala:

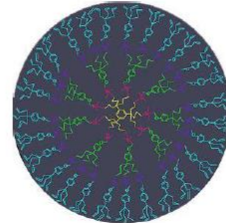
6



- Con tu grupo elige cuál de las siguientes imágenes en la tabla pertenecen a tu mundo (macromundo, micromundo o nanomundo):

7

1 - Dendrímero PAMAM: 1,1 - 12,4 (nm) de diámetro



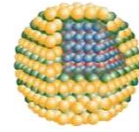
8

2 - Araucaria: 50 (m) de altura



9

3 - Puntos cuánticos: 2 - 10 (nm) de diámetro



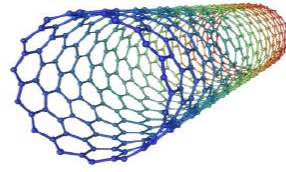
10

4 - Partículas de polvo: 500 (micrómetros) de diámetro aprox



11

5 - Nanotubo de carbono: 1 - 10 (nm) de diámetro



12

6 - Cabello humano: 70 (micrómetros) de diámetro



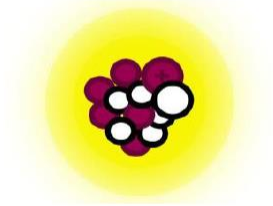
13

7 - Celular: 13x10 (cm<sup>2</sup>)



14

8 - Núcleo atómico: 10<sup>-12</sup> (cm) de diámetro



15

9 - Cloroplastos: 4-6 (micrómetros) de diámetro



16



Objeto	Mundo	Objeto	Mundo
Dendrímero PAMAM 1,1 - 12,4 (nm) de diámetro		Cabello humano 70 (micrómetros) de diámetro	
Araucaria 50 (m) de altura		Celular 13 x 10 (cm <sup>2</sup> )	
Puntos cuánticos 2 - 10 (nm) de diámetro		Núcleo atómico 10 <sup>-12</sup> (cm) de diámetro	
Partículas de polvo 500 (micrómetros) de diámetro		Cloroplastos 4,6 (micrómetros) de diámetro	
Nanotubo de carbono 1 - 10 (nm) de diámetro			

17

### Objetivos

- Identificar el cambio de propiedades de los materiales cuando se encuentran a diferentes escalas.

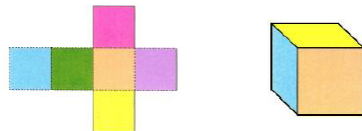
19

2. En la imagen anterior vemos una representación del modelo atómico actual, para llegar a esta representación muchos científicos aportaron con actividades experimentales de las cuales concluían sus propios modelos, pero con cada nuevo experimento se descubrían errores en las propuestas anteriores o ideas nuevas para implementar, además se fueron conociendo partículas de magnitud subatómica. Investigue, para la siguiente clase, los modelos de núcleos atómicos presentados lo largo de la historia nombrando sus autores.

21

### Actividad 3: Desarmando un cubo

La figura de la imagen es un cubo, cuya longitud es 10 (m), al igual que su altura y profundidad. Calcula su área superficial y volumen a continuación:



23

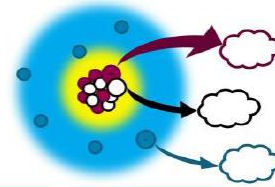
## Física: Nanociencia y Nanotecnología

### PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS MATERIALES A NANOESCALA

18

### Actividad 1: Acercándonos al átomo

1. Identifique los elementos del átomo presentados en la imagen:



20

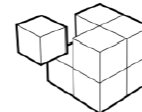
### Actividad 2: Camino a lo pequeño

Piense en una hoja de 20 x 20 (cm), imagínese que la dobla por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 10x10 (cm), si la vuelve a doblar por la mitad en ambos lados, le quedará una hoja de 5x5 (cm).

Estime, ¿cuántas veces debe repetir el proceso para que la hoja llegue a una escala nanométrica?

22

Ahora, realiza cortes al cubo, de forma vertical, horizontal y transversal, cada uno por la mitad, como puede observarse en la imagen. Calcula el área superficial y volumen de cada uno de los cubos resultantes y además haz la suma de estos. ¿Cuántos cubos quedan?



24

Repita el proceso, cortando cada cubo resultante como se cortó el primero, luego nuevamente y así unas dos veces más con cada cubo. Con estos datos rellena la siguiente tabla:

N° total de cubos:	Área superficial de cada cubo:	Suma áreas superficiales:	Volumen de cada cubo:	Suma volúmenes:	Razón Área - Volumen
64					
512					
4096					

25

Responde brevemente las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo cambia el área de la superficie? ¿Cómo se puede obtener una mayor área superficial?
2. Comparando el volumen del cubo total y la suma de los volúmenes de los cubos pequeños, ¿qué sucede? Pruebe con un ejemplo.
3. ¿Cómo se comporta la relación Área vs. Volumen?, ¿por qué?

26



27

#### Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man

Observe las imágenes y discuta con su curso las siguientes preguntas:



28

1. En la imagen 1 vemos a un súper héroe conocido en su versión gigante, ¿qué propiedades tendrías con ese tamaño?
2. En la imagen 2 vemos a Ant Man después de encogerse, ¿qué propiedades podrías tener si te encoges a ese tamaño?
3. Imagine que usted tiene la habilidad de volverse aún más pequeño que Ant Man en la imagen 2, es decir volverse nanométrico, ¿que cree usted que podría hacer, qué propiedades poseería?

29

#### Actividad 5: Efecto túnel

Ver video: Efecto Túnel Ant Man  
 Disponible en: <https://youtu.be/UKI34VpiPoU>

30

Como vemos en el video, una de las propiedades de "Ant-Man" al encogerse subatómicamente, es atravesar materiales, cosa que a macro y microescala es imposible. Debes saber que esto no sólo es ciencia ficción ya que las partículas subatómicas efectivamente tienen esa propiedad, así como algunos materiales a nanométricos. Por otra parte, en base a este fenómeno es que podemos "observar", o registrar objetos a nanoescala. Basado en esto, defina con su conocimiento adquirido por los videos y actividades el efecto túnel.

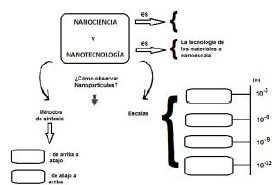
31

#### Guía 3: Actividad de cierre

A continuación se presentan una serie de conceptos abordados en clases, utilízalos para completar el mapa mental, debes añadir significados y otros conceptos adicionales si es necesario. Puedes realizar el resto del mapa como gustes. ¡Sé creativo!

Escala	Macromundo	Efecto túnel	Top down
Bottom-up	Propiedades	Relación área-volumen	Microscopio de efecto túnel
Nanomundo	Métodos de síntesis	Micromundo	átomo

32



33

Para la evaluación del mapa, debes tener en cuenta los siguientes criterios:

- Utilizar todos los términos
- Que el mapa tenga sentido
- Diseño original y creativo

Puntaje extra:

- Añadir vocabulario adicional, utilizado en clases

34

## Química: Nanociencia y Nanotecnología

- ¿Cómo se fabrican los nanopolímeros?
- ¿Qué propiedades tienen los nanopolímeros?

35

### Objetivos

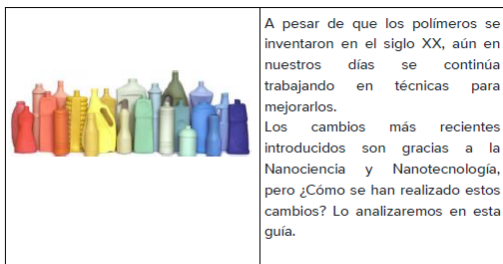
- Conocer polímeros destacados creados en base a la nanociencia, presentes en la producción de vestimenta o plásticos, etc.

36

### Actividad 1: Historia del Plástico

En el siglo XX la urbanización obligó a transportar los alimentos desde el campo a la ciudad, y con esto a desarrollar envases que mantuvieran los alimentos en buen estado una mayor cantidad de tiempo. El cartón y el papel tuvieron una gran aceptación, ya que podían contener una gran cantidad de café, cereal, sal, u otros artículos manteniéndolos alejados del polvo y de los insectos, pero no aislaban del todo su contenido. Durante el mismo siglo nació el plástico, cuando los químicos encontraron el procedimiento para unir pequeñas moléculas orgánicas y formar otras más grandes y pesadas, las que constituían un material más económico de generar que los otros.

37



A pesar de que los polímeros se inventaron en el siglo XX, aún en nuestros días se continúa trabajando en técnicas para mejorarlos. Los cambios más recientes introducidos son gracias a la Nanociencia y Nanotecnología, pero ¿Cómo se han realizado estos cambios? Lo analizaremos en esta guía.

38

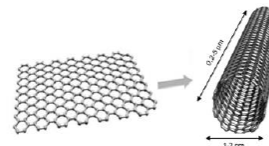
En grupos de 5 o 6 personas respondan las siguientes preguntas y registren sus respuestas:

1. ¿Qué es Nanociencia y Nanotecnología? ¿Por qué crees que se diferencian?
2. ¿Cómo crees que la Nanociencia y la Nanotecnología se han involucrado en la fabricación de polímeros? (físicamente, cómo te imaginas este cambio)
3. ¿Qué propiedades crees que se han podido cambiar en los polímeros al introducir Nanotecnología?
4. ¿Qué beneficios para la sociedad piensas que genera la aplicación de Nanotecnología en materiales como los polímeros?
5. ¿Crees que la implementación de esta tecnología represente algún riesgo para quienes utilicen constantemente plásticos?

39

### Actividad 2: Nanotubos de Carbono

Los nanotubos de carbono son estructuras formadas por átomos de carbono que adoptan forma de tubo, que si bien pueden ser macroscópicamente largos, su diámetro es de orden nanométrico. A continuación se presenta una actividad para conocer más de ellos.



40

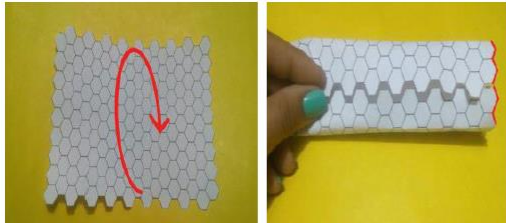
- El profesor le entregará una capa de hexágonos que representan enlaces de carbono. Recorte la capa por los bordes de los hexágonos exteriores.
- Enrolle su lámina de diferentes formas, de tal manera que los extremos de los nanotubos queden distintos. ¿De cuántas formas se puede enrollar la lámina? ¿cree que afectará en el comportamiento y propiedades físicas del nanotubo el cómo está configurado?

41

Como pudiste identificar, existen distintas formas de doblar el papel, de forma vertical, horizontal y diagonal en distintas direcciones. Según como se forme el nanotubo, se identifican las propiedades de este, y se clasifican además de distintas formas, "sillón", "zig zag" y "Quiral".

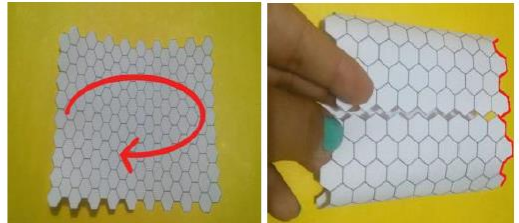
42

Zig zag



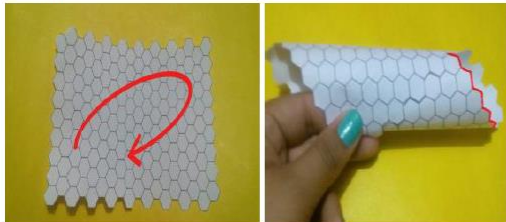
43

Sillón



44

Quiral



45

Propiedades	Nanotubos		
	Sillón	Zig Zag	Quiral
Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Presentan una alta resistencia mecánica (resistencia a la tracción <math>45 \times 10^9</math> pascal)</li> <li>● Son flexibles a deformaciones perpendiculares al eje, se pueden doblar hasta grandes ángulos y recuperarse sin sufrir daño.</li> <li>● Los nanotubos son menos estables que el grafito si el diámetro es muy grande o muy pequeño.</li> </ul>		
Electrónicas	Metálico	Conductor y semiconductor	Semiconductor
Químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cada átomo de la red que forma el nanotubo tiene enlaces con sus 3 vecinos, dos enlaces simples y un enlace doble.</li> <li>● Este enlace doble se encuentra en resonancia química, es decir que sus electrones no están localizados.</li> <li>● Permite almacenamiento de otros materiales.</li> </ul>		
Térmicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alta conductividad térmica en el eje del nanotubo.</li> <li>● Transmisión de calor de <math>6000 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>● Estables térmicamente hasta <math>2800^\circ\text{C}</math> en vacío, <math>750^\circ\text{C}</math> en el aire.</li> </ul>		

46

### Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros

Para esta actividad, el principal material es nuestro cuerpo, nuestros compañeros de clase y un sector amplio y despejado. Por esto necesitamos acondicionar el aula de tal forma que haya espacio suficiente para que tu y todos tus compañeros de clase presentes puedan desplazarse por ella. Los participantes se dividirán de la siguiente forma:

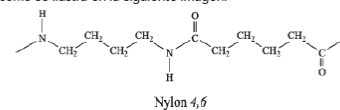
- Dos tercios de los alumnos representarán moléculas de N, H, C, O y  $\text{CH}_2$ .
- El siguiente tercio representará moléculas de carbono
- El profesor representará al ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ )

47

En esta actividad representaremos una técnica para fabricar compuestos de nylon con nanotubos de carbono. Este método implica un pretratamiento de nanotubos de carbono sintetizados y un proceso para mezclar nanotubos con la matriz de nylon.

A continuación se exponen los pasos a seguir:

- Se pide a los representantes de las moléculas de N, H, C, O y  $\text{CH}_2$  identificarse con "post it" de colores y desplazarse libremente por el salón. Cuando el profesor lo indique, deberán tomarse de las manos, formando polímeros de nylon como se ilustra en la siguiente imagen:

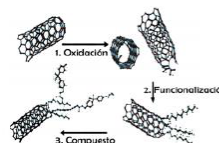


48

- A la vez, los representantes de los átomos de carbono se unirán en círculos de 3 o 4 personas, representando la base de un nanotubo de carbono y se dispersaran por el salón.
- Para poder unir a los nanotubos de carbono con los polímeros, deberemos "dañar" o modificar a los nanotubos. Para ello, tu profesor representará al ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), el cual oxidará los nanotubos de carbono, es decir, romperá y debilitará ciertos enlaces. De esta forma los polímeros podrán "engancharse" de los nanotubos en las zonas dañadas. Este proceso es conocido como "funcionalización covalente". Para representarlo, uno o dos estudiantes de los círculos de carbono se soltaran de las manos y otros se tomarán sólo con las puntas de los dedos, para que los polímeros se metan en el lugar de los enlaces rotos o debilitados.
- Finalmente, una vez funcionalizados el nylon y los nanotubos de carbono, intenten caminar por el salón como grupo (sin soltarse de las manos).

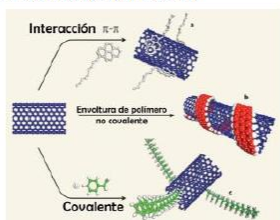
49

Como vimos en física, las nanopartículas son partículas del orden de los nanómetros, es decir que pertenecen al nanomundo. Por tanto los nanopolímeros son materiales que se caracterizan por la dispersión homogénea de partículas de dimensiones nanométricas (menores de 100 nm) dentro de una matriz polimérica.



50

### Otras formas de funcionalización



51

Ahora junto con tus compañeros deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las características que cambiarían al añadirle al nylon nanotubos de carbono? Recuerda las revisadas en la tabla de la actividad anterior.
- ¿Qué se entiende por oxidación del nanotubo de carbono?
- Los alumnos que caracterizaron polímeros, ¿qué diferencia en cuanto a movilidad pueden registrar una vez funcionalizados con los nanotubos?, ¿qué representaría esto en cuanto a las propiedades del nylon funcionalizado?

52

## Química: Nanociencia y Nanotecnología

- Caracterización de los nanopolímeros, ¿cómo vemos las nanopartículas?
- ¿Cómo se aplican los nanopolímeros?

53

### Objetivos

- Identificar la utilidad de los polímeros nanoestructurados en la sociedad.

54

### Actividad 1: Caracterización ¿cómo vemos las nanopartículas?

1. En grupos de 5 a 6 personas, todos frente a una mesa, sigan las siguientes indicaciones:

- Deben vendarse los ojos. El profesor pondrá objetos en su mesa, los cuales deberán identificar sólo con tocarlos.
- Comenten los objetos que tocaron y lo que "leyeron" con sus manos junto con sus otros compañeros.

Los seres humanos podemos recibir información de diversas maneras, no sólo con la vista; utilizando los otros sentidos podemos describir e identificar objetos. El Braille es una forma de lectura y escritura táctil, utilizado por las personas no videntes, que consiste en relieves con forma de puntos sobre la superficie de lectura. Podemos ver ejemplos de este tipo de escritura en el transporte público.

55

2. Analicen la siguiente situación:

- Cuando se acercan a calentar las manos en la estufa, ¿la tocan o sólo acercan sus manos? ¿Pueden entonces reconocer la existencia de la estufa sin tocarla o verla?

Como vieron en termodinámica, existe una transferencia de energía que se denomina calor, en este caso esta transferencia por radiación es la que te permite conocer que la fuente de calor en verdad existe.

56

3. Frota con una de tus manos un chaleco de lana, y posteriormente acerca la otra mano a la zona en cuestión.

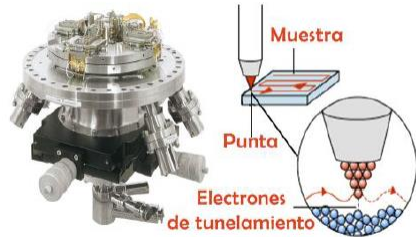
- ¿Que sientes?, ¿puedes percibir el chaleco antes de tocarlo?

Como ya vieron en electricidad, frotar dos cuerpos genera electricidad estática, el chaleco queda cargado eléctricamente y libera los electrones cuando acercas tu mano.

57

Existen distintos métodos de caracterización para nanoestructuras. El Microscopio de Efecto Túnel (STM por sus siglas en inglés, Scanning Tunneling Microscope) es aquel que utiliza transferencia de electrones en lugar de luz visible, para formar imágenes de objetos nanométricos de acuerdo a los diferentes tipos de muestras. Básicamente funciona acercando una punta conectada a una tensión de control mediante un piezotubo, la cual al acercarse a la superficie nanométrica a estudiar (conectada a un voltaje de tunelamiento) registra un salto de electrones (como el visto en los videos que hablaban acerca del efecto túnel) y mediante un computador se hace un mapeo de lo que se registra.

58



59

## Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros?

Como pudiste observar en la actividad 2 y 3 de la primera guía, al unir polímeros y nanotubos de carbono se consiguen ciertas propiedades que por separado no son posibles. Haz un listado con las que pudiste identificar.

60

En Chile, la doctora María José Galotto del Centro para el Desarrollo de Nanociencia y Nanotecnología (CEDENNA) de la Universidad de Santiago de Chile tiene varios trabajos relacionados con el desarrollo de materiales antibacterianos basados en películas nanocompuestas de distintos materiales para envasado de alimentos.

A continuación se presenta una noticia ficticia basada en su trabajo: "Desarrollo de envases plásticos con capacidad antimicrobiana para el envasado de salmón fresco", para que luego respondas las preguntas posteriores.

61

## Chile: ¿Potencia agroalimentaria a nivel mundial?

El Gobierno de Chile se ha propuesto como objetivo ser uno de los países más importantes en la exportación de alimentos, una difícil misión que ya tiene trabajando a expertos en las áreas correspondientes.

Los mejores agrónomos investigan sobre formas para potenciar las zonas de cultivo, para obtener los variados productos que nos ofrece nuestro país.

"La mayor dificultad que se presenta para cumplir este objetivo es el transporte de los alimentos a los países lejanos, ya que estos, al ser alimentos frescos o perecederos, pierden su calidad al pasar tanto tiempo almacenados" dice Miguel Kwi coordinador en la facultad de Ciencias en la Universidad de Chile.



62

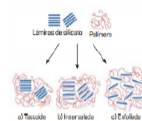
Es por esto que investigadores de la Universidad de Santiago de Chile unieron sus fuerzas para trabajar en el desarrollo de envases activos para alimentos. Estos utilizan nanotecnología con la intención de mantener la vida útil de los productos alimentarios por más tiempo, para no perder la calidad que estos poseen.

El investigador Abel Guarda nos explica "El desarrollo microbiano es la causa principal del deterioro de los alimentos"; es por eso que junto a la doctora María José Galotto trabajan en un principio que permita al envase interactuar con el alimento, ella dice "los envases activos están diseñados para incorporar componentes que liberan o absorben sustancias hacia o desde el alimento envasado"

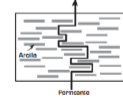
Además es importante considerar el control de velocidad de liberación del agente activo antimicrobiano, para asegurar su máxima eficacia. Para esto, se incorporan en el envase sólidos inorgánicos de estructura laminar nanométrica como las arcillas o silicatos que tienen 1 (nm) de espesor y varias micras de largo.

63

Las arcillas pueden ser modificadas químicamente en un medio acuoso con otras especies cargadas. La modificación estructural de arcillas con este tipo de aditivos da lugar a la generación de organoarcillas, y se han descrito tres posibles formas de interacción entre las arcillas y las matrices poliméricas, las cuales dan origen a distintas estructuras de nanocompositos (ver figura 2)



La primera combinación no tiene muchos cambios en las propiedades de la arcilla, en cambio los nanocompositos exfoliados (c) han reportado significativas mejoras en las propiedades de barrera, debido a la mejor dispersión de las láminas de arcilla en el polímero, lo cual incrementa el efecto de paso tortuoso (ver figura 2) al aumentar la dificultad de la difusión de los gases a través de las estructuras poliméricas.



64



Por su parte, la incorporación de nanoarcillas puede resultar en la liberación controlada de sustancias que pueden ser utilizadas en las tecnologías de envasado activo, mejorando estos envases plásticos activos, con agentes antimicrobianos que contengan y protejan los alimentos, y a la vez permitan aumentar su vida útil y su inocuidad, sin agregar productos químicos al alimento.

65

Responde las siguientes preguntas:

1. ¿Para qué trabajar con Nanotecnología en envasado de alimentos?
2. ¿Qué Nanomateriales puedes identificar en el texto? ¿Cuál es su función?
3. ¿Cuáles son las propiedades que se potencian con la aplicación de estas nanoestructuras?

66

### Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas.

Observa las siguientes imágenes de publicidad e identifica las partículas nanométricas que tiene el producto en cuestión. Además escribe cómo crees tú que está aplicada la nanotecnología a esos productos, es decir cómo estas nanopartículas ayudan a mejorar el material.

67



#### Ondulador para el cabello Gamma

**Descripción del producto:** Las partículas de iones de plata anti bacterianas que se colocan en las paletas, son un potente bactericida y fungicida que impiden la formación de elementos perjudiciales para el cabello y ayudan a recuperar la belleza y brillo natural.

**Nanopartícula identificada:**

**Propiedades potenciadas:**

**Aplicación nanotecnológica:**

68

#### Productos de protección para superficies

**Descripción del producto:** Los productos que utilizamos actúan como repelente al agua, aceites, grasas y otras sustancias (como el efecto impermeable de la flor de loto) ofreciendo protección ante cualquier tipo de suciedad. Esto es posible gracias a los nanopolímeros (vinilos), partículas pequeñas que componen estos agentes limpiadores, los cuales se rocían en la superficie, dejando un recubrimiento hidrofóbico.

**Nanopartícula identificada:**

**Propiedades potenciadas:**

**Aplicación nanotecnológica:**



69

#### Productos cosméticos para el cuidado de la piel

**Descripción del producto:** Empleamos liposomas de calidad farmacéutica, con un tamaño de partícula pequeño y homogéneo (100 nm, dependiendo del principio activo y de la mezcla lipídica), y unilamelares, es decir, con una única bicapa, dentro de estos incorporamos otros componentes como vitaminas, esto permite a nuestros productos tener un mayor nivel de penetración asegurando un 90-100% de absorción del producto por la piel.

**Nanopartícula identificada:**

**Propiedades potenciadas:**

**Aplicación nanotecnológica:**



70

#### Refrigerador con tecnología silver nano Samsung

**Descripción del producto:** Con el recubrimiento antibacteriano Silver Nano de Samsung, las paredes interiores cubiertas de plata de un refrigerador destruyen el 99,9% de las bacterias, evitando que se multipliquen y permitiendo de este modo el almacenamiento higiénico y fresco de los alimentos.

**Nanopartícula identificada:**

**Propiedades potenciadas:**

**Aplicación nanotecnológica:**



71

¡Ahora probemos tu creatividad! imagina una aplicación de Nanotecnología en un producto a tu elección, y describe las propiedades que este tendrá gracias a esta aplicación.

72

Para la evaluación de la actividad, debes tener en cuenta los siguientes criterios:

- Identificar las partículas nanométricas utilizadas en el producto.
- Identificar las propiedades potenciadas
- Explicar la aplicación de nanotecnología en los productos presentados
- Proponer una aplicación nanotecnológica en un producto a tu elección.

73

### Guía 3: Actividad de cierre

Responde junto con tus compañeros de clases las siguientes preguntas, verdaderos y falsos:

1. ¿Qué es nanociencia?
2. ¿Qué es nanotecnología?
3. ¿Qué son los nanopolímeros?
4. ¿Qué propiedades químicas tienen los nanopolímeros?
5. ¿Qué instrumento se utiliza para observar estas partículas?
6. ¿Qué aplicaciones podemos encontrar para los nanopolímeros?
7. ¿Qué otras aplicaciones se encuentran para nanociencia y nanotecnología?
8. ¿Qué beneficios aportan estas aplicaciones para la sociedad?

74

## Biología: Nanociencia y Nanotecnología

Investigando y debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología

75

### Objetivos

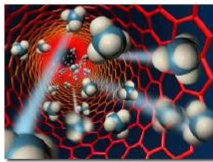
- Investigar acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.
- Debatar acerca de los beneficios y riesgos que puede representar trabajar con Nanotecnología en el área de salud.

76

### Revisión Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana

Temas de investigación:

- Uso de vacunas con nanotecnología para el tratamiento del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH).
- Nanotecnología en el tratamiento de cáncer.
- Tratamientos de trasplantes con Nanotecnología.



77

### Formato del informe:

- Portada (1 página)
- Índice (1 página)
- Introducción y objetivo de la investigación (1 página)
- Desarrollo (2-3 páginas)
- Conclusión (media página)
- Bibliografía o fuente de la información (1 página)

78

Aspectos básicos que desarrolla el informe:

- ¿Cuáles son las nanopartículas que se involucran en cada tratamiento y cómo participan en el proceso?
- ¿Cuáles son los beneficios en la aplicación de esta tecnología?
- ¿Qué tanto se sabe acerca de los riesgos?

79

Para la evaluación de la investigación, debes tener en cuenta los siguientes criterios:

- Cumplir con la estructura propuesta para el informe.
- Cumplir con la extensión propuesta para el informe.
- Responder: ¿Cuáles son las nanopartículas que se involucran en cada tratamiento y cómo participan en el proceso?
- Responder: ¿Cuáles son los beneficios en la aplicación de esta tecnología?
- Responder: ¿Qué tanto se sabe acerca de los riesgos?

80



## Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología

Para esta actividad prepararás un debate con tus compañeros de curso acerca del sistema inmune, pero además relacionado con Nanociencia y Nanotecnología, tema que estudiaron previamente en Física y Química.

### Tema de discusión:

Beneficios y riesgos del uso de nanotecnología para el tratamiento de enfermedades.

81

### ¿Cómo preparar un debate?

El debate debe ser organizado de la siguiente manera:

- **Introducción:** el moderador o un experto invitado presenta el tema de manera general para informar al público.
- **Argumentación:** cada exponente previamente designado por el grupo presenta los argumentos que defienden su postura. Incluye al menos un contraargumento posible y lo rebate fundamentadamente
- **Discusión y preguntas:** el moderador da la palabra para preguntas del público. Cada exponente debe responder a las preguntas en dos minutos, utilizando argumentos que contribuyan a defender su postura.
- **Veredicto:** el jurado evalúa los argumentos de cada parte y da el veredicto final.

83

### Falacias argumentativas

En determinadas situaciones argumentativas algún interlocutor hace uso de argumentos cuya validez es dudosa o, abiertamente, se trata de argumentos inválidos por algún problema o error en su construcción que los hace falsos. Estos errores argumentativos se denominan *falacias*.

- **Premisa falsa:** consiste en basarse sobre hechos que son falsos a la hora de argumentar.
- **Premisas contradictorias:** en este caso, el argumento no defiende a la tesis; más aún, el argumento se contradice con la tesis.
- **Generalización apresurada:** consiste en levantar una generalización basándose en unos pocos hechos puntuales, específicos.
- **Petición de principios:** se reconoce cuando descubrimos que se da por demostrado lo que se debe demostrar. El argumento repite lo que señala la tesis que se debe defender.

85

Para la evaluación del debate, debes tener en cuenta los siguientes criterios:

- Participan todos los integrantes del grupo.
- Elaboran argumentos válidos
- Argumentan en torno a Nanociencia y Nanotecnología
- El grupo respeta las reglas de organización (tiempo, espacios para argumentar, respeto, etc.)

87

### Participantes:

- **Moderador (profesor):** Es quien da la palabra a los exponentes para que presenten los argumentos que han preparado previamente.
- **Jurados:** Evalúan las participaciones.
- **Grupos expertos (debatientes):** Cada uno de los grupos adquiere una postura, la cual deben defender bajo argumentos de distintos tipos. Para este debate los grupos debatientes serán los siguientes:
  - Gobierno
  - Enfermos de alguna de las afecciones investigadas previamente
  - Médicos
  - Farmacéuticas que desarrollan productos con Nanotecnología



82

### Tipos de argumentos:

- **Basados en datos y hechos:** En ambos casos la información es irrefutable, pues descansa en hechos demostrables o en datos estadísticos.
- **Basados en relaciones causales:** Parte de la información funciona como causa, y otra como efecto de la anterior.
- **Basados en definiciones:** Se apoya una tesis utilizando una definición.
- **Basados en comparaciones:** Mediante la comparación se organiza la información en semejanzas y diferencias y a partir de esa comparación, se apoya la tesis.
- **Basados en la autoridad:** Se utiliza el nombre de una autoridad o de una institución de prestigio para apoyar una tesis.
- **Basados en valores:** Se alude a los valores afectivos para defender una tesis.
- **Basados en generalizaciones:** Este tipo de argumentación nos permite llegar a una conclusión general a partir de una serie de situaciones similares y específicas.

84

- **Falsa analogía:** la reconocemos cuando se comparan dos elementos o realidades que no son susceptibles de ser comparados.
- **Causa falsa:** la reconocemos cuando se vinculan por medio de una relación causa – efecto a dos hechos que en realidad no son vinculables.
- **Populismo (ad populum):** consiste en apelar fundamentalmente a los sentimientos de una multitud y no apelar a argumentos de índole lógico.
- **Ataque personal (ad hominem):** se reconoce cuando no rebatimos los argumentos del oponente, sino que nos preocupamos de descalificar a quien sostiene los argumentos.
- **Práctica común:** corresponde a defender un proceder porque es algo que ocurre de manera habitual de esa forma.
- **Polarización:** se identifica esta falacia cuando extremamos los argumentos. Si no es una cosa, debe ser, entonces, todo lo opuesto o todo lo contrario. No reconoce términos medios.

86

### Cierre del debate



- ¿Qué distingue a la Nanociencia y la Nanotecnología de otros tipos de ciencias y tecnologías?
- ¿Qué efectos tienen la Nanociencia y la Nanotecnología sobre el ser humano?

88

### Apéndice 3: Encuesta de validación por juicio de expertos docentes

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado debido a su experiencia y área de especialidad, para evaluar el recurso “Propuesta didáctica interdisciplinaria para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en IV medio, Libro para el docente” como parte de la tesis de grado llamada “Propuesta didáctica para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en el Currículum nacional vigente en la tercera unidad de IV medio”. En su calidad de experto, todos sus comentarios y retroalimentaciones, serán contemplados para mejorar las actividades planteadas en dicha propuesta didáctica, por lo tanto, se le agradece de antemano su tiempo y disposición. En primer término, se presenta una descripción general de la propuesta, posteriormente se brindan las indicaciones sobre la evaluación solicitada.

Esta propuesta está enfocada a la integración de contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a los ya definidos en el Marco Curricular chileno y por los Programas de Estudio respectivos de las tres ciencias escolares: Física, Química y Biología, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1: Aprendizajes esperados de las unidades respectivas de Física, Química y Biología.

Física	Química	Biología
<b>Unidad:</b>		
El átomo y su núcleo	Polímeros	Sistema Inmune: Enfermedades y tratamientos
<b>Aprendizajes Esperados (AE):</b>		
AE 10 - Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades.	AE 09 - Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad.	AE 08: Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes.

Los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a introducir por medio de la propuesta se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a introducir en la propuesta

Física	Química	Biología
<b>Contenidos de la propuesta</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanoescala</li> <li>• Síntesis de nanoestructuras</li> <li>• Relación superficie - volumen</li> <li>• Efecto túnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionalización de nanotubos de carbono</li> <li>• Microscopio</li> <li>• Aplicaciones en envasado de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicaciones médicas</li> <li>• Beneficios y riesgos de Nanociencia y Nanotecnología</li> </ul>

Mediante la propuesta, se asignaron resultados de aprendizaje para cada asignatura, a modo de exponer los conocimientos y habilidades que se espera desarrolle el estudiante en cada una de ellas, ver Tabla 3:

Tabla 3: Resultados de aprendizaje propuestos de Nanociencia y Nanotecnología por asignatura

Física	Química	Biología
<b>Resultados de Aprendizaje planteados (RA)</b>		
RA 1: Reconoce el nanomundo y sus dimensiones comparando los objetos, propiedades y leyes que pertenecen a él con los que pertenecen a otros mundos.	RA 2: Identifica el uso de Nanociencia y Nanotecnología en la producción de plásticos, declarando sus beneficios y riesgos para la sociedad.	RA 3: Analiza los riesgos y beneficios de la Nanociencia y Nanotecnología en la sociedad debatiendo su uso en medicina para enfermedades autoinmunes.

Por otro lado, el recurso ha sido construido con la finalidad de promover la interdisciplinariedad, es decir, el trabajo colaborativo entre las tres ciencias escolares. Siendo esto y el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) fundamentales para su implementación, como se detalla en la página 6 del libro para el docente. La propuesta está estructurada en tres partes, una de Física, otra de Química y finalmente una de Biología, en donde se necesitan los contenidos de Nanotecnología vistos en las asignaturas anteriores (página 7 de la propuesta). Cada parte cuenta con guías, las cuales a su vez están compuestas por actividades, como puede apreciarse en la tabla 4:

Tabla 4: Estructura propuesta general

<b>Propuesta de Física:</b>	
Actividad Previa: Palabras importantes	
Guía 1: Escalas y Mundos	Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño
Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala	Actividad 1: Acercándonos al átomo Actividad 2: Camino a lo pequeño Actividad 3: Desarmando un cubo Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man Actividad 5: Efecto túnel
Guía 3: Actividad de cierre	
<b>Propuesta de Química:</b>	
Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros	Actividad 1: Historia del plástico Actividad 2: Nanotubos de carbono Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros
Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros	Actividad 1: Caracterización, ¿cómo vemos las nanopartículas? Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros? Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas
Guía 3: Actividad de cierre	
<b>Propuesta de Biología:</b>	
Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana	
Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología	

Como medio de validación de nuestra propuesta, es que solicitamos su opinión acerca del material construido. Reiteramos nuestro agradecimiento por su disposición y tiempo para revisar el documento, así como para contestar esta encuesta. Particularmente, solicitamos su apreciación respecto a la utilidad de la secuencia didáctica para lograr el Resultado de Aprendizaje propuesto, y las herramientas didácticas utilizadas para abordar los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología, considerando el nivel educativo al que van dirigidos y la restricción de tiempo asociada.

Agradecemos su valiosa colaboración.

Por favor, complete la información a continuación con sus datos:

**Nombre y apellido** :

**Formación académica** :

**Áreas de experiencia profesional** :

**Institución en que se desempeña** :

**Años de experiencia laboral** :

**¿Ha hecho clases a IV medio en los últimos 5 años?** :

**¿Qué parte de la propuesta validará?** :

**Instrucciones:**

A continuación, en las tablas para evaluar la propuesta, encontrará una serie de indicadores con frases afirmativas, las cuales usted, como juez de la propuesta, deberá valorar según la siguiente escala:

Valoración
V Completamente de acuerdo.
IV De acuerdo.
III Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
II En desacuerdo.
I Completamente en desacuerdo.

De acuerdo a su criterio asigne un valor a cada indicador, y escriba su apreciación en la casilla correspondiente, como se muestra a continuación (letras en morado):

Nombre guía		
Indicador	Valoración	
	Actividad	
	1	2
Indicador a valorar	I / II / III IV / V	I / II / III IV / V
Indicador a valorar	I / II / III IV / V	

**(\*) Si alguna casilla se encuentra ennegrecida, quiere decir que para esa actividad el criterio no aplica.**

Para finalizar la encuesta, encontrará dos preguntas, de las cuales debe indicar su nivel de acuerdo o desacuerdo con lo planteado:

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

También se solicita realizar en esta sección los comentarios que justifican su afirmación.

**Propuesta de Física (páginas 9-20 de la propuesta):**

<b>Actividad previa: Palabras importantes</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía		
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada		
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla		
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables		
La redacción de la actividad es clara y entendible		
Los términos consultados son fundamentales para el desarrollo de la propuesta		
<b>Guía 1: Escalas y Mundos</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
Las actividades de la guía están de acuerdo con los objetivos de la guía		
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>	
	<b>Actividad</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada		
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla		

La redacción de la actividad es clara y entendible.					
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables					
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta					
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles					
El material audiovisual incluido es acorde a los objetivos de la guía (video Nanociencia y Nanotecnología)					
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía (imagen escala de objetos e interacciones predominantes; imágenes de tabla)					
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>					
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>				
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía					
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>				
	<b>Actividad</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada					
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla					
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables					
La redacción de la actividad es clara y entendible.					



El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta.					
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles					
El material audiovisual incluido es acorde al objetivo de la guía					
El material visual incluido es acorde al objetivo de la guía					
<b>Actividad de cierre</b>					
<b>Indicador</b>					<b>Valor</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía					
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada					
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla					
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables					
La redacción de la actividad es clara y entendible.					
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta.					
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles					

**Propuesta de Química (páginas 21-38 de la propuesta):**

<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía			
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>		
	<b>Actividad</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla			
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables			
La redacción de la actividad es clara y entendible.			
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta			
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles			
El material visual incluido es acorde al objetivo de la guía			
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía			

Indicador	Valoración		
	Actividad		
	1	2	3
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla			
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables			
La redacción de la actividad es clara y entendible.			
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta			
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles			
El material visual incluido es acorde al objetivo de la guía			
<b>Actividad de cierre</b>			
Indicador			Valor
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía			
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla			
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables			
La redacción de la actividad es clara y entendible.			

El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	

**Propuesta de Biología (páginas 39-46 de la propuesta):**

<b>Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables	
La redacción de la actividad es clara y entendible.	
Los contenidos previos (vistos en física y química) facilitan el desarrollo de la actividad.	
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	
Las páginas web aconsejadas para los alumnos permiten el desarrollo de la investigación	
<b>Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	

El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables	
La redacción de la actividad es clara y entendible.	
Los contenidos previos (vistos en Física y Química) facilitan el desarrollo de la actividad.	
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	
Las páginas web aconsejadas para los alumnos permiten el desarrollo del debate	

Al término de la revisión de las guías y sus actividades, ¿considera que se logra el RA propuesto la asignatura?

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

Por favor justifique a continuación, en los comentarios:

<b>Comentarios</b>

¿A partir de los Resultados de Aprendizaje (ver tabla 3) y los contenidos planteados (ver tabla 2) en la introducción de este documento, considera que en términos generales, la propuesta completa (Física, Química y Biología) cumple con el objetivo de interdisciplinariedad?

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

Por favor justifique a continuación, en los comentarios:

<b>Comentarios</b>

¿Es pertinente la ubicación de la propuesta, en cuanto a nivel, unidad y momento del año escolar?

Física IV medio, inicio del segundo semestre, 3° unidad (El átomo y su núcleo)

Química IV medio, inicio del segundo semestre, 3° unidad (Polímeros)

Biología IV medio, inicio del segundo semestre, 3° unidad (Sistema inmune: enfermedades y tratamientos)

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

Por favor justifique a continuación, en los comentarios:

Comentarios

**Agradecemos su tiempo y disposición. Si surge alguna duda con las instrucciones de esta encuesta o con una actividad de la propuesta a evaluar, puede comunicarse a los correos: [nayarethquirola@gmail.com](mailto:nayarethquirola@gmail.com) o [marquezherreravalentina@gmail.com](mailto:marquezherreravalentina@gmail.com). De igual forma, si desea conocer los resultados de la validación con los comentarios de todos los expertos involucrados (tanto docentes como expertos en Nanociencia y Nanotecnología), no dude en solicitarlos.**

## Apéndice 4: Encuesta de validación por juicio de expertos en Nanociencia y Nanotecnología

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado debido a su experiencia y área de especialidad, para evaluar el recurso “Propuesta didáctica interdisciplinar para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en IV medio, Libro para el docente” como parte de la tesis de grado llamada “Propuesta didáctica para incorporar Nanociencia y Nanotecnología en el Currículum nacional vigente en la tercera unidad de IV medio”. En su calidad de experto, todos sus comentarios y retroalimentaciones, serán contemplados para mejorar las actividades planteadas en dicha propuesta didáctica, por lo tanto, se le agradece de antemano su tiempo y disposición. En primer término, se presenta una descripción general de la propuesta, posteriormente se brindan las indicaciones sobre la evaluación solicitada.

Esta propuesta está enfocada a la integración de contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a los ya definidos en el Marco Curricular chileno y por los Programas de Estudio respectivos de las tres ciencias escolares: Física, Química y Biología, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1: Aprendizajes esperados de las unidades respectivas de Física, Química y Biología.

Física	Química	Biología
<b>Unidad:</b>		
El átomo y su núcleo	Polímeros	Sistema Inmune: Enfermedades y tratamientos
<b>Aprendizajes Esperados (AE):</b>		
AE 10 - Describir el núcleo atómico y algunas de sus propiedades.	AE 09 - Presentar polímeros destacados en procesos industriales, como la producción de vestimenta o plásticos, e identificar su utilidad en la sociedad.	AE 08: Evaluar el aporte de conocimientos científicos sobre el sistema inmune en el desarrollo de terapias como vacunas y tratamientos contra el rechazo de trasplantes.

Los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a introducir por medio de la propuesta se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a introducir en la propuesta

Física	Química	Biología
<b>Contenidos de la propuesta</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nanoescala</li> <li>● Síntesis de nanoestructuras</li> <li>● Relación superficie - volumen</li> <li>● Efecto túnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Funcionalización de nanotubos de carbono</li> <li>● Microscopio</li> <li>● Aplicaciones en envasado de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicaciones médicas</li> <li>● Beneficios y riesgos de Nanociencia y Nanotecnología</li> </ul>

Mediante la propuesta, se asignaron resultados de aprendizaje para cada asignatura, a modo de exponer los conocimientos y habilidades que se espera desarrolle el estudiante en cada una de ellas, ver Tabla 3:

Tabla 3: Resultados de aprendizaje propuestos de Nanociencia y Nanotecnología por asignatura

Física	Química	Biología
<b>Resultados de Aprendizaje planteados (RA)</b>		
RA 1: Reconoce el nanomundo y sus dimensiones comparando los objetos, propiedades y leyes que pertenecen a él con los que pertenecen a otros mundos.	RA 2: Identifica el uso de Nanociencia y Nanotecnología en la producción de plásticos, declarando sus beneficios y riesgos para la sociedad.	RA 3: Analiza los riesgos y beneficios de la Nanociencia y Nanotecnología en la sociedad debatiendo su uso en medicina para enfermedades autoinmunes.

Por otro lado, el recurso ha sido construido con la finalidad de promover la interdisciplinariedad, es decir, el trabajo colaborativo entre las tres ciencias escolares. Siendo esto y el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) fundamentales para su implementación, como se detalla en la página 6 del libro para el docente. La propuesta está estructurada en tres partes, una de Física, otra de Química y finalmente una de Biología, en donde se necesitan los contenidos de Nanotecnología vistos en las asignaturas anteriores (página 7 de la propuesta). Cada parte cuenta con guías, las cuales a su vez están compuestas por actividades, como puede apreciarse en la tabla 4:



Tabla 4: Estructura propuesta general

<b>Propuesta de Física:</b>	
Actividad Previa: Palabras importantes	
Guía 1: Escalas y Mundos	Actividad 1: Video sobre Nanociencia y Nanotecnología Actividad 2: De lo más grande a lo más pequeño
Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala	Actividad 1: Acercádonos al átomo Actividad 2: Camino a lo pequeño Actividad 3: Desarmando un cubo Actividad 4: El pequeño y gran Ant Man Actividad 5: Efecto túnel
Guía 3: Actividad de cierre	
<b>Propuesta de Química:</b>	
Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros	Actividad 1: Historia del plástico Actividad 2: Nanotubos de carbono Actividad 3: Funcionalización de nanopolímeros
Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros	Actividad 1: Caracterización, ¿cómo vemos las nanopartículas? Actividad 2: ¿Cómo se aplican los nanopolímeros? Actividad 3: Aplicaciones en otras áreas
Guía 3: Actividad de cierre	
<b>Propuesta de Biología:</b>	
Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana	
Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología	

Como medio de validación de nuestra propuesta, es que solicitamos su opinión acerca del material construido. Reiteramos nuestro agradecimiento por su disposición y tiempo para revisar el documento, así como para contestar esta encuesta. Particularmente solicitamos su

apreciación respecto al rigor científico con que son tratados los contenidos de Nanociencia y Nanotecnología considerando el nivel educativo al que van dirigidos y la restricción de tiempo asociada.

Agradecemos su valiosa colaboración.

Por favor, complete la información a continuación con sus datos:

**Nombre y apellido** :

**Formación académica** :

**Áreas de experiencia profesional** :

**Institución en que se desempeña** :

**Años de experiencia laboral** :

**Instrucciones:**

A continuación, en las tablas para evaluar la propuesta, encontrará una serie de indicadores con frases afirmativas, las cuales usted, como juez de la propuesta, deberá valorar según la siguiente escala:

<b>Valoración</b>	
V	Completamente de acuerdo.
IV	De acuerdo.
III	Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
II	En desacuerdo.
I	Completamente en desacuerdo.

De acuerdo a su criterio asigne un valor a cada indicador, y escriba su apreciación en la casilla correspondiente, como se muestra a continuación (letras en morado):

Nombre guía		
Indicador	Valoración	
	Actividad	
	1	2
Indicador a valorar	I / II / III IV / V	I / II / III IV / V
Indicador a valorar	I / II / III IV / V	

**(\*) Si alguna casilla se encuentra ennegrecida, quiere decir que para esa actividad el criterio no aplica.**

Para finalizar la encuesta, encontrará dos preguntas, de las cuales debe indicar su nivel de acuerdo o desacuerdo con lo planteado:

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

También se solicita realiza en esta sección los comentarios que justificarán su afirmación.

**Propuesta de Física (páginas 9-20 de la propuesta):**

<b>Actividad previa: Palabras importantes</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades		
Las notas al docente son suficientes para comprender el objetivo de la actividad y la manera en que debe ser abordada		
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos		
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos		
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades		
<b>Guía 1: Escalas y Mundos</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades		
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>	
	<b>Actividad</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada		
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos		

Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos					
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades					
El material audiovisual es coherente con la información que se entrega					
El material visual es coherente con la información que se entrega					
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>					
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>				
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades					
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>				
	<b>Actividad</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada					
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos					
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos					
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o					

respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades					
El material audiovisual es coherente con la información que se entrega					
El material visual es coherente con la información que se entrega					
<b>Actividad de cierre</b>					
<b>Indicador</b>					<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades					
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada					
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos					
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos					
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades					

**Propuesta de Química (páginas 21-38 de la propuesta):**

<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>		
	<b>Actividad</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos			
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos			
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades			
El material visual es coherente con la información que se entrega			
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>		

	Actividad		
	1	2	3
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos			
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos			
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades			
El material visual es coherente con la información que se entrega			
<b>Actividad de cierre</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos			
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos			
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades			



**Propuesta de Biología (páginas 39-46 de la propuesta):**

<b>Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades	
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	
Los contenidos previos (vistos en Física y Química) sustentan el desarrollo de la actividad.	
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	
Las páginas web que se ofrecen al estudiante para búsqueda de información para el informe, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	
<b>Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades	
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	
Los contenidos previos (vistos en Física y Química) sustentan el desarrollo de la actividad.	
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos.	
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos.	

Las páginas web que se ofrecen al estudiante como apoyo del debate, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades.	
--	--

Al término de la revisión de las guías y sus actividades, ¿considera que se logra el RA propuesto para la asignatura se cumple?

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

Por favor justifique a continuación, en los comentarios:

<b>Comentarios</b>

¿A partir de los Resultados de Aprendizaje (ver tabla 3) y los contenidos planteados (ver tabla 2) en la introducción de este documento, considera que en términos generales, la propuesta completa (Física, Química y Biología) cumple con el objetivo de interdisciplinariedad?

**Completamente**

**Parcialmente**

**No se logra**

Por favor justifique a continuación, en los comentarios:

<b>Comentarios</b>

**Agradecemos su tiempo y disposición. Si surge alguna duda con las instrucciones de esta encuesta o con una actividad de la propuesta a evaluar, puede comunicarse a los correos: [nayarethquirola@gmail.com](mailto:nayarethquirola@gmail.com) o [marquezherreravalentina@gmail.com](mailto:marquezherreravalentina@gmail.com). De igual forma, si desea conocer los resultados de la validación con los comentarios de todos los expertos involucrados en la validación (tanto docentes como expertos en Nanociencia y Nanotecnología), no dude en solicitarlos.**

## Apéndice 5: Resumen Juicio de expertos

Se asigna un valor a cada indicador como se presenta en la tabla a continuación:

V Completamente de acuerdo.
IV De acuerdo.
III Ni de acuerdo ni en desacuerdo.
II En desacuerdo.
I Completamente en desacuerdo

### Docentes

**Física:**

**DF1:** Paolo Núñez

**DF2:** Cinthia Valenzuela

Actividad previa: Palabras importantes		
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	V	V
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	IV	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	IV	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables	V	V

La redacción de la actividad es clara y entendible	V	IV
Los términos consultados son fundamentales para el desarrollo de la propuesta	V	V
<b>Guía 1: Escalas y Mundos</b>		
<b>Actividad 1:</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
	<b>DF1</b>	<b>DF2</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con los objetivos de la guía	IV	V
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
	<b>DF1</b>	<b>DF2</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V	V
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	V
El material audiovisual incluido es acorde a los objetivos de la guía (video Nanociencia y Nanotecnología)	V	V
<b>Guía 1: Escalas y Mundos</b>		
<b>Actividad 2:</b>		

Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V	V
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	V
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía (imagen escala de objetos e interacciones predominantes; imágenes de tabla)	V	V
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>		
<b>Actividad 1:</b>		
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las actividades de la guía están de acuerdo con los objetivos de la guía	IV	V
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	IV

El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	IV
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía	III	IV
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>		
<b>Actividad 2:</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
	<b>DF1</b>	<b>DF2</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	IV	IV
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	IV	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	IV	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	IV	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	IV
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>		
<b>Actividad 3:</b>		

Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	IV
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	IV	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	IV	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	IV
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>		
<b>Actividad 4:</b>		
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	IV	IV
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	IV

Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>		
<b>Actividad 5:</b>		
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	IV	IV
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	IV	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	IV	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V	IV
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV
El material audiovisual incluido es acorde a los objetivos de la guía (video Nanociencia y Nanotecnología)	V	IV
<b>Actividad de cierre</b>		
Indicador	Valor	
	DF1	DF2
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	V	IV
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	IV



El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	IV	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta.	V	IV
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V	IV

**Química:**

**DQ1:** Claudia Soto

<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 1:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con los objetivos de la guía	-
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V

Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V
<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 2:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	III
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía	V
<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 3:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>

Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	IV
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	III
La redacción de la actividad es clara y entendible.	IV
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	IV
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía	V
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 1:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con los objetivos de la guía	IV
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V
La redacción de la actividad es clara y entendible.	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V

El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	<b>III</b>
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	<b>V</b>
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 2:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	<b>V</b>
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	<b>V</b>
La redacción de la actividad es clara y entendible.	<b>V</b>
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	<b>V</b>
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	<b>V</b>
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	<b>V</b>
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>	
<b>Actividad 3:</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	<b>V</b>
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	<b>V</b>

La redacción de la actividad es clara y entendible.	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V
El material visual incluido es acorde a los objetivos de la guía	V
<b>Actividad de cierre</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
	<b>DQ1</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	<b>III</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	V
Las indicaciones y procedimientos propuestos en las actividades de la guía son realizables	V
La redacción de la actividad es clara y entendible.	<b>IV</b>
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta.	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	V

**Biología:**

DB1: Alejandra Rojas

DB2: Claudia Soto

<b>Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	
	<b>DB1</b>	<b>DB2</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	IV	IV
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	II	V
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	II	III
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables	IV	IV
La redacción de la actividad es clara y entendible.	IV	IV
Los contenidos previos (vistos en física y química) facilitan el desarrollo de la actividad.	IV	V
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	IV	V
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	IV	V
Las páginas web aconsejadas para los alumnos permiten el desarrollo de la investigación	IV	V
<b>Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	

	<b>DB1</b>	<b>DB2</b>
Las actividades de la guía están de acuerdo con el objetivo de la guía	<b>II</b>	<b>IV</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	<b>II</b>	<b>IV</b>
El tiempo propuesto en el desarrollo de la actividad es suficiente para realizarla	<b>II</b>	<b>III</b>
Las indicaciones y procedimientos propuestos en la guía son realizables	<b>IV</b>	<b>V</b>
La redacción de la actividad es clara y entendible.	<b>IV</b>	<b>V</b>
Los contenidos previos (vistos en Física y Química) facilitan el desarrollo de la actividad.	<b>II</b>	<b>IV</b>
El vocabulario científico utilizado es comprensible para el desarrollo de la propuesta	<b>IV</b>	<b>V</b>
Los materiales requeridos para el desarrollo de la actividad son accesibles	<b>IV</b>	<b>V</b>
Las páginas web aconsejadas para los alumnos permiten el desarrollo del debate	<b>IV</b>	<b>V</b>

## Investigadores

**Física:**

**IF: Roberto Escobar**

<b>Actividad previa: Palabras importantes</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			<b>V</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender el objetivo de la actividad y la manera en que debe ser abordada			<b>V</b>
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos			<b>V</b>
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos			<b>V</b>
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades			<b>IV</b>
<b>Guía 1: Escalas y Mundos</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			<b>V</b>
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>		
	<b>Actividad</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	



Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V			
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	V	V			
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	V	V			
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	IV	IV			
El material audiovisual es coherente con la información que se entrega	V				
El material visual es coherente con la información que se entrega		V			
<b>Guía 2: Propiedades y aplicaciones de los materiales a nanoescala</b>					
<b>Indicador</b>		<b>Valor</b>			
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades		-			
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>				
	<b>Actividad</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V	V	V	V
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	V	V	V	V	V

Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	V	V	V	V	V
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	IV	IV	IV	IV	IV
El material audiovisual es coherente con la información que se entrega	No aplica				V
El material visual es coherente con la información que se entrega	V	V	V	V	No aplica
<b>Actividad de cierre</b>					
<b>Indicador</b>					<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades					V
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada					V
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos					V
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos					V
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades					V

Química:

IQ: Pamela Sepúlveda

<b>Guía 1: Fabricación y funcionalización de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			V
<b>Indicador</b>	<b>Valoración</b>		
	<b>Actividad</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V	V
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	V	V	V
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	V	V	V
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	V	V	III
El material visual es coherente con la información que se entrega	V	V	V
<b>Guía 2: Caracterización y aplicación de nanopolímeros</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			-

Indicador	Valoración		
	Actividad		
	1	2	3
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V	V	V
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	V	V	V
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	V	V	V
Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	V	V	V
El material visual es coherente con la información que se entrega	V	V	V
<b>Actividad de cierre</b>			
<b>Indicador</b>			<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades			V
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada			V
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos			V
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos			V

Las páginas web que se ofrecen al docente para búsqueda de información adicional, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	V
---	---

**Biología:**

**IB:** Elías Leiva

<b>Guía 1: Investigando pros y contras de Nanociencia y Nanotecnología en la salud humana</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades	V
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V
Los contenidos previos (vistos en Física y Química) sustentan el desarrollo de la actividad.	IV
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos	V
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos	V
Las páginas web que se ofrecen al estudiante para búsqueda de información para el informe, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades	V
<b>Guía 2: Debatiendo sobre Nanociencia y Nanotecnología</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
Existe coherencia entre el objetivo de la guía y las actividades	V
Las notas al docente son suficientes para comprender la actividad y la manera en que debe ser abordada	V

Los contenidos previos (vistos en Física y Química) sustentan el desarrollo de la actividad.	<b>IV</b>
Las definiciones de los conceptos abordados son vigentes de acuerdo con el actual estado de conocimientos.	<b>V</b>
Las respuestas dirigidas al docente se apegan a un nivel de conocimiento básico en Nanociencia y Nanotecnología sin simplificar en exceso los términos.	<b>V</b>
Las páginas web que se ofrecen al estudiante como apoyo del debate, son vigentes y cuentan con rigor científico o respaldo académico para manejar los conceptos requeridos en las actividades.	<b>V</b>