RETOS NANO-DIDÁCTICOS: UNA APROXIMACIÓN EN BÁSICA PRIMARIA A LOS CONCEPTOS DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA

Sandra Marcela Aragón Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2020

RETOS NANO-DIDÁCTICOS: UNA APROXIMACIÓN EN BÁSICA PRIMARIA A LOS CONCEPTOS DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA

Sandra Marcela Aragón Rodríguez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Nelson Jair Castellanos Márquez
Doctor en Química
Profesor Asociado
Departamento de Química

Línea de Investigación de la maestría

Aprendizaje de las Ciencias y Trabajo experimental en el aula

Grupo de Investigación

Diseño y reactividad de estructuras sólidas - (Lab-DRES)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2020

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mi querida madre, por su paciencia, amor y constancia a lo largo del camino.

A mi padre, que reposa en la presencia de Dios.

A mi esposo, por ser cómplice de todos mis sueños y apoyarme incondicionalmente durante esta etapa de formación profesional.

A mis amados hijos Samuel y Martín, fuente de inspiración y motivación de todos mis proyectos.

Agradecimientos

Inicialmente, quiero dar un agradecimiento especial a mí asesor PhD Nelson Jair Castellanos Márquez, del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá por su exigencia y valiosos aportes, pero sobre todo por involucrarme con el diminuto mundo nano.

A la Secretaria de Educación del Distrito (SED) por las oportunidades laborales y de formación profesional que permitieron que alcanzara la meta final de este proyecto de vida.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá por brindarme la oportunidad de mejorar mi formación personal y profesional.

Al grupo de docentes de la Universidad Nacional que durante el transcurso de este proceso formativo dejaron huella y aportaron significativamente en la orientación de mi ejercicio pedagógico, científico y profesional.

Al colegio La Concepción IED, por ser el espacio de desarrollo el proyecto y en donde cada día tengo la oportunidad de fortalecer la hermosa actividad social que ejerzo como docente.

A todos mis familiares por la paciencia, el apoyo incondicional y la confianza total que me brindaron durante el recorrido de este maravilloso camino de provechosos aprendizajes.

Resumen

Con el fin de contribuir en el campo de investigación educativa se presenta esta estrategia didáctica cuyo objetivo fue crear una inmersión en la ciencia en edades tempranas de escolaridad con la introducción de nociones de nanociencia y nanotecnología. El proyecto estuvo dirigido a estudiantes de grado quinto de primaria del Colegio Distrital La Concepción IED y fue desarrollado utilizando el enfoque pedagógico de Aprendizaje Basado en Retos por ser una alternativa moderna que favorece la participación de los alumnos. La propuesta surgió como una respuesta a la falta de motivación que tienen los escolares en las clases de ciencias y con el propósito adicional de contribuir en la transformación del método tradicional de enseñanza en Colombia en educación básica primaria. La estrategia desarrollada obedece a un paradigma mixto concurrente, (CUAL-cuan) enmarcado en la investigación acción educativa y la metodología comprendió tres fases: diseño, implementación y análisis. Primero, se aplicó una prueba inicial para identificar las preconcepciones de los alumnos. Luego, se desarrolló la estrategia llamada “Retos Nano-Didácticos”, cuya evaluación se efectuó por medio de cinco retos grupales, diferentes nanotest individuales, murales de expresión, recolección de impresiones en video sobre la percepción propia del aprendizaje, para finalmente llegar a una prueba final individual. Los resultados evidencian que con la aplicación de esta propuesta se mejoró la disposición de los estudiantes e incrementó la valoración en el desempeño académico en el área de ciencias, pasando de un nivel de bajo a un nivel básico, a partir del desarrollo en el aula de conceptos del mundo en la escala nanométrica.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Retos (ABR), mundo nanométrico, nanomateriales, nanociencia y nanotecnología en educación básica primaria.

Abstract

This didactic strategy is presented in order to contribute to the field of educational research and the objective was to create an immersion towards science at an early schooling ages with the introduction about nanoscience and nanotechnology notions. The project was aimed at fifth grade elementary students of district school La Concepción IED, and was development using the Pedagogical Approach to Challenge-Based Learning as it is an alternative modern that favors student's participation. The proposal arose in response to lack of motivation that schoolchildren have in science classes and with the additional purpose to contribute in the transformation of the traditional teaching method in Colombia at elementary school. The strategy developed obeys a concurrent mixed paradigm (QUAL-quan) framed in educational action research and the methodology comprises in three phases: design, implementation, and analysis. First, an initial test was applied to identify the student's preconceptions. Then, the strategy called "Nano-didactic challenges" was developed and the its evaluation was carried out by means of five challenges solved in group, different individual nanotest, expression murals, a collection of video impressions on the self-perception of learning to finally reach an individual final test. The results showed that with the application of this proposal the disposition of the students was improved and the assessment of academic performance in the area of science increased going from a low level to basic level, based on development in the classroom of concepts of the world in the nanometric scale.

Keywords: Challenge Based Learning (CBL), nanometric world, nanomaterials, nanoscience and nanotechnology at elementary school.

Contenido

Pág

Introducción.....1

1. Generalidades 5
1.1 Contexto Social 5
1.2 Planteamiento del problema.....7
1.3 Objetivo general 9
1.4 Objetivos específicos 9

2. Marco de referencia 11
2.1 Origen de la Nanociencia y la Nanotecnología 11
2.2.1 Átomo.....15
2.2.2 Molécula.....16
2.2.3 Partícula 16
2.2.4 Micropartícula.....17
2.2.5 Nanopartícula.....17
2.2.6 El nanómetro 17
2.2.7 Escala nanométrica 20
2.2.8 Nanomateriales de carbono.....23
2.2.9 Los Fullerenos.....24
2.2.10 Nanotubos de carbono 25
2.2.11 El Grafeno 26
2.2.12 Nanociencia y Nanotecnología 27
2.3 Antecedentes sobre enseñanza de nanociencia en la escuela 28
2.4 Aprendizaje Basado en Retos (ABR) 34

3. Metodología.....38
3.1 Tipo de Investigación 39
3.2 Enfoque Mixto 40
3.3 Instrumentos de recolección de datos 41
3.4 Fase I: Diseño de la estrategia pedagógica.....42
3.5 Fase II: Implementación de los “Retos nano-didácticos” en el aula 43
3.6 Fase III: Análisis de Resultados 45
3.7 Conceptos desarrollados en la investigación.....46
3.8 Lineamientos Curriculares.....46

4. Análisis y discusión de los resultados.....51
4.1 Análisis del diseño de la estrategia pedagógica 51
4.2 Análisis de la Implementación de los “Retos Nano-Didáctico” en el aula.....55
4.3 Análisis de los resultados obtenidos en la fase de Implementación.....59

4.3.1 Test Inicial- Diagnóstico 59
4.3.2 Retos Nano- Didácticos 67
4.3.3 Actividades Prácticas 70
4.3.4 Actividades Experimentales 74
4.3.5 Recursos Audiovisuales 75
4.3.6 Evaluación continua, sistematica y formativa 77
4.3.7 Test de Evaluación 78
4.3.8 Documentación 85
4.3.9 Test Final-Aporte significativo 87
4.4 Validación de la estrategia pedagógica “Retos-Nano-Didácticos” 94
4.4.1 Análisis de indicadores 98
4.4.2 Análisis Integrado de los indicadores en la implementación de la Propuesta “”*Retos Nano-didácticos”*” en relación con el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes de Grado Quinto. 109

5. Conclusiones 115

6. Recomendaciones 116

7. Apéndices 117

8. Referencia Bibliográficas 177

Lista de figuras

Pág.
Figura 1. Foto del Colegio La Concepción - IED y mapa de ubicación.....5
Figura 2. Estudiantes del grado 502 del colegio la concepción.....6
Figura 3.Clasificación de materiales, objetos y estructuras en una escala métrica. 18
Figura 4. Imagen del diámetro de un cabello humano. 19
Figura 5. Comparación de una naranja con el diámetro de la tierra para entender el concepto de nanómetro.....20
Figura 6. Objetos, materiales y estructuras ubicados en las diferentes escalas.....22
Figura 7. Regla con métricas en nanómetros y sus mediciones en seres comunes como el perro y una pulga.....23
Figura 8. Clasificación de los nanomateriales:.....23
Figura 9. Modelo de un fullereno de carbono 25
Figura 10. Porción de nanotubo de pared sencilla.....26
Figura 11. Representación de la lámina de grafeno y de los materiales carbonáceos derivados de él.....27
Figura 12. Secuencias para el desarrollo del ABR.....35
Figura 13. Infografía del diseño metodológico. 38
Figura 14. Fases del proceso de Investigación - acción. 40
Figura 15. Instrumentos de recolección de datos utilizados.....41
Figura 16. Pasos de la fase de implementación. 44
Figura 17. Elementos del modelo de Aprendizaje Basado en la Experiencia de David Kolb.....52
Figura 18. Evidencia del momento en que los estudiantes realizan la decoración del portafolio 57
Figura 19. Etapas del Enfoque Pedagógico ABR 58
Figura 20. Evidencia del momento de la aplicación de la prueba inicial – diagnóstico.....60
Figura 21 Resultados de la prueba inicial - diagnóstico.....61
Figura 22. Porcentaje de estudiantes que cumplieron o no los aspectos cognitivos propuestos en la rúbrica de evaluación de la prueba inicial-diagnóstico.....63
Figura 23. Evidencias de las respuestas a la pregunta abierta en la prueba Inicial-Diagnóstico 66
Figura 24. Evidencia fotográfica del momento en que se realizaron algunas de las actividades prácticas: a. Regletas de Cuiseinare. b. Lectura en grupos y medición de estaturas. c. Actividad de pintura, efecto del tamaño sobre el color. d. Modelos moleculares.....73

Figura 25. Evidencia fotográfica del momento en que se realizaron las actividades experimentales a. Actividad vivencial-Solubilidad b. Actividad vivencial-Efecto loto c. Actividad demostrativa-Vaselina como impermeabilizante d. Actividad demostrativa-Laberinto de agua. 75
Figura 26. Evidencia, uso de recursos tecnológicos durante la implementación 76
Figura 27. Diapositivas utilizadas durante el desarrollo de la propuesta. 77
Figura 28. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 1. 79
Figura 29. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 2. 80
Figura 30. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 3. 82
Figura 31. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 4 83
Figura 32. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 5. 84
Figura 33. Evidencia del momento en que se realiza la decoración del portafolio. 86
Figura 34. Descripción y resultados de la prueba final implementada al final de la aplicación de los seis Retos Nano-Didácticos. 87
Figura 35. Comparación de los resultados obtenidos en la prueba inicial y final de acuerdo con el porcentaje de aciertos. 89
Figura 36. Comparación de resultados obtenidos al aplicar la rúbrica de evaluación para la prueba inicial y final 91
Figura 37. Actividad del Reto Nano-Didáctico 1 98
Figura 38. Actividad del Reto Nano-Didáctico 3 99
Figura 39. Momento en que los estudiantes realizan el mural de expresión, “Hablemos sobre Nano 2” 101
Figura 40. Murales de expresión “hablemos sobre nano 1,2 y 4” 102
Figura 41. Evidencia del trabajo en equipo desarrollado en el Reto 2 105
Figura 42. Evidencia del trabajo en equipo desarrollado en los Retos 1 y 4 105
Figura 43. Evidencia de actividades experimentales realizadas en los Retos 2 y 4 107
Figura 44. Evidencia de respuestas dadas por los estudiantes en la prueba inicial 108
Figura 45. Evidencia de respuestas dadas por los estudiantes en la prueba final 108

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Estrategias de divulgación y formación nano a nivel mundial - parte I.Fuente: Elaboración propia 30
Tabla 2. Estrategias de divulgación y formación nano a nivel mundial - parte II.Fuente: Elaboración propia 31
Tabla 3. Etapas del proceso de investigación-acción 39
Tabla 4. Escala de valoración y desempeño 46
Tabla 5. Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte I. ..47
Tabla 6. Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte II. .47
Tabla 7. Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte III. 48
Tabla 8. Estándares de Matemáticas tenidos en cuenta en la investigación.....48
Tabla 9. Resumen de antecedentes sobre divulgación en N&N. 53
Tabla 10. Rúbrica N° 1 (Evaluación del Test Inicial- Diagnóstico) 62
Tabla 11. Idea general, pregunta esencial y objetivos de los seis Retos Nano-Didácticos ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabla 12. Actividades prácticas aplicadas en el proyecto. 70
Tabla 13. Descripción de actividades experimentales implementadas. 74
Tabla 14. Recursos tecnológicos utilizados durante la implementación.....76
Tabla 15. Comparación de promedios de rendimiento por curso de los test aplicados. ...85
Tabla 16. Comparación de resultados obtenidos en la prueba inicial y final. 88
Tabla 17. Comparación de promedios prueba inicial y final.....90
Tabla 18. Resultados obtenidos al aplicar la Rúbrica de evaluación N° 1 a la prueba final 90
Tabla 19. Evaluación del impacto de los Indicadores emergentes para la implementación de la propuesta.....97
Tabla 20. Algunas opiniones de los estudiantes sobre el proyecto. 102
Tabla 21. Lista de retos.....104

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
ABR	Aprendizaje Basado en Retos
CBL	Challenge Based Learning
cm	Centímetro
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
IED	Institución Educativa Distrital
ITESM	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterey
Km	Kilometro
MEN	Ministerio de Educación Nacional
m	Metro
mm	Milímetro
N &N	Nanociencia y Nanotecnología
NANODYF	Red Internacional ‘José Roberto Leite' de divulgación y formación en Nanotecnología
NANOSPAIN	Red Española de Nanotecnología
nm	Nanómetro
NTC	Nanotubos de Carbono
SI	Sistema Internacional
STM	Scanning tunneling microscope
µm	Micrómetro

Introducción

La enseñanza de la *Nanociencia y la Nanotecnología* en la educación básica primaria se encuentra en una etapa primitiva en Colombia siendo evidente su ausencia en las temáticas establecidas en los estándares de competencias curriculares del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2004) para estos niveles educativos. Aunque se han empezado a desarrollar trabajos que responden a esta necesidad en la educación secundaria (Torre, 2018; Rubiano, 2013), aún siguen siendo muy pocas las propuestas planteadas para educación primaria.

Según Serena, Giraldo, Takeuchi & Tutor (2014) existe un rezago en el desarrollo de trabajos y políticas educativas orientadas hacia la enseñanza de la Nanociencia y Nanotecnología que se extiende a todo el ámbito iberoamericano a diferencia de países como EE.UU o Taiwán que ya cuentan con iniciativas avanzadas en este campo y que actualmente se concentran en "el diseño de ambiciosos planes para fomentar la enseñanza de la nanotecnología en contextos tanto formales como informales" (Serena, Giraldo, Takeuchi et al., 2014)

Es precisamente en este contexto en que *"Retos Nano-didácticos: una aproximación en básica primaria a los conceptos de nanociencia y nanotecnología"* surge como una propuesta educativa dirigida a docentes de ciencias naturales en básica primaria para la divulgación y enseñanza de nociones de Nanociencia. Se enmarca la propuesta en el uso de los principales elementos del enfoque pedagógico Aprendizaje Basado en Retos (ABR) (Gibert, Rojo, Torres & Becerril, 2018) así como en su orientación metodológica en la Investigación- Acción (Kemmis & MacTaggart, 1988).

La propuesta parte de la necesidad de contribuir a la "Divulgación de nanotecnología en la escuela en Colombia" siendo además una oportunidad para acercar a los estudiantes a las ciencias naturales desde una perspectiva motivante y moderna. Los avances en Nanociencia y Nanotecnología han venido revolucionando la ciencia en los últimos años

“pasando en breve tiempo de ser conocidas por una pequeña parte de la comunidad científica a ser consideradas pilares de la siguiente revolución tecnológica e industrial” (Serena, Giraldo, Takeuchi & Tutor, 2014). He ahí la importancia de iniciar una formación temprana en este campo de la ciencia ya que es precisamente la formación en primaria donde se tiene “la maravillosa oportunidad de colocar las piedras fundamentales del pensamiento científico de los chicos” (Furman, 2008, p.1).

En esta propuesta se establecieron actividades diferenciales (o retos) que promovieron el desarrollo en el aula de conceptos básicos de nanociencia, que le permiten a los estudiantes acercarse al estudio de la naturaleza y sus propiedades a nivel microscópico en sus primeros años de estudio. El enfoque pedagógico Aprendizaje Basado en Retos (ABR) fue seleccionado buscando motivar al máximo a los niños y niñas (estudiantes de quinto de primaria) de una manera lúdica, dinámica y experimental. El ABR ofrece “oportunidades a los estudiantes de aplicar lo que aprenden en situaciones reales, donde se enfrentan a problemas, descubren por ellos mismos, prueban soluciones e interactúan con otros estudiantes dentro de un determinado contexto” (Gibert, Rojo, Torres et.al., 2018, p. 2) Este tipo de enfoques promueven aprendizajes vivenciales y permiten dejar de lado los modelos tradicionales de la enseñanza de las ciencias.

Por otra parte, un eje orientador en el desarrollo de esta tesis fue la investigación-acción. Este enfoque otorga un papel importante al docente dándole la posibilidad de indagar sobre la propia práctica, es decir, la práctica se convierte en un espacio para la reflexión. Eso implica que como profesores nos realicemos preguntas sobre el “quehacer docente y los objetivos de la enseñanza; y revisemos contenidos y métodos, así como las estrategias a utilizar” (Latorre, 2001, p.21).

En la investigación acción se estructura una serie de Fases o momentos que llevan a realizar el proceso de reflexión-transformación de la acción docente. Ese “ciclo de la investigación se configura en torno a cuatro momentos o fases: planificación, acción, observación y reflexión” (Latorre, 2001, p.21). Para el caso de esta investigación son muy importantes los procesos recolección de datos, por lo que existe una gran variedad de posibilidades para el registro de elementos para el análisis (Pérez,2019). En esta investigación se utilizaron diferentes estrategias de recolección de datos, como fue la toma de registros visuales, entrevistas, diario de campo y registros.

De forma general la metodología de la propuesta es de tipo mixto (CUAL- cuan) enmarcado en el enfoque de investigación-acción, en el que incluyen tres fases: *el diseño de la estrategia, la implementación* (que engloba la acción y observación) y *la discusión de los resultados obtenidos*. Como primer momento, antes de la fase de implementación, se aplicó la prueba inicial que sirvió como instrumento para la identificación de preconcepciones y posibles obstáculos epistemológicos sobre las temáticas en cuestión; después, con base en la información obtenida, se diseñaron e implementaron seis guías llamadas: "*Retos Nano-didácticos"* siguiendo la secuencia establecida por el enfoque pedagógico y con algunas adaptaciones acordes a la edad de los participantes (10 a 12 años).

La evaluación de la propuesta se llevó a cabo a partir de la aplicación de cinco pruebas sencillas individuales, la prueba final aplicada en la última etapa del estudio, la elaboración de murales de expresión y la grabación de videos (en donde los estudiantes manifestaron el grado de satisfacción en cuanto a las metodologías aplicadas, los temas vistos y la percepción de sus aprendizajes). Por último, se efectuó una descripción cualitativa y cuantitativa detallada basada en porcentajes representados en gráficas, comparando los resultados medidos en los Nanotest y las pruebas inicial y final. Con este valioso insumo se inició la última fase de análisis de los resultados. Valga aclarar que los procesos de reflexión no solo se limitaron a la última etapa, por el contrario, fue un proceso constante que cuando fue necesario llevo a la modificación de las estrategias de aula según el análisis del contexto específico.

Con este trabajo se pretendió contribuir a la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en la escuela, específicamente en Nanociencia y Nanotecnología en primaria promoviendo así la formación de pensamiento científico desde acciones como el trabajo experimental, el trabajo en equipo y la resolución de retos-problemas. Es posible afirmar, por lo tanto, que este proyecto es pionero en cuanto a trabajos dirigidos a la formación en educación básica primaria e intenta ser un referente valioso y fundamental que aporte al conjunto de estudios relacionados con divulgación en Nanociencia y Nanotecnología en el país.

Por último, un gran propósito de esta investigación fue que a través de esta estrategia, se realizará una integración de los conceptos de nanotecnología de una forma interdisciplinar tomando como temática central el concepto de nanoescala, esperando que revierta en beneficios, tales como aprendizajes estructurados y duraderos que indiscutiblemente por estar cimentados desde los primeros años (Furman, 2008) se espera repercutan en procesos cognitivos más favorables en niveles educativos superiores y universitarios.

1. Generalidades

1.1 Contexto Social

La investigación se desarrolló en la sede B de la Institución Educativa Distrital La Concepción, ubicada en la localidad séptima de Bosa al suroccidente de Bogotá que corresponde a la calle 63 sur #78 j -10. Es un establecimiento de carácter mixto que cuenta con dos jornadas, tres sedes y 1543 estudiantes distribuidos desde los grados de preescolar hasta undécimo.

Figura 1. Foto del Colegio La Concepción - IED y mapa de ubicación.

El nivel socio económico de las familias de la institución pertenece a los estratos 1 y 2, donde la comunidad en general es de bajos recursos económicos, algunos no cuentan con seguridad social y la mayoría están vinculados al SISBEN. En cuanto a los aspectos académicos, existen pocos hábitos de lectura, estudio y de acompañamiento en casa en los deberes, además de falta de afecto, porque los padres/madres de familia en la mayoría de los casos tienen que trabajar durante todo el día, por ende, el aprendizaje de los estudiantes se centra en el colegio.

Figura 2. Estudiantes del grado 502 del Colegio La Concepción

Un 70% de los estudiantes provienen de hogares monoparentales conformados por padres o madres cabezas de hogar, quienes deben asumir la totalidad de la responsabilidad económica y en un 30% los niños y niñas actualmente viven en familias estructuradas con papá y mamá.

El proyecto se implementó con estudiantes de básica primaria del ciclo dos, específicamente grado quinto, que son niños que oscilan en edades de los 10 a los 12 años.

El grupo de intervención estaba conformado por 25 estudiantes de grado quinto, 12 niñas y 13 niños caracterizados como alumnos participativos, amables, colaboradores, prestos a participar y aprender, pero debido a problemáticas de desnutrición, inconvenientes familiares, poco o nula orientación familiar en diversos ámbitos, presentan bajo rendimiento

escolar en el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Adicionalmente, presentan baja motivación, conllevando a que el aprendizaje de las ciencias se relacione con algo lejano, abstracto, complicado y en algunos casos rechazado.

1.2 Planteamiento del problema

Estructuras de dimensiones hasta una escala límite de un micrómetro son la base del desarrollo de la Nanociencia y la Nanotecnología (N&N) en diferentes áreas de interés humano (Camacho et al., 2016). En el área ambiental, estas microestructuras encuentran aplicaciones en importantes procesos tales como degradación de contaminantes (Basheer, 2018; Chavan et al., 2015; Pavía-Sanders et al., 2013), captura y adsorción de gases tóxicos y tratamiento de aguas industriales y domesticas (Santhosh et al., 2016; Yunus, Kurniawan, Adityawarman, & Indarto, 2012). En tratamientos médicos se destacan los nanosensores para la detección de pesticidas orgánicos o patógenos, así como transporte de medicamentos en todas las formas de vida (Baac et al., 2006; Chen & Park, 2016; Fraceto et al., 2016; Grillo, Chirakkuzhyil, & Fernandes, 2016; Vamvakaki & Chaniotakis, 2007).

De la misma forma que se ha favorecido el desarrollo tecnológico y producto de la comercialización de múltiples productos nanotecnológicos a diario, también se han identificado los efectos adversos por su posible toxicidad en seres vivos y los impactos de estos nanomateriales en el medio ambiente y la salud humana (Maurer et al., 2013; Ren, Hu, & Zhou, 2016).

Los importantes desarrollos de la Nanotecnología en diversos campos, los efectos secundarios del uso de algunos productos, así como la complejidad de la nanociencia y la multidisciplinariedad de la nanotecnología han llevado a la introducción de cursos de pregrado y posgrado en universidades de todo el mundo sobre este campo del conocimiento (Huang, Pavel, Higgins, & Deibel, 2016; Jackman et al., 2016). No obstante, los casos de estudio en esta área a nivel de educación básica primaria y secundaria, aunque han sido propuestos, todavía son escasos o no se establecen dentro de propuestas de investigación con resultados rastreables (Ávila, 2013a; Ribeiro, de Souza-Filho, & Bruno-Alfonso, 2016; Ruano & Hernández, 2016). Hoy se sabe que una adecuada y temprana inmersión en N&N es fundamental para generar una visión más amplia del mundo microscópico en todos los alumnos, cualquiera que sea su condición sociocultural,

aptitud, interés, capacidad y proyección. El reto real es romper con el mito de que la ciencia es posible y necesaria únicamente para los científicos (Betancourt, 2017;. Serena, Giraldo, Takeuchi, & Tutor, 2014).

En Colombia, los programas para la formación de nanociencia y nanotecnología en la escuela primaria son inaugurales, y se hace necesario crear una "*nano-cultura"* en donde a partir de la enseñanza de concepciones de nanociencia y nanotecnología en edades tempranas, el estudiante adquiera intrínsecamente conceptos obligados de física, química, ciencias naturales y matemáticas. Esto se traduce en la comprensión de fenómenos de la naturaleza partiendo de una realidad desde un contexto vivencial para el estudiante (Tutor-Sánchez, 2013c; Tutor-Sánchez & Takeuchi, 2015).

Sumando a esto, en la actualidad escasos colegios públicos en Colombia cuentan con aulas especializadas de experimentación, lo que limita a los docentes a utilizar métodos de enseñanza-aprendizaje tradicionales. Estas condiciones restringen el acceso a la participación de los estudiantes de modelos constructivistas, innovadores y modernos que favorezcan la participación del estudiante como un actor central del proceso (no espectador), donde él mismo sea un productor de la información y no un simple consumidor.

En este sentido y teniendo en cuenta que el objetivo de la clase de ciencias en primaria y secundaria no es formar científicos, sino que se adquieran conceptos básicos para descifrar el mundo, comprenderlo, adecuarlo y porque no tomar decisiones responsables y racionales con su entorno inmediato, la propuesta de investigación estuvo dirigida a resolver la siguiente pregunta de investigación ¿Es posible generar un pensamiento científico en clase de ciencias en los estudiantes de último nivel de básica primaria del Colegio La Concepción IED a partir de experiencias y conceptos básicos sobre nanociencia y nanotecnología, utilizando un enfoque pedagógico de Aprendizaje Basado en Retos?

1.3 Objetivo general

Desarrollar conceptos básicos de nanociencia aplicando elementos del enfoque pedagógico basado en retos, con el fin de contribuir al proceso de enseñanza-aprendizaje de ciencias naturales en estudiantes de básica primaria.

1.4 Objetivos específicos

- Diseñar una estrategia pedagógica para el aprendizaje de la ciencia donde se introduzcan los conceptos de nanociencia y nanotecnología.

- Implementar la estrategia pedagógica diseñada buscando el desarrollo de competencias en ciencias naturales a partir de “Retos Nano-Didácticos” en el aula usando el enfoque pedagógico basado en retos.

- Analizar la viabilidad de los resultados obtenidos en la investigación con el fin de proponer la estrategia pedagógica “Retos Nano-Didácticos” como instrumento de aprendizaje de ciencias en educación básica primaria.

2. Marco de referencia

2.1 Origen de la Nanociencia y la Nanotecnología

El origen y uso de partículas o materiales nanométricos data desde la antigüedad, es posible encontrar ejemplos en técnicas de orfebrería, cristalería y diseños de vitrales. El lustre es una técnica representativa del uso de nanomateriales, se usa en la creación de cerámicas donde se esmaltan con colores metálicos las cerámicas gracias al uso de nanopartículas de metales como el oro, el estaño o la plata. De la misma forma según Gamo y Tutor (2015) culturas como la maya y azteca, ya realizaban nanomaterial cerámico mediante la mezcla de dos nanopartículas de material orgánico y no orgánico que gracias al paso por las técnicas cerámicas (uso de altas temperaturas) pudieron lograr pigmentos como el azul maya con alta adherencia, resistentes al tiempo y adversidades climáticas.

Hacia el año 2006 se publicó un artículo en la revista *Nature,* en el un grupo de investigadores logró revelar por estudios de microscopia la existencia de nanotubos de carbono (NTC) ocluidos en la matriz metálica del acero en algunos ejemplares de espadas de Damasco (acero de Damasco data del año 330 A.C.) (Reibold et al., 2006). Como se ha puesto a consideración con los anteriores ejemplos existía un trabajo con nanomateriales mucho antes de tener consciencia de la existencia de este campo, “nuestros antepasados fueron capaces de desarrollar por azar, sin comprender lo que estaban haciendo, basándose en la experiencia acumulada a través de ensayos, con éxitos y fracasos” (Serena, Giraldo, Takeuchi et al., 2014).

Una de las primeras voces que, de forma visionaria, empezaron a hablar de las posibilidades de nanociencia y nanotecnología fue el físico teórico Richard Feynman -Premio Nobel de Física en1965-. Feynman en la reunión anual de la Sociedad Americana de Física en 1959 afirmo “*ninguna ley física prohíbe que se puedan hacer cosas como miniaturizar las computadoras y escribir la información contenida en los 24 volúmenes de la Enciclopedia Británica en la cabeza de un alfiler*” (Feynman, 1961, p. 2), aunque para

ese momento ni siquiera existía un término establecido relacionado a Nanociencia este científico propuso pensar en las dinámicas que podían ocurrir en la escala micro (el nanomundo). Sin embargo, el interés principal de Feynman en ese momento era imaginar cómo reducir el tamaño de un computador, en su charla se fijó en las hoy denominadas nanomáquinas, de las cuales las enzimas son un buen ejemplo (Alonso, López, Rodríguez, & Lázaro, 2015; Feynman, 1961).

No sería sino hasta el año de 1974 cuando el término nanotecnología fue planteado por el Japones Norio Taniguchi que lo propuso para describir procesos como separación y manipulación de semiconductores (átomo por átomo), un control característico del orden de un nanómetro (Whatmore, 2006). Años después, los físicos Gerd Binnig y Heinrich Rohrer (1983) vinculados a la reconocida empresa multinacional estadounidense IBM (International Business Machines Corporation), lograron diseñar el microscopio de Efecto Túnel (Scanning Tunneling Microscope - STM), un instrumento fundamental en el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología, avance por el que fueron reconocidos con el premio nobel de física en 1986 (Dahman, 2017).

El desarrollo de la técnica STM revoluciono la Nanociencia y abrió el espacio a múltiples descubrimientos entre los que destacan los fullerenos, los cuales están compuestos completamente de carbono y forman en su estructura una esfera hueca. Martin (2011, p.128) menciona que a pesar de que los Fullerenos “llevan muchos años en nuestro planeta y, también, en el espacio interestelar formando parte de otros asteroides” solo el desarrollo de las nuevas técnicas de microscopia y la síntesis de diferentes nanocristales han permitido comprender sus propiedades que han generado importantes desarrollos en el campo de la tecnología, la medicina y las comunicaciones (Dahman, 2017; Maubert, Soto, León, & Flores, 2009)

Siguiendo el avance de los Fullerenos en el campo científico de la Nanociencia los investigadores lograron llegar a dilucidar nanoestructuras como los nanotubos. Según Kharissova y Ortiz (2002, p. 478) “los fullerenos tienden a formar nanotubos que tal parece serán muy útiles en la industria”. Sobre los Nanotubos hay que mencionar que son nanoestructuras compuestas exclusivamente por átomos de carbono que se encuentran en forma de cilindros o tubos y tienen importantes propiedades como su capacidad como

conductores eléctricos además de una gran resistencia mecánica (Kharissova y Ortiz, 2002).

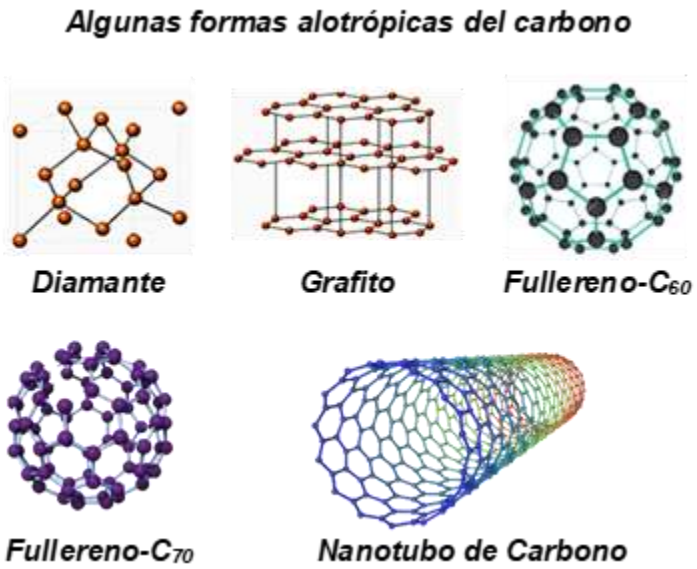


Figura 3. Algunas formas alotrópicas del carbono. **Fuente:** Imágenes libres tomadas de internet

Es relevante mencionar que el estudio del Carbón y de las "nanoformas" del carbono es un punto "principal en el desarrollo de las nuevas nanotecnologías a través de los alótropos ya conocidos y las nuevas y sorprendentes "nanoformas" que, seguramente, nos depara el futuro". Precisamente sobre el estudio del Carbono en la Figura 3, se observa la estructura del $C_{60,}$ la más común de los Fullerenos, aunque hay otros tipos esta es la más usual, su forma se asemeja a un balón de futbol y en cuanto a su estabilidad química corresponde a la tercera forma más estable del carbono después del diamante y el grafito (Herráez, 2011).

Fue la estructura C_{60} la que abrió un nuevo campo de posibles aplicaciones en diferentes ámbitos de la industria y la salud. Es decir, los desarrollos en el campo de la Nanociencia establecen las acciones en la Nanotecnología. Quintili (2012, p. 127) menciona como la Nanotecnología hace "uso de los nuevos avances tecnológicos desenvueltos por la nanociencia, que tiene por principio, controlar y manipular la materia en una escala menor que un micrómetro, es decir, a nivel de átomos y moléculas". Es así que se establece esa relación en la que la Nanociencia da los insumos teóricos para los desarrollos aplicados, mientras que el impulso de la Nanotecnología estimula un aumento en el trabajo del campo de la Nanociencia.

Sobre la investigación en nanotecnología, es un hecho que va en aumento y se destacan avances en diferentes sectores de la economía como se observa en la Tabla 1 (Guzmán & Toledo, 2009). Ha llegado para esté momento a afirmarse que son muy pocos los aspectos de nuestra vida en las que no se halle presente la Nanotecnología, en la Tabla 1 solo vemos algunos ejemplos de estos diversos ámbitos que van desde lo cotidiano (como cosméticos o insumos domésticos) hasta importantes avances en medicina y electrónica (Dahman, Heng y Edney, 2017).

Tabla 1. *Algunos sectores industriales y productos vinculados a la Nanotecnología.*

Área	Productos
Automotriz	Materiales ligeros, pintura anti-rayado, catalizadores, llantas, sensores.
Química	Componentes, adhesivos, fluidos magnéticos, materiales compuestos, plásticos, hules.
Metal-mecánica	Protectores y lubricantes de maquinaria, herramientas, equipo industrial y agrícola en general.
Electrónica	Pantallas, memorias, diodos laser, fibra óptica, contactos ópticos, filtros, recubiertas conductoras, antiestáticas
Construcción	Nuevos materiales, aislantes, impermeabilizantes, barnices anti fuego, para el tratamiento de la madera, pisos, recubrimientos, etc.
Medicina	Sistemas de administración de medicamentos, adhesivos dentales, medios de contraste, sistemas de exámenes y diagnostico in situ, prótesis, implantes, agentes anti-microbianos.
Textiles	Recubrimientos de telas, ropa inteligente
Energía	Celdas solares, baterías, pilas.
Cosméticos	Protectores solares, lápices labiales, cremas, pastas de dientes, maquillaje.
Alimentos y bebidas	Empaques, sensores, aditivos clarifiers.
Domésticos	Diversos productos de limpieza y conservación de vidrio, madera, cerámica, metales.
Deportes	Lentes, goggles, raquetas, palos de golf

Nota: Tomado de Guzmán, A., Toledo, A., Las nanotecnologías: un paradigma tecnológico emergente. Dinámica y especialización de la innovación en las nanotecnologías, revista razón y palabra.

Finalizo con una cita de Serena, Giraldo, Takeuchi et al. (2014, p. 36) en el que se menciona precisamente como los avances y la investigación en la N&N (Nanociencia y Nanotecnología) no se detienen, sino que en diferentes formas continuara transformando nuestro mundo:

> "la nanotecnología […] se piensa que va a detonar una nueva revolución tecnológica en el siglo XXI. Las consecuencias que tendrá esta revolución en las relaciones sociales, en las formas de vida, en la agricultura y la salud, en las comunicaciones y el transporte, en el medio ambiente, en la democracia, en la libertad de conciencia, en la educación, en pocas palabras en el futuro de la humanidad son todavía impredecibles". (Serena, Giraldo, Takeuchi, et. al., 2014, p. 36)

2.2 Conceptos Asociados

Sobre esa gran diversidad de conceptos que estructuran el campo teórico de la Nanociencia y la Nanotecnología, se ha realizado la selección de algunas nociones que son de importante valor a la hora de establecer acciones en divulgación científica y sobre todo en la enseñanza de la Nanociencia y Nanotecnología (N&N) (Quintili, 2012; Gamo y Sánchez, 2015; Rubiano, 2013). En los siguientes acápites se va a realizar una concisa aproximación teórica respecto a estos conceptos seleccionados.

2.2.1 Átomo

El concepto de átomo ha evolucionado a través de los años. Algunos autores lo definen como una partícula neutra, mononuclear, (con un solo núcleo atómico) que representa la unidad básica de la materia (Raviolo, 2008). Sin embargo, es posible precisar que todo lo que somos, todo lo que nos rodea, nosotros mismos y nuestro entorno, está constituido en última instancia por átomos de diversa índole. Los átomos se pueden entender como las entidades mínimas de materia que mantienen sus propiedades químicas específicas diferenciadas, que los distinguen a unos de otros (Pérez, 2009). Se conocen 118 tipos diferentes de átomos, la mayoría de ellos se encuentran en la naturaleza solos o en compuestos, y algunos sólo existen al ser sintetizados en el laboratorio.

Fue en 1960 la primera vez en que se involucró de forma precisa la idea de manipular átomos de forma individual, ocurrió en una conferencia llamada "*There is plenty of room at the bottom*" en la que Richard Feynman planteó la posibilidad de poder construir pequeñas estructuras manejando átomos procurando conservar la mayor cantidad de sus propiedades (Alonso et al., 2015).

2.2.2 Molécula

Molécula es el conjunto de, por lo menos, dos átomos en un arreglo definido que se mantienen unidos por medio de fuerzas químicas. Estas fuerzas permiten que se muevan y actúen juntos como si fueran una sola identidad (Raviolo, 2008). Un ejemplo en la cotidianidad, muy reconocido, se relaciona con el agua cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrogeno y un átomo de oxígeno y su fórmula química es H_2O. Todas las moléculas de agua tienen la misma forma debido al ángulo que se forma entre los enlaces de los átomos de hidrógeno con el átomo de oxígeno.

Aunque las moléculas pueden ser relativamente grandes, como en el caso de las proteínas, otras son tan pequeñas que no sería posible ver una sola molécula ni con el más potente microscopio óptico, porque su tamaño es nanométrico en el mejor de los casos (Zuluaga, 2018). Es la agrupación de moléculas lo que da origen a todo lo que está a nuestro alrededor tantos seres vivos constituidos por moléculas orgánicas, como lo no vivo conformado por moléculas inorgánicas (Rubiano, 2013a).

2.2.3 Partícula

Es posible definir este concepto abstracto enfatizando en que las partículas son las pequeñas unidades de materia que integran una sustancia y mantienen sus propiedades. Son muy pequeñas y muy ligeras, hasta el punto de que en unos cuantos gramos de cualquier sustancia existe cerca de un cuatrillón de partículas (Sosa & Méndez, 2003).

2.2.4 Micropartícula

Se consideran micropartículas aquellas partículas cuyo diámetro se encuentra en el orden de los micrones (millonésima parte de un metro). Con tamaños que oscilan desde 1 a 250 μm (idealmente diámetros < 125 μm) (Sáez, Hernáez, Sanz Angulo, & Kat, 2004).

2.2.5 Nanopartícula

Las nanopartículas son partículas con un diámetro inferior de 100 nm. En comparación con las partículas del mismo material, pero de un tamaño mayor, tienen nuevas o propiedades más fuertes relacionadas con las aplicaciones en Nanotecnología (Morales, 2017).

Las Nanopartículas deben cumplir tres condiciones (Alonso, López, Rodríguez, & Lázaro, 2015):

- Que el tamaño este comprendido en 1 y 100 nm por lo menos en una dimensión (0D,1D,2D)
- Que las propiedades de los materiales cambien en este rango.
- Por último, que exista un control y entendimiento de lo que se está fabricando.

Uno de los objetivos centrales de la nanociencia es construir pequeñas estructuras para el diseño de materiales avanzados, nano dispositivos de alto rendimiento y miniaturización de dispositivos electrónicos. Las nanopartículas inorgánicas son particularmente atractivas como piezas de construcción para tales propósitos, debido a sus propiedades ópticas, electrónicas, magnéticas y catalíticas únicas (Zanella, 2005). Una nanopartícula, del diámetro de 50 nm puede contener unos 15 millones de átomos individuales (Christoph & Muñoz, 2015).

2.2.6 El nanómetro

Un nanómetro es una medida de longitud equivalente a la mil millonésima parte de un metro (10^{-9} metros). Para comprender el potencial de esta tecnología es clave saber que las propiedades físicas y químicas de la materia cambian a escala nanométrica, lo cual se debe a efectos cuánticos (P. Serena et al., 2014). La conductividad eléctrica, el calor, la resistencia, la elasticidad, la reactividad, entre otras propiedades, se comporta de manera diferente que en los mismos elementos a mayor escala.

Para ser más precisos, el prefijo “nano” se refiere a la posibilidad de conocer los fundamentos y propiedades de objetos (Nanociencia) y diseñar objetos o dispositivos con funciones específicas (Nanotecnología) cuyas dimensiones son de unos pocos nanómetros. En un nanómetro podríamos alinear menos de una decena de átomos (Serena, 2002).

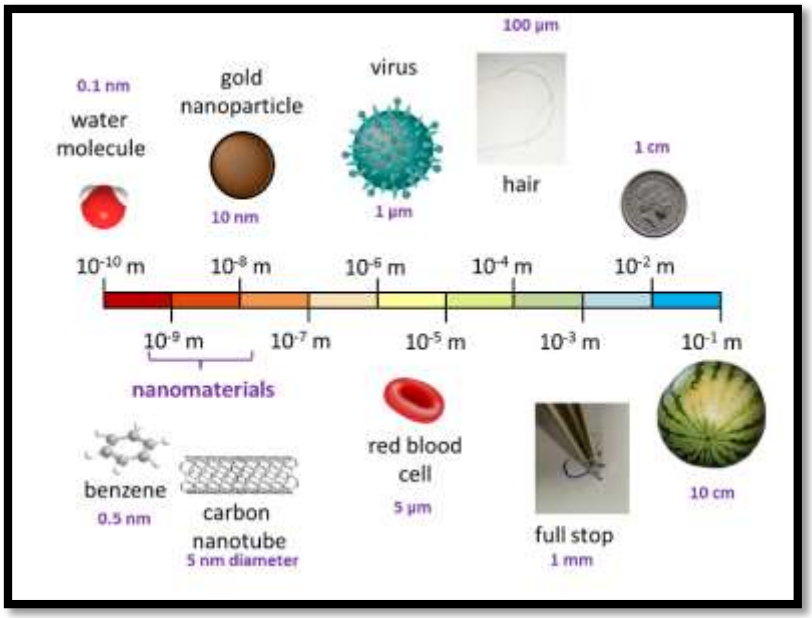


Figura 3. Clasificación de materiales, objetos y estructuras en una escala métrica. **Fuente:** Imagen tomada de https://chembam.com/definitions/nanotechnology/

En la Figura 3 se aprecian diferentes objetos, materiales y estructuras clasificados de acuerdo con el tamaño con el fin de tener una noción de lo diminuto que puede ser un nanómetro. En la escala macro se parte de una sandía que puede estar aproximadamente entre los 10 cm de diámetro, al disminuir la escala se encuentra un punto elaborado con un bolígrafo que podría tener un tamaño de aproximadamente 1 mm de diámetro. Seguidamente, el tamaño de un cabello humano, un virus o los glóbulos rojos se encuentran del orden de micras hasta acercarnos a estructuras cada vez más complejas y pequeñas como las Nanopartículas de oro, diversos nanomateriales y una molécula de agua los cuales se clasifican finalmente en la unidad del nanómetro.

Para abarcar el concepto de nanómetro en el contexto educativo específicamente para niños de primaria es posible emplear analogías comparativas y ejemplos sencillos por

medio de los cuales es viable enseñar esta noción haciéndola más asequible al público más pequeño (Galagovsky & Bravo, 2001).

EJEMPLO 1:

Teniendo en cuenta que el diámetro del cabello humano varía entre 15 micrones (muy fino) y 170 micrones (extremadamente grueso), siendo entre 60 y 110 micrones el diámetro de la raíz en el cuero cabelludo.

Figura 4. Imagen del diámetro de un cabello humano. **Fuente:** Imagen tomada de nanoColorea-Cuaderno-2.pdf

Para el ejercicio práctico el docente puede solicitar a cada estudiante que tome un cabello de su cabeza, posteriormente de observarlo se le pide que divida el diámetro del cabello humano en cien mil partes (100.000), una de ellas pertenece a la escala de los nanómetros (Gispert, PPuntes, & Gonzalez, 2020).

EJEMPLO 2:

Un ejemplo clásico para visualizar el tamaño de un nanómetro se observa en la Figura 5 que compara la estructura atómica de superficie de grafito (HOPG), medida con resolución sub- nano métrica con microscopía a efecto túnel. La relación de tamaño entre 1 nanómetro y el diámetro de una naranja, es comparable con esta y el diámetro de la tierra (Christoph & Muñoz, 2015).

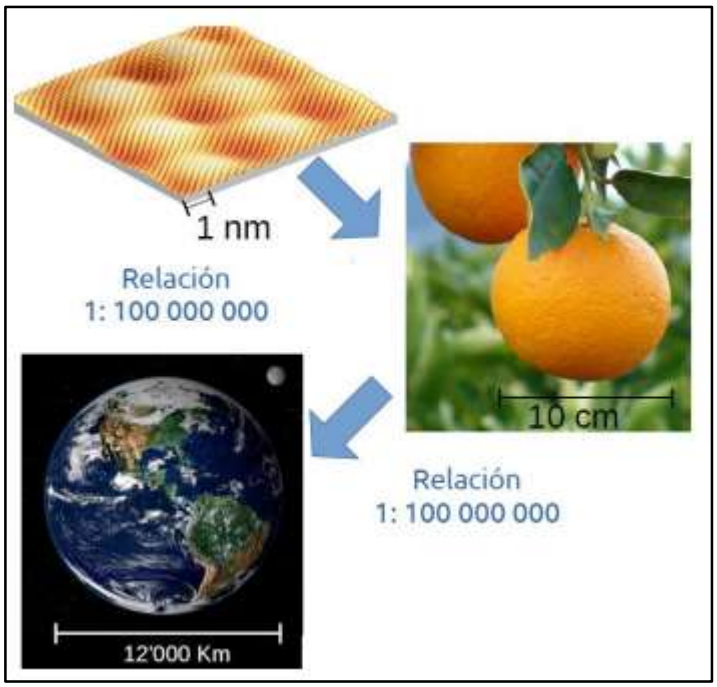


Figura 5. Comparación de una naranja con el diámetro de la tierra para entender el concepto de nanómetro. **Fuente:** Imagen tomada de Nanotecnología Parte 1: Sobre el contexto de las dimensiones nanométricas.

2.2.7 Escala nanométrica

Las dificultades que se presentan en el momento de la enseñanza de los conceptos relacionados con la nanociencia suelen empezar a un nivel más elemental (Rubiano, 2013) los estudiantes no comprenden con facilidad el mundo abstracto de las cosas pequeñas puesto que esta fuera de su alcance sensorial (Sánchez & Tagüeña, 2014).

Es necesario ampliar la explicación de las escalas Macro, Micro y Nano utilizadas en ciencias antes de entrar de lleno con el tema de los conceptos de nanociencia, como actividad adicional los docentes deben proponer ejercicios mentales en donde los estudiantes se sitúen en la escala métrica para visualizar y vivenciar reducciones y ampliaciones, obteniendo un referente que ayude a evitar las confusiones resultantes (Rubiano, 2013). Además para superar la barrera de la nanoescala se debe profundizar en el conocimiento de las relaciones de tamaños existentes entre objetos familiares y cercanos, extrapolando de manera progresiva estas relaciones hacia tamaños que son menos habituales, como los del micro y nanomundo (Serena et al., 2014).

En cuanto al concepto como tal se afirma que los objetos, materiales y estructuras tienen distintos tamaños los cuales se caracterizan utilizando escalas estandarizadas, una de ellas es la escala nanométrica en donde resulta imposible ver a simple vista los objetos, por eso es necesario el uso de equipos especiales para recrear imágenes de ellas. Los objetos en nano-escala se miden en nanómetros, lo nano, describe a la naturaleza y lo que con ella ocurre cuando la sustancia tiene algunas de sus dimensiones entre 1 y 100 nanómetros (*escala nanométrica*). Las propiedades que detalla serán (*propiedades nanométricas*) y casi seguramente serán distintas a las propiedades intensivas del mismo material (Silvestri et al., 2014, p.27) puesto que a escalas nanométricas, las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales difieren en muchas formas de las propiedades en los sistemas macroscópicos, esto es lo que resalta la importancia de la escala nanométrica para la nanociencia.

El trabajo con objetos tan pequeños entraña una gran dificultad, y de hecho fue algo prácticamente imposible hasta que se desarrollaron los microscopios de campo cercano (SPMs). Estas novedosas herramientas permiten no sólo la visualización, sino también la manipulación de objetos de dimensiones nanométricas de muy distinta naturaleza.(FECYL, 2010, p.35) Estos microscopios son tan potentes que con ellos es posible llegar a ver átomos sobre una superficie y moverlos a nuestro antojo.

EJEMPLO 1:

Los docentes que se acerquen al apasionante mundo Nano deben instruir a sus estudiantes con ejemplos ilustrados, como los representados en la Figura 6, explicando que todos los objetos del universo pertenecen a una escala de tamaño y que este determina su comportamiento, luego es posible complementar con el uso de videos interactivos como por ejemplo "*Blanqueamiento de coral*" que ofrece la página https://www.biointeractive.org/ que muestren con un ejemplo real el recorrido por las diferentes escalas resultando una forma atractiva de enseñar la nanoescala.

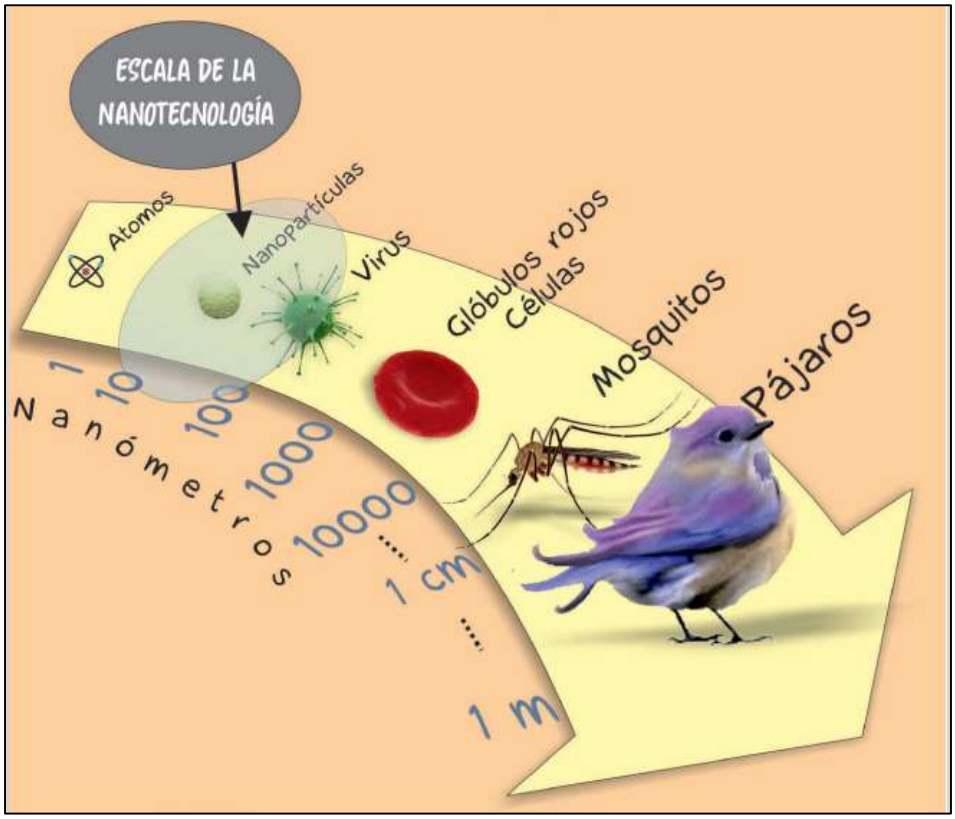


Figura 6. Objetos, materiales y estructuras ubicados en las diferentes escalas.

Fuente: Imagen tomada de nanoColorea-Cuaderno-2.pdf

EJEMPLO 2:

Una manera convencional de enseñar la nanoescala está relacionada con el uso de una regla que exprese sus métricas en nanómetros, como aparece en la Figura 7, se introduce al aprendiz a despertar una intuición de lo pequeño a lo grande. ¿Por qué la regla?, porque es el elemento que todos los aprendices dominan en su rutina escolar. Aquí se enfatiza en el hacer práctico y el entender teórico solicitando a los aprendices la medición de objetos comunes como es el caso de un perro y un insecto en nanómetros (Rodríguez & Ávila, 2011, p.123)

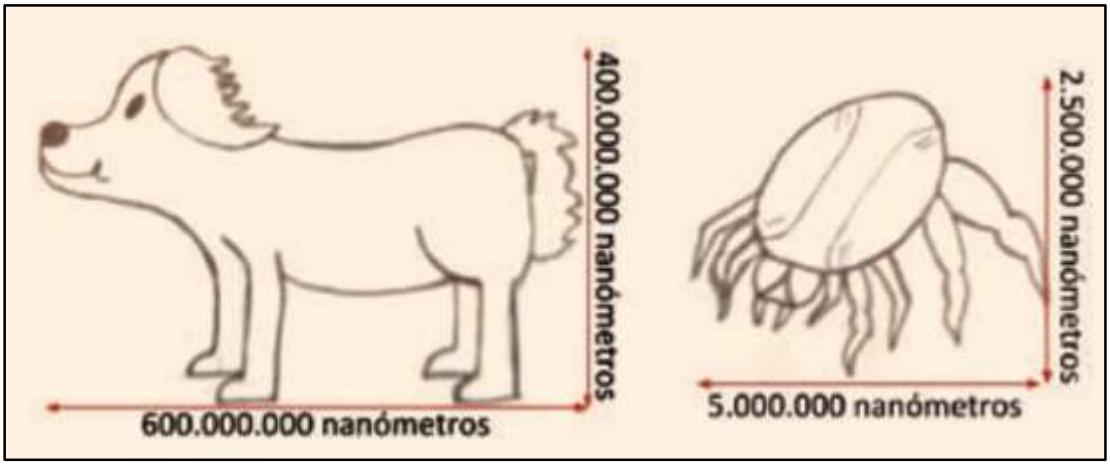


Figura 7. Regla con métricas en nanómetros y sus mediciones en seres comunes como el perro y un insecto. **Fuente:** Experiencias en micro y nano escalas para niños y jóvenes

2.2.8 Nanomateriales de carbono

Según la ISO TS 80004-1, para que un material sea considerado un nanomaterial debe presentar al menos una dimensión externa en la escala nanométrica y debido a ello, el nanomaterial debe presentar un comportamiento distinto al que tiene el material de idéntica composición en tamaño no nanométrico, esto es mayor de 100 nm (Galera, 2015).

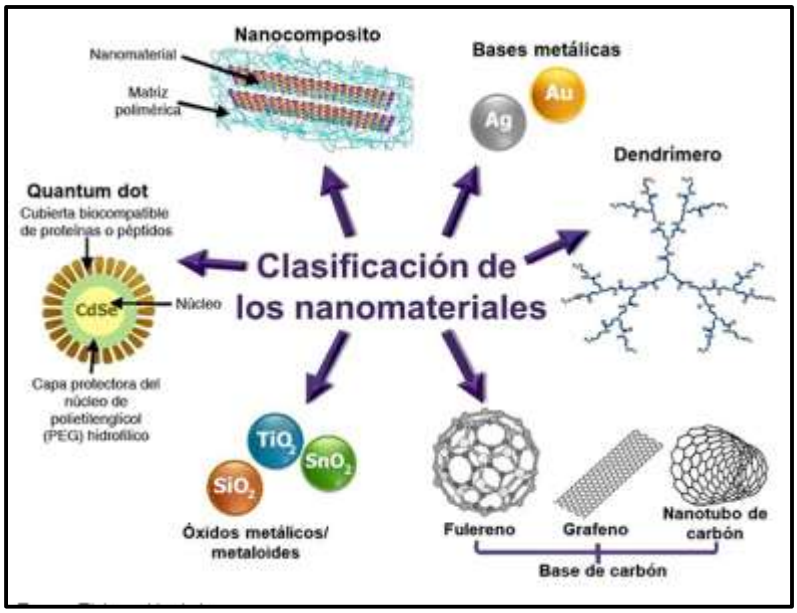


Figura 8. Clasificación de los nanomateriales **Fuente:** ¿Los nanomateriales pueden causar neurotoxicidad? Mundo Nano

En general una clasificación de los nanomateriales se puede realizar teniendo en cuenta su naturaleza química en orgánicos e inorgánicos, sin embargo también se pueden clasificar según sus dimensiones y según su tamaño (Torres & Duarte-Ruiz, 2018).

En la Figura 8 se observa la clasificación de los nanomateriales de acuerdo a su composición química entre los que se encuentran los basados en carbono, los basados en metales, los dendrímeros y los materiales compuestos.

Reconocer las propiedades de los nanomateriales y el funcionamiento de las estructuras en una escala nanométrica resulta fundamental no solo para entender la revolucionaria realidad en que avanza el mundo, sino con el fin de encontrar con certeza una aplicación de muchos de los conceptos que brindan la química, la física, la biología, la matemática y la tecnología. La divulgación de la Nanotecnología representa un conjunto de actividades que harían accesible el conocimiento científico y tecnológico de estas ramas del saber al público en general (Tutor-Sánchez, 2013a).

En cuanto al carbono, desde hace tiempo se conocen dos formas alotrópicas: el diamante – con los átomos en una red tetraédrica y el grafito una red hexagonal plana (Herráez, 2011). Más recientemente, se han descubierto otras estructuras, como los fullerenos, los nanotubos de carbono y el grafeno, elevando el número de alótropos principales. A continuación, se ampliarán los tipos de nanomateriales basados en carbono que fueron abordados en uno de los Nano-Retos de la estrategia pedagógica.

2.2.9 Los Fullerenos

Los fullerenos fueron descubiertos por Robert F. Curl, Sir Harold W. Kroto y Richard E. Smalley en 1985 a quienes se les otorgó el premio Nobel de Química en el año 1996 por dicho descubrimiento (Martín, 2011).

En cuanto a la estructura, el fullereno C60 es una molécula que consta de 60 átomos de carbono los cuales forman 12 pentágonos y 20 hexágonos (Kharissova & Ortiz, 2002). En la Figura 9 se observa el modelo de un fullereno de carbono que tiene la misma forma de una pelota de fútbol. La propiedad más importante de la molécula C60 es su alta simetría.

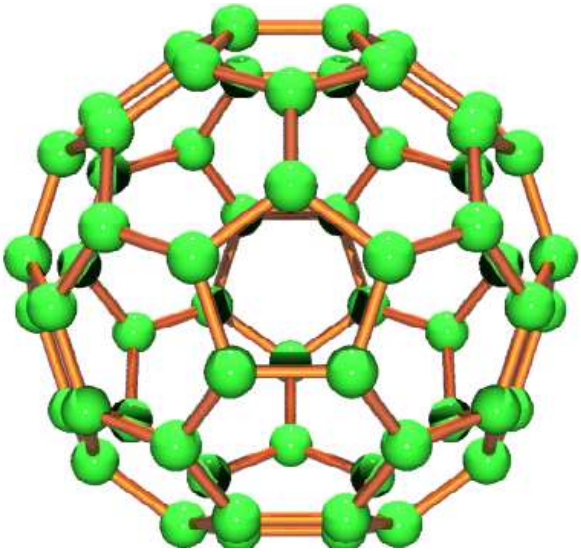


Figura 9. Modelo de un fullereno de carbono

Fuente: Guía Didáctica para la Enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria

Los fullerenos pueden tener utilidad como lubricantes (ya que las esferas hacen más fácil el deslizamiento entre superficies), además se destacan la aplicaciones ópticas puesto que generalmente cambian sus propiedades bajo la acción de la luz ultravioleta y tienen propiedades de superconducción eléctrica a temperaturas desde 10 a 40K (Kharissova & Ortiz, 2002).

2.2.10 Nanotubos de carbono

Los nanotubos de carbono (NTC 's) son alótropos del carbono, fueron descubiertos por accidente por Sumio Lijima, ya que en un principio se pensó que era fullerenos (Andrade, Itzel, & Saenz, 2012). Estos nanotubos pueden estar formados por una única lámina de grafeno enrollada sobre sí misma (nanotubos de pared simple-ver Figura 10) o por varias láminas (nanotubos de pared múltiple) (Campo, 2012, p.8). Los extremos de los nanotubos pueden estar abiertos o cerrados mediante una estructura análoga a la mitad de un fullereno.

Entre las aplicaciones que pueden obtener importantes beneficios al incorporar nanotubos de carbono se encuentran; los materiales compuestos reforzados con nanotubos, las pantallas planas que utilizan los nanotubos como emisores de campo, los sensores

biológicos y químicos para detectar sustancias contaminantes, la administración de fármacos o las pilas de combustible (M. Rivas, Román, & Luisa, 2007). En general, sectores como electrónica, materiales, sensores, biotecnología, química, energía, mecánica, instrumentación científica y fotónica podrían verse favorecidos por la introducción de nanotubos de carbono en muchos de sus productos (Herráez, 2011).

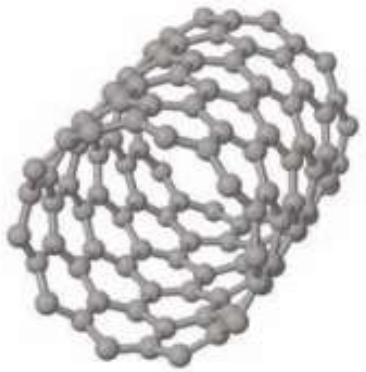


Figura 10. Porción de nanotubo de pared sencilla. **Fuente:** Las asombrosas estructuras del carbono: fullerenos, grafenos y nanotubos.

2.2.11 El Grafeno

Nunca un material ha suscitado tanto interés mundial como el grafeno, nanomaterial bidimensional sintetizado hace 12 años por los científicos Andrei Geim y Kostya Novoselov, de Manchester, formado por carbono puro, con átomos dispuestos en patrón regular hexagonal (panal de abejas), similar al grafito, con una longitud de un átomo de espesor (Farías, Flores, Rosales, Sáenz, & López, 2017).

El grafeno por definición posee unas características muy interesantes y asombrosas. Además de su extremada delgadez, lo que le hace ser transparente y al mismo tiempo muy flexible, es uno de los materiales más duros y resistentes, también es transcendental por las increíbles propiedades térmicas, electrónicas, ópticas y mecánicas que presenta (Graphenano, 2017).

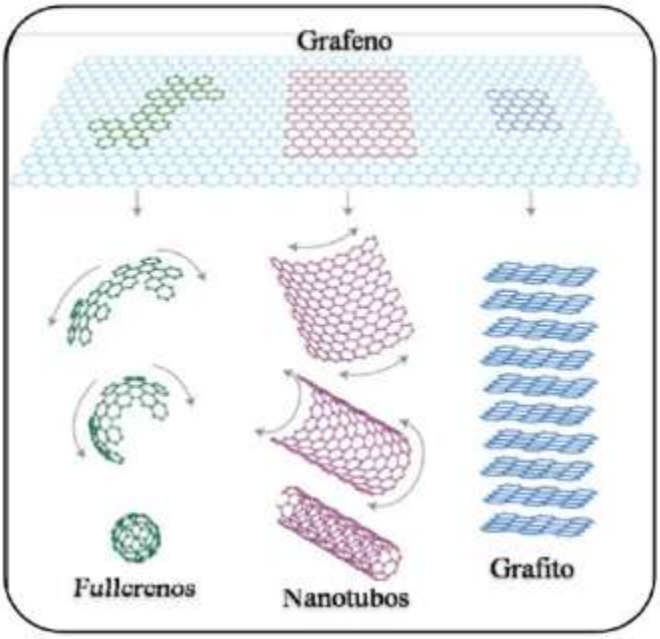


Figura 11. Representación de la lámina de grafeno y de los materiales carbonáceos derivados de él **Fuente:** El grafeno: propiedades y aplicaciones (Graphenano, 2017).

La Figura 11 muestra como a partir de un lámina de grafeno es posible obtener otras formas de carbono, ya que es la unidad elemental básica en 2D para construir todos los materiales grafíticos de las demás dimensiones (Graphenano, 2017).

Por otra parte, existen variadas y motivantes actividades para enseñar a estudiantes de primaria sobre el fullereno, los nanotubos de carbono y el grafeno. Entre ellas se destaca el trabajo con kit de modelos moleculares con los cuales es posible construir estructuras similares a las de estos nanomateriales en el aula (Serena, 2013).

2.2.12 Nanociencia y Nanotecnología

El prefijo “nano” se refiere a la posibilidad de conocer los fundamentos y propiedades de objetos (Nanociencia) y diseñar objetos o dispositivos con funciones específicas (Nanotecnología) cuyas dimensiones son de unos pocos nanómetros (Serena, 2002).

Mientras que la Nanociencia se encarga del estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica (entre 1 y 100 nm), la Nanotecnología se ocupa del diseño, caracterización y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas complejos

mediante el control de la forma, el tamaño y las propiedades de la materia a escala nanométrica (Tutor-Sánchez & Takeuchi, 2015).

Sin embargo vale la pena destacar que el término “nanotecnología” tiene un carácter transversal, puesto que no solo abarca un amplio rango de herramientas, técnicas y potenciales aplicaciones, sino que en su estudio convergen otras ciencias como la química, la física, la biología, la medicina y la ingeniería, entre otras (Mendoza & Rodríguez, 2007).

En definitiva, la Nanociencia y Nanotecnología son dos áreas de investigación ya consolidadas que abarcan el descubrimiento, la comprensión y la aplicación de nuevas propiedades que surgen de la reducción de la materia a escala nanométrica y las cuales pueden ser controladas por medio de su estructura, tamaño y composición (Llamosa, 2018, p.11)

En cuanto al desarrollo de la propuesta la Nanociencia fue abordada como el conjunto de conocimientos interconectados que permitieron entender cómo funciona la naturaleza cuando es observada a una escala muy pequeña. Entre ellos la denominada “nanoescala”, y en la misma línea fue necesario familiarizar a los estudiantes con el termino nanómetro como unidad de longitud realmente pequeña relacionándolo con matemáticas con temas como conversión de unidades, números decimales y notación científica. Al mismo tiempo fue necesario enfatizar en materiales, objetos y estructuras presentes en las escalas macro, micro y nano.

Por su parte la enseñanza de la Nanotecnología intentó convertir los conocimientos básicos que la nanociencia proporcionó en materiales y dispositivos con propiedades espectaculares para el beneficio de la humanidad, para lo cual fue necesario abordar en primer lugar el carbono como elemento primordial para la vida y del cual se derivan ciertos nanomateriales. De los cuales se hizo énfasis en sus propiedades y en algunos ejemplos de aplicaciones puntuales de cada uno de ellos.

2.3 Antecedentes sobre enseñanza de nanociencia en la escuela

Para fomentar la asimilación de contenidos en Nanociencia y Nanotecnología debe coexistir la divulgación y la formación. La divulgación hace accesible el conocimiento al

público en general mientras que la formación tiene que ver con la educación formal que se puede presentar en diferentes ciclos o etapas como la educación primaria, secundaria o universitaria (Torres & Duarte-Ruiz, 2018).

Con respecto a la divulgación, la Nanotecnología y la Nanociencia son áreas emergentes de la ciencia que se encuentran en pleno auge y la comunidad científica está interesada cada vez más en difundir los desarrollos y aplicaciones, buscando impactar en todo el espectro poblacional y dejando de ser tan selectivo solo hacia la comunidad científica (Serena, 2002). De acuerdo con lo formativo, estudios anteriores han querido demostrar como las concepciones de los estudiantes cambian al introducir nuevas estrategias de enseñanza- aprendizaje en el aula.

Con la revisión previa de antecedentes realizada es posible afirmar que en básica primaria se han desarrollado algunas iniciativas en nano educación que se relacionan más con divulgación científica que con acciones pedagógicas para llevar al aula (Torres, 2018). A nivel de secundaria diferentes experiencias han sido reportadas en algunos países que están avanzando con la implementación de instituciones enfocadas en formación en nanotecnología (Tutor-Sánchez, 2013c).

Algunos casos relevantes de iniciativas estatales de formación en N&N son por ejemplo, el centro "*US National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering*" (http://www.nclt.us) en Estados Unidos que cuenta con una plataforma robusta de aportes y desarrollos al alcance de todos, mientras en Europa sobresale la iniciativa "*NANOYOU, School´s Community*" (www.nanoyou.eu) quienes con videos, juegos y diálogos interdisciplinario lograr captar la atención e importancia de estos conceptos (Tutor-Sánchez, 2013c).

Por otro lado, vale la pena citar *"NanoDays"* (https://www.nisenet.org/nanodays) que consiste en un festival anual de programas educativos en Estados Unidos sobre ciencia, ingeniería y tecnología a nanoescala y su impacto en la sociedad. Sus eventos han tenido lugar en variados lugares, tales como museos de ciencias, centros de investigación y universidades de todo el país desde Puerto Rico hasta Hawái. Los *"NanoDays"* pueden involucrar a personas de todas las edades que deseen aprender sobre este campo emergente de investigación, que ha mostrado poder para desarrollar materiales y tecnologías revolucionarias.

En las Tablas 2 y 3 se presentan los nombres de diferentes programas y organismos que se han originado en torno a la inquietud y la necesidad de capacitar y educar sobre N&N a la sociedad en diferentes lugares del mundo.

Tabla 2.

Estrategias de divulgación y formación nano a nivel mundial - parte I.

Programa	País	Descripción
	Estados Unidos	Programas públicos, actividades prácticas y recursos de desarrollo profesional sobre ciencia, ingeniería y tecnología a nanoescala y su impacto en la sociedad. (https://www.nisenet.org/nanodays)
	Brasil Sao Pablo	Es una exposición interactiva itinerante sobre nanociencia y nanotecnología. Fue especialmente diseñado para niños y adolescentes (9-14). Nanoaventura explora el mundo nanoscópico de una manera lúdica a través de imágenes, música y simulaciones de video. (www.nanoaventura.org.br)
	España Barcelona	Es un programa diseñado para introducir la nanociencia y la nanotecnología al alumnado y profesorado de secundaria y bachillerato. (http://nanoeduca.cat/es/inicio/)
	España Barcelona	Es un portal que ofrece diferentes recursos educativos como talleres, animaciones, juegos virtuales, experimentos y otros contenidos *on-line* a centros educativos para incrementar los conocimientos que los jóvenes europeos tienen en este ámbito y fomentar vocaciones científicas. (http://nanoyou.eu/index.html)
	España	Es un proyecto financiado por la Comisión Europea en el que participan 17 socios de once países con el objetivo de realizar un seguimiento de la opinión pública sobre lo que esperamos de la innovación con nanotecnologías. Para llevar a cabo este estudio se promueven diferentes vías de participación activa de los ciudadanos. (http://nanopinion.archiv.zsi.at/es.html)
	España Madrid	El objetivo principal de la Red NANODYF es transmitir la aportación del conocimiento e investigación científica en Nanotecnología a la gran masa de receptores de sus avances a través de una nano educación de dimensión publica, así como analizar la interacción del conocimiento científico en Nanotecnología con otros saberes y formas de conocimiento. (http://www.madrimasd.org/blogs/jrleitenano/red-nanodyf-2/)
	Irlanda	Nano in my Life introduce a los estudiantes del año de transición y del ciclo superior (más de 16 años) al mundo de la nanociencia. Hay siete módulos, cada uno con una variedad de enfoques de enseñanza y aprendizaje, diseñados para involucrar a los estudiantes y fomentar el aprendizaje activo. (https://www.ista.ie/nano-in-my-life/)

Nota: Elaboración propia

De la misma manera en España se destaca la red española de Nanotecnología (RedNanoSpain, http://www.nanospain.org/nanospain.php?p=h), que tiene como objetivo prioritario promover el intercambio de conocimiento entre grupos españoles que trabajan en los diferentes campos relacionados con la nanotecnología y la nanociencia fomentando la colaboración entre universidades, instituciones de investigación públicas y privadas e industria y con más de 275 grupos de investigación registrados en la actualidad, lo que representa a más de 1300 investigadores locales trabajando en la temática (Pedro Serena, 2009).

Tabla 3.

Estrategias de divulgación y formación nano a nivel mundial - parte II.

Programa	País	Descripción
	Australia	Página encargada de educar, informar e inspirar sobre las nanociencias, las nanotecnologías y otras tecnologías emergentes. (https://www.nanowerk.com/)
	Estados Unidos	Recursos para educadores desarrollados por la Universidad de Wisconsin MRSEC, para el nivel de secundaria, relacionados con el mundo nano. (https://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring_nano_world)
	Canadá	Es un centro nacional de capacitación, servicio y colaboración de acceso abierto, enfocado en aplicaciones académicas e industriales en la fabricación y caracterización a micro y nanoescala. (https://www.nanofab.ualberta.ca/)
	Argentina	Es una iniciativa de la Fundación Argentina de Nanotecnología que ofrece a estudiantes y docentes de escuelas secundarias de Argentina la posibilidad de participar en talleres de introducción a la nanotecnología. (https://www.nanoporundia.org/web/)
	Argentina	Es una fundación dedicada a promover el desarrollo de proyectos y emprendimientos con nanotecnología y a difundirlos en los distintos sectores de la sociedad argentina. Con el objetivo principal es vincular a los distintos actores intervinientes y generar un ámbito propicio para el desarrollo de estas tecnologías en el país. (https://www.fan.org.ar/)
	Colombia	Es una Asociación Colombiana conformada por profesionales de las diferentes áreas del conocimiento interesadas en participar activamente en la investigación y el desarrollo en el área de la ciencia y tecnología nanoscalar. (https://www.nanocitec.org/)

Nota: Elaboración propia

En la misma dirección, en la Asamblea General del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) en diciembre de 2010, fue aprobada la Red temática *"José Roberto Leite"* de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF) con el interés de diseñar una estrategia de formación en Nanotecnología para los países participantes, extensible a otros países de la región iberoamericana, respondiendo a los niveles particulares de desarrollo socio–económico y científico– técnico de cada país y está dirigida básicamente a los sectores públicos y privados que tienen como objetivo la formación, desde etapas incipientes, de cuadros profesionales capaces de enfrentar los retos de la Nanociencia y la Nanotecnología. En la actualidad vincula 11 países iberoamericanos (España, Portugal, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Perú, Brasil, Argentina, Chile y Costa Rica) (Pedro Serena, 2009; Tutor-Sánchez & Takeuchi, 2015).

En Argentina vale la pena citar el Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología, el cual cuenta con un equipo de 80 científicos e integrantes de diferentes redes, incluyendo el área de divulgación(Quintili, 2012). Adicionalmente en la página del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de este país, se presenta el programa *"Nano tecnólogos por un día"* que tiene como objetivo promover y difundir la nanotecnología en las escuelas de enseñanza media, fomentando el espíritu científico y el juicio crítico (Silvestris et al., 2014).

En los avances a nivel nacional se pueden mencionar algunos trabajos de grado de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia y que son relativamente recientes. Por ejemplo, (Rubiano 2013) en su trabajo *"Construcción de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos y términos más usados en nanociencia a través de la indagación y la investigación"* orienta el diseño de una Unidad Didáctica dirigida a los docentes, para ser aplicada a estudiantes de educación media, en la enseñanza de conceptos y términos relacionados con la Nanociencia, a través de la propuesta metodológica Enseñanza de las Ciencias Basada en Indagación e Investigación (ECBI). El propósito del trabajo pretende cambiar la enseñanza tradicional de las ciencias a un nuevo enfoque desde el aprendizaje participativo y cooperativo. Esta investigación no fue implementada solo se dejó como una propuesta para ser aplicada por futuros docentes (Ávila, 2013b).

Igualmente se destaca el estudio desarrollado por Alegría en el 2013 denominado *"La exploración y experimentación del entorno natural: una estrategia didáctica para la enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales".* Es una propuesta educativa fundamentada en la pedagogía activa y el constructivismo y el objetivo principal es el reconocimiento, investigación y la experimentación del entorno natural como estrategia didáctica para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales. En esta investigación, se diseñó e implementó guías didácticas para lograr el aprendizaje significativo de los contenidos científicos del sexto grado (Alegría, 2013).

Posteriormente, Rivera (2016) en su tesis de grado *"La experimentación como estrategia para la enseñanza aprendizaje del concepto de materia y sus estados"* diseñó e implemento guías de interaprendizaje, con los cuatro momentos del modelo de *Escuela Nueva* (Castro, 2010). Se tuvo en cuenta la experimentación como estrategia para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de materia y sus estados en estudiantes de cuarto y quinto de primaria. Las guías diseñadas usaron como base la experimentación con materiales del medio, permitiendo llevar a la práctica real los fenómenos de la materia. Al valorar los resultados se evidenció un cambio en el aprendizaje fortaleciendo las competencias para explicar, indagar, identificar y el gusto por las ciencias partiendo de la experimentación (A. M. Rivera, 2016).

Recientemente, Torres (2019) en su trabajo *"Docente-nano": una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media"* diseñó una propuesta educativa dirigida a docentes de Ciencias Naturales de Educación Media (Ciclo V) para la divulgación y enseñanza del concepto de Nanomateriales, a partir de las dimensiones de la alfabetización científica y tecnológica. La investigación se llevó a cabo en docentes a manera de alfabetización y no fue aplicada a estudiantes (Lady Torres & Duarte-Ruiz, 2018).

Un análisis global de la situación permite ver que en Iberoamérica los esfuerzos encaminados a contribuir a una formación en Nanotecnología en los niveles primarios de enseñanza son aún pobres y no responden a estrategias locales y/o regionales, lo que hace necesario avanzar en estos niveles de enseñanza con la incorporación de contenidos de Nanociencia y Nanotecnología a través de la enseñanza de las ciencias naturales (Tutor-Sánchez, 2013a).

2.4 Aprendizaje Basado en Retos (ABR)

El Enfoque Pedagógico de Aprendizaje Basado en Retos o (ABR) tiene sus raíces en el "*Aprendizaje Vivencial"*, donde el estudiante no es un simple receptor de información, sino por el contrario es él quien se involucra de forma activa en su proceso de aprendizaje. El ABR es una orientación pedagógica enmarcado dentro de las teorías del Aprendizaje Activo y reinventado en 2010 por Apple con las siglas en inglés CBL (*Challenge Based Learning*) término usado para revertir una situación a nivel pedagógico en donde las actividades se centraban en los contenidos sin una aplicabilidad real (Apple-INC., 2010).

El ABR se orienta en crear comunidades que identifican, estudian y resuelven dificultades de la realidad de su comunidad y luego comparten las soluciones con otras colectividades. Este enfoque, tiene sus orígenes en el aprendizaje basado en problemas (García, 2008), y el aprendizaje basado en proyectos (José Martí, Heydrich, Rojas, & Hernández, 2010), como tendencias innovadoras en educación y lo realmente llamativo y novedoso del enfoque es lograr que el estudiante se confronte de manera activa, creativa, emocional, social y física a un desafío de su entorno. Con la estrategia se busca no solo que se resuelva el reto, sino también, aprovechar el pensamiento creativo, la innovación y la gestión intelectual para preparar a los estudiantes al escenario real como es la vida misma (Tec-Monterrey, 2015).

El ABR se apoya en el modelo experiencial de David Kolb quien en la década de los setenta consideró que las personas a través de las experiencias vividas obtienen el aprendizaje, el cual logran percibir y procesar mediante el actuar, reflexionar, teorizar y experimentar (Kolb, 1984). Esta interesante filosofía docente permite desarrollar el razonamiento y el juicio crítico, además estimula la curiosidad para que los estudiantes sean capaces de formular preguntas, proponer problemas y soluciones reales, formar criterios, analizar situaciones y establecer conclusiones (Gibert, Rojo, Torres, & Becerril, 2018).

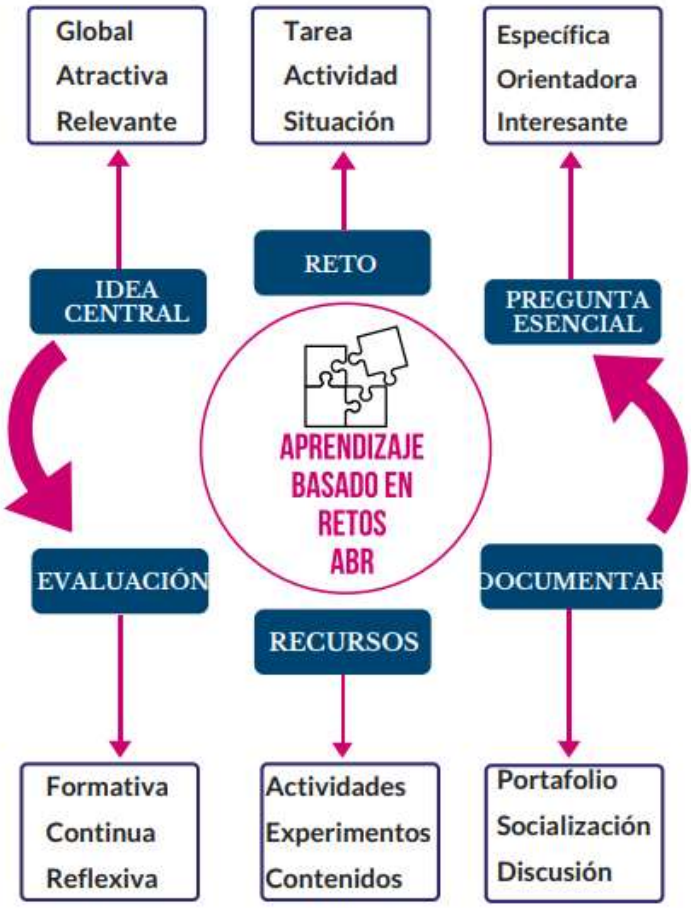


Figura 12. Secuencias para el desarrollo del ABR. **Fuente:** Elaboración propia

Para orientar las clases, el ABR propone apoyarse en algunos elementos como, por ejemplo, preguntas orientadoras, ideas generales y/o recursos audiovisuales en donde el reto gira en torno a dar respuesta a una pregunta esencial. Al final del proceso se deben evaluar los avances conceptuales y es necesario realizar una evaluación reflexiva de la metodología. La secuencia de pasos que utiliza el ABR como enfoque pedagógico se presenta en la Figura 12.

Actualmente el ABR se convierte en una experiencia colaborativa de aprendizaje moderna, donde a través del pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación y la toma de decisiones se lleva a los estudiantes a un ambiente favorable de aprendizaje y desarrollo de los conceptos. Entre los pioneros que han apostado por esta propuesta está el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y el Observatorio de Innovación Educativa (https://observatorio.tec.mx/edutrendsabr) en México, quienes

continúan realizando variados estudios aplicando este enfoque pedagógico (Tecnológico de Monterrey, 2015).

De igual manera diferentes universidades de Estados Unidos han optado por aplicar el ABR, como es el caso de la Universidad Full Sail (Florida) y Ball State (Indiana) que promueven proyectos de educación superior bajo esta propuesta pedagógica y la Universidad Estatal de Kansas donde el enfoque es ampliamente utilizado en Tecnología para la Enseñanza y el Aprendizaje (Gibert et al., 2018).

Adicionalmente, y ligado a la formación en tecnología se encuentra BeChallenge (https://bechallenge.io/) que es una plataforma originaria de Barcelona con fines educativos basados en retos, en la que se encuentran publicados variados desafíos creados por temática y donde inclusive es posible crear un reto propio, conllevando a un aprendizaje autentico, en el cual los estudiantes son los protagonistas de su educación resolviendo problemas de la actualidad que potencian sus habilidades.

En Colombia aunque son escasos los reportes, se han planteado algunas investigaciones que dan inicio a la implementación de esta metodología pedagógica como una opción valiosa y efectiva al cambio pero sobre todo a nivel de secundaria y formación universitaria (Lopez et al., 2017). De acuerdo con el New Media Consortium *"Consorcio internacional de Organizaciones centradas en el Aprendizaje, exploración y uso de nuevos medios y nuevas tecnologías, 2010"* (http://www.nmc.org) el Aprendizaje Basado en Retos es una excelente opción de solución para un sistema de educación pública con problemas.

2.5 Pensamiento Científico

Mejorar la enseñanza de las ciencias naturales y las matemáticas en la escuela es una preocupación a nivel mundial (Galagovsky, 2008). Los niños y las niñas pueden aprender ciencia en formas diversas y pueden aprender más fácilmente, cuando el aprendizaje surge a partir de la satisfacción de sus propias necesidades e intereses; sumado a esto las estrategias planteadas por cada docente deben buscar que los estudiantes puedan observar, describir, crear hipótesis, discernir, criticar, asociar, analizar y establecer conclusiones, habilidades científicas que a la vez permiten potenciar el pensamiento científico en los estudiantes (Serrano, 2008).

Surge así, la obligación como docentes de desarrollar modelos más centrados en el contexto, en las necesidades de los estudiantes y en el reconocimiento de lo que sucede en el mundo a escala global (Restrepo & Pérez, 2017).

Desde esta perspectiva es fundamental que las instituciones educativas propicien el aprendizaje de una enseñanza científica de calidad, mediante metodologías activas de aprendizaje en donde se tenga en cuenta la relación con el entorno físico y la percepción de cada estudiante acerca de lo que lo rodea, favoreciendo el confrontamiento entre las propias ideas y sus propias creencias, con diferentes puntos de vista y variadas representaciones de múltiples situaciones, con las que se potencien esas reflexiones que ayuden a los estudiantes a realizar sucesivas generalizaciones cada vez más correctas, más cercanas a los conceptos científicamente aceptados y, por lo tanto, mejorando su capacidad de razonar y su habilidad de pasar de nociones básicas a complejas (Ruíz, 2006).

Adicionalmente, en torno a la investigación educativa, algunos autores afirman que la implementación de proyectos de investigación en la escuela no solo contribuyen al desarrollo de actitudes y pensamiento científico en los estudiantes sino que facilitan explicaciones del mundo natural (Ibáñez, Arteta, Fonseca, Martínez, & Pedraza, 2005).

Con el desarrollo de esta investigación se diseñaron actividades que generaron un pensamiento científico en los estudiantes de quinto de primaria, aproximándolos a nociones sobre nanociencia y nanotecnología por medio de un enfoque activo de aprendizaje como lo es el ABR.

3. Metodología

Este proyecto se realizó con el fin de estudiar y contribuir al proceso de enseñanza-aprendizaje de nanociencia y nanotecnología en básica primaria. El enfoque del estudio fue de tipo mixto y se llevó a cabo de forma inductiva, interpretativa y recurrente, guiado por un diseño de investigación-acción, con una visión técnico-científica que pretendió acercar al conocimiento científico a estudiantes de ciclo tres de acuerdo con la organización escolar por ciclos de Colombia.

Figura 13. Infografía del diseño metodológico. **Fuente:** Elaboración propia

El propósito del estudio fue examinar la forma en que cierto grupo de estudiantes de edades entre los diez y doce años percibían y experimentaban diferentes fenómenos de su alrededor, haciendo énfasis en sus puntos de vista, interpretaciones y significados. Una infografía sobre el diseño metodológico se presenta en la Figura 13 y en las siguientes secciones se describirán los detalles de cada una de las secuencias metodológicas desarrolladas.

3.1 Tipo de Investigación

Para este estudio se optó por un diseño de investigación-acción reflexiva que se enfoca en una relación dialéctica entre la teoría y la práctica educativa, lo que permite que el docente sea el actor principal del proceso y por medio de su propia acción guiada por la reflexión, pueda solucionar los problemas encontrados en el contexto investigativo(Pérez, 2019).

Tabla 4.

Etapas del proceso de investigación-acción

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Formulación	Planteamiento del problema incluyendo la pregunta problémica, objetivos y búsqueda de antecedentes tanto conceptuales como metodológicos.
Diseño	Establece como se desarrolla la investigación haciendo énfasis en el enfoque metodológico, el tipo de investigación, los recursos e instrumentos que se utilizarán, las fuentes primarias y secundarias.
Ejecución	En esta etapa se lleva a cabo lo planeado en el paso anterior, se recolectan datos para su análisis teniendo en cuenta un diagnóstico, un diseño y una implementación.
Cierre o Evaluación	Evaluación de la propuesta y formulación de conclusiones y recomendaciones.
Divulgación	En esta etapa se dan a conocer los resultados a diversos públicos como mejora educativa.

Nota: Elaboración propia

Las etapas propuestas en este tipo investigación se desarrolló de acuerdo con las descritas Martí (Joel Martí, 2002), en la Tabla 4. Por otra parte, en la Figura 14 se presenta el modelo cíclico que ofrece la investigación-acción propuesto por Kemmis y MacTaggart cuyo propósito es el cambio educativo, que exige de los docentes un compromiso con el mejoramiento de su quehacer mediante el conocimiento, la comprensión y la transformación de su propia práctica y de lo que sucede en el aula. Además, insisten en que la investigación acción se construye desde y para la práctica, exige la participación de

los profesores en la mejora de sus actitudes, el trabajo colaborativo de todos los sujetos implicados que colaboran en las distintas fases del proceso de investigación y el análisis crítico de las situaciones de aula (Kemmis & MacTaggart, 1988).

Figura 14. Fases del proceso de Investigación - acción. **Fuente:** Elaboración propia

3.2 Enfoque Mixto

La metodología propuesta en este proyecto se enmarca en el enfoque mixto con un diseño anidado-concurrente de modelo dominante que implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema (Hernández-Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

Asimismo, el diseño *"anidado-concurrente"* refleja que se recogieron datos simultáneamente tanto cualitativos como cuantitativos, pero con una dominancia del enfoque cualitativo respecto al cuantitativo, es decir hay un modelo dominante que se representa así (CUAL-cuan), lo que indica que el método que posee menor prioridad, (letras en minúscula) es anidado o insertado dentro del que se considera central (letras en mayúscula) (Pereira, 2011).

En el siguiente proyecto se optó por el enfoque mixto de investigación debido a que se realizó una prueba inicial y una final, a partir de las cuales se obtuvieron datos cuantitativos que fueron contrastados junto con las descripciones cualitativas percibidas durante el proceso investigativo. Esta integración sistemática proporcionó una visión más amplia y del estudio, permitiendo entender mejor cada uno de los retos planteados y proporcionando mayor solidez y rigor a la investigación (Núñez, 2017).

3.3 Instrumentos de recolección de datos

Siguiendo los lineamientos propuestos en los métodos de investigación en educación (Cohen, Lawrence, & Morrison, 2007), la recolección de datos se llevó a cabo desde el momento inicial con la inmersión del licenciado investigador en el campo de la nanociencia y hasta la fase final de implementación de la estrategia pedagógica. Se realizó un seguimiento personalizado a los estudiantes participantes, así como entrevistas abiertas aplicadas en sesiones de grupo, entrevistas semiestructuradas, formación de grupos de enfoque, y toma y registro de datos en la bitácora de campo. Los instrumentos de recolección de datos utilizados durante la implementación de la propuesta se describen en el siguiente diagrama de flujo.

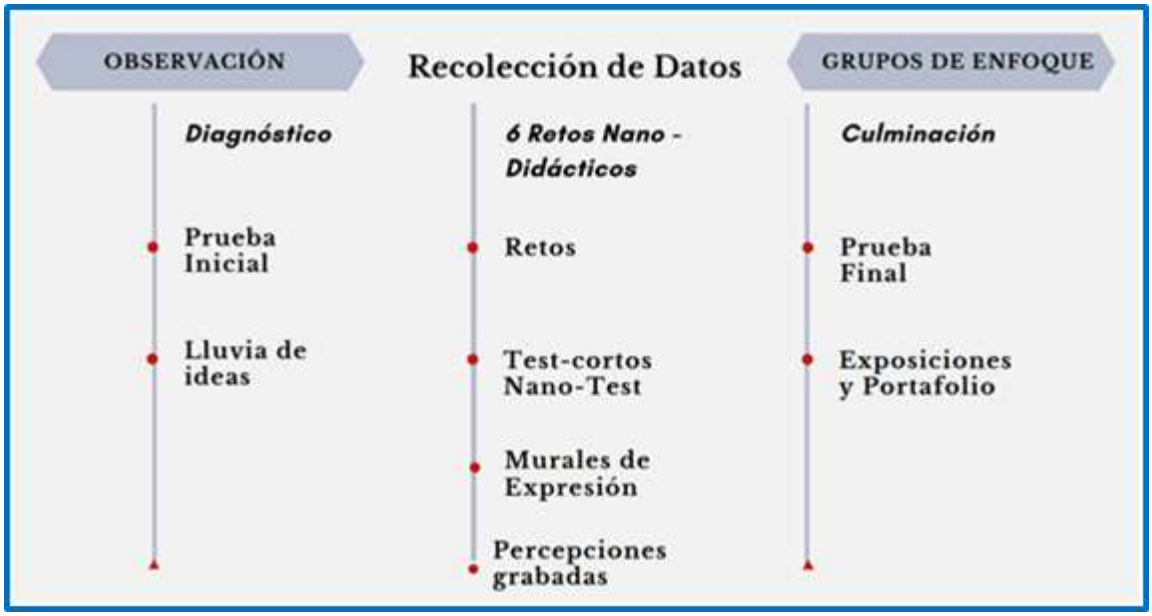


Figura 15. Instrumentos de recolección de datos utilizados. **Fuente:** Elaboración propia

Finalmente, la investigación pedagógica se dividió en tres fases que giraron en torno a los objetivos previamente establecidos y que a continuación se describen.

3.4 Fase I: Diseño de la estrategia pedagógica

En esta fase se realizó el diseño de la estrategia pedagógica a implementar con los estudiantes de último año de primaria en el área de Ciencias Naturales de acuerdo a los estándares curriculares del MEN (Ministerio de Educación Nacional-2004) (Ministerio de Educación Nacional, 2004). La metodología se fundamentó en la construcción de seis guías didácticas, cada una de las cuales se llamó estratégicamente “Reto Nano-Didáctico”. Estas guías didácticas (o guías orientadoras de clase) en la mayoría de los casos describieron o ampliaron ciertos conceptos necesarios para sumergir a los estudiantes de básica primaria en la temática, combinando actividades individuales o grupales, que involucraron experiencias que permitieron reforzar y facilitar la apropiación de los conceptos o fenómenos.

Para la construcción de Los “Retos Nano-didácticos” se tomaron y adaptaron elementos de las actividades propuestas en el estudio recientemente publicado por la Organización Iberoamericana de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria (Serena et al., 2014), y por recomendaciones emanadas de este texto sobre la necesidad de implementar estas temáticas para el nivel de básica primaria. Es importante mencionar que a partir de nuestro conocimiento no se encontraron estudios documentados para el nivel de básica primaria reportados en la literatura.

Posteriormente se recopilaron fuentes secundarias que proporcionaron información sobre los propósitos y perspectivas de diferentes autores en el campo de enseñanza de la nanociencia y nanotecnología, al igual que la búsqueda de experiencias, herramientas y bibliografía asociada al enfoque pedagógico de Aprendizaje Basado en Retos (ABR) (Tecnológico de Monterrey, 2015). El enfoque pedagógico ABR ha sido seleccionado por ser una tendencia educativa moderna que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la definición de un reto y la implementación de una solución.

El desarrollo de cada “Reto Nano-Didáctico” inició con una descripción de los aspectos conceptuales generales asociados a la guía, los cuales giraban en torno a una pregunta esencial u orientadora, la descripción del respectivo reto que además de buscar una solución permitía resolver la pregunta esencial. Así mismo se formularon preguntas, se plantearon actividades y se suministraron recursos para facilitar el buen desempeño de los estudiantes en la búsqueda de una solución al reto planteado. Cada guía de actividades (o Reto Nano-Didáctico) contó con una corta evaluación que permitió identificar los resultados obtenidos en la población estudiantil. Finalmente se realizó una reflexión y retroalimentación de las actividades propuestas tanto a nivel individual como grupal. Los seis Retos Nano-Didácticos propuestos en la investigación y desarrollados en el aula son presentados en los apéndices.

3.5 Fase II: Implementación de los “Retos nano-didácticos” en el aula

La implementación de cada “Reto Nano-Didáctico” como estrategia pedagógica estuvo inicialmente establecida para un tiempo de 4 horas divididas en dos sesiones de 2 horas cada uno y durante un periodo de 2 semanas por Reto Nano-Didáctico. La implementación de la estrategia contempló los siguientes momentos:

Figura 16. Pasos de la fase de implementación. **Fuente:** Elaboración propia

1. Antes de iniciar la aplicación de las guías orientadoras, se realizó una prueba diagnóstica con la cual se evidenció las concepciones previas de los estudiantes y fue un punto referente de partida.
2. Al iniciar la aplicación de cada reto tuvo lugar la etapa de motivación en donde por medio de material audiovisual se presentó la temática.
3. Se realizó una sesión oral por parte del docente con la presentación de los conceptos básicos asociados y la respectiva descripción de las actividades a desarrollar incluyendo tiempos de ejecución. En esta fase también se delimitó el *Reto* objeto de estudio.
4. En algunas ocasiones se realizaron experimentos demostrativos y en grupo con el fin de involucrar a los estudiantes con el trabajo científico.
5. Se desarrollaron discusiones individuales y grupales por parte de los estudiantes que complementaron tanto las actividades de iniciación de la guía propuesta como la recolección de datos de fuentes primarias.

6. Se recopilaron en una sesión grupal posterior los avances y dificultades enfrentados por los estudiantes en el desarrollo de la actividad propuesta. Igualmente se definieron las actividades de consulta y trabajo en casa que los estudiantes debían desarrollar para una próxima sesión.
7. Luego se socializaron en grupos los avances o resultados obtenidos en casa por cada estudiante. Cada grupo de estudiantes socializó los avances en el desarrollo del reto propuesto y entregó la información solicitada en la guía "Reto Nano-Didáctico"
8. Se realizó una retroalimentación donde el docente presentó los resultados correctos del reto propuesto y recogió opiniones asociadas a las dificultades, oportunidades o experiencias exitosas de la actividad desarrollada.
9. Se tuvo también en cuenta un espacio de reflexión por medio de un muro (Mural realizado por los estudiantes al terminar cada guía) llamado "*Hablemos sobre Nano*" en donde se recogieron las apreciaciones de los estudiantes en torno a las diferentes actividades de cada guía orientadora.
10. Por último, se realizó una prueba final que permitió medir la contribución o aceptación de la actividad propuesta.

3.6 Fase III: Análisis de Resultados

Al finalizar la implementación en el aula se consolidaron las experiencias obtenidas en cada uno de los "Retos Nano-Didácticos" y en el conjunto. Se procedió entonces a realizar el análisis cuantitativo de evidencias, haciendo énfasis en el cambio conceptual alcanzado en los estudiantes, para lo cual se relacionó los resultados obtenidos en el test diagnóstico aplicado al inicio de la fase I con los resultados derivados de cada nano- test aplicado después de la ejecución de un Reto Nano-Didáctico. Lo que a su vez permitió realizar la validación tanto de los instrumentos, como del enfoque pedagógico seleccionado. Se logró extraer alcances y conclusiones que dejó la investigación y se plantearon recomendaciones para próximos estudios.

Para facilitar el análisis se tuvo en cuenta la escala de valoración Nacional definida en el decreto 1290 del 2009 que maneja cuatro desempeños de evaluación (Ministerio de Educación Nacional, 2004), cuyos valores numéricos (0 a 100) fueron definidos de acuerdo con el Sistema de Evaluación del colegio La Concepción de la siguiente manera:

Tabla 5.

Escala de valoración y desempeño

Desempeño	Equivalencia
Superior	95-100
Alto	80-94
Básico	60-79
Bajo	00-59

Nota: Elaboración propia

Los datos cuantitativos fueron recolectados y contrastados lo que permitió realizar un análisis descriptivo basado en los porcentajes que obtuvieron los estudiantes en las pruebas inicial y final. La información fue organizada en tablas y luego se representó en gráficas de barra.

Para lograr un estudio más completo y detallado de los datos obtenidos y con el fin de no entrar en repeticiones innecesarias, ya que algunas preguntas de la prueba control evaluaba aspectos similares, se llevó a cabo un análisis descriptivo realizando una clasificación de preguntas. Para lo cual se diseñó la rúbrica de evaluación número uno que consistió en 12 aspectos cognitivos generales y de mayor relevancia relacionados con las temáticas evaluadas en dicha prueba; con el fin de identificar las concepciones de los estudiantes frente a nociones básicas de química (*Temática 1*) y nociones básicas de nanociencia y nanotecnología (*Temática 2*).

3.7 Conceptos desarrollados en la investigación

En primer lugar, se abarcaron nociones generales de química con conceptos de materia y sus respectivos estados, llegando a profundizar en el concepto de átomo, y las partículas fundamentales como el electrón. También se incluyó el carbono, su comportamiento y propiedades (Martín, 2011). Consecuentemente se introdujo a los estudiantes a las escalas de medición y su notación desde una perspectiva matemática (Mulvaney, 2015).

3.8 Lineamientos Curriculares

Los “Retos-Nano Didácticos” se desarrollaron siguiendo los estándares de competencias básicas del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN,2004) en relación a

Ciencias Naturales y Educación Ambiental, los cuales son descritos en esta sección en las Tablas 6 a 9 que a continuación se presentan (Ministerio de Educación Nacional, 2004).

Tabla 6.

Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte I.

Estándar: Identifico transformaciones en mi entorno a partir de la aplicación de algunos principios físicos, químicos y biológicos que permiten el desarrollo de tecnologías.	
Me aproximo al conocimiento como científico/natural	Observo el mundo en el que vivo.
	Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.
	Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas.
	Identifico condiciones que influyen en los resultados de una experiencia y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables)
	Diseño y realizo experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas
	Registro mis observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita y utilizando esquemas, gráficos y tablas.
	Establezco relaciones entre la información y los datos recopilados.
	Saco conclusiones de mis experimentos, aunque no obtenga los resultados esperados.
GRADO CUARTO A QUINTO	Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.

Nota: Elaboración propia

Tabla 7.

Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte II.

Estándar: Identifico transformaciones en mi entorno a partir de la aplicación de algunos principios físicos, químicos y biológicos que permiten el desarrollo de tecnologías.	
Manejo conocimientos propios de las ciencias naturales	Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos.
	Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.
	Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas.
	Clasifico seres vivos en diversos grupos taxonómicos (plantas, animales, microorganismos…).
GRADO CUARTO A QUINTO	Analizo características ambientales de mi entorno y peligros que lo amenazan.
	Establezco relaciones entre microorganismos y salud.

Nota: Elaboración propia

Tabla 8.

Estándares Ciencias Naturales tenidos en cuenta en la investigación, parte III.

***Estándar**:* Identifico transformaciones en mi entorno a partir de la aplicación de algunos principios físicos, químicos y biológicos que permiten el desarrollo de tecnologías.	
Desarrollo compromisos personales y sociales	Valoro y utilizo el conocimiento de diferentes personas de mi entorno.
	Cumplo mi función cuando trabajo en grupo, respeto las funciones de otros y contribuyo a lograr productos comunes.
	Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco puntos de vista diferentes y los comparo con los míos.
	Reconozco y respeto mis semejanzas y diferencias con los demás en cuanto a género, aspecto y limitaciones físicas.
	Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento.
	Registro mis observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita y utilizando esquemas, gráficos y tablas.
GRADO CUARTO A QUINTO	Establezco relaciones entre la información y los datos recopilados.
	Saco conclusiones de mis experimentos, aunque no obtenga los resultados esperados.
	Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.

Nota: Elaboración propia

Tabla 9.

Estándares de Matemáticas tenidos en cuenta en la investigación.

Estándares Básicos de Matemáticas Grado Cuarto a Quinto	
Pensamiento numérico y sistemas numéricos	Identifico y uso medidas relativas en distintos contextos.
	Resuelvo y formulo problemas cuya estrategia de solución requiera de las relaciones y propiedades de los números naturales y sus operaciones.
	Selecciono unidades, tanto convencionales como estandarizadas, apropiadas para diferentes mediciones.
Pensamiento espacial y sistemas geométricos de pensamiento	Comparo y clasifico figuras bidimensionales de acuerdo con sus componentes (ángulos, vértices) y características.
	Identifico y justifico relaciones de congruencia y semejanza entre figuras.
Pensamiento aleatorio y sistemas de datos	Represento datos usando tablas y gracias (pictogramas, graficas de barras, diagramas de líneas, diagramas circulares).
	Resuelvo y formulo problemas a partir de un conjunto de datos provenientes de observaciones, consultas o experimentos.

Nota: Elaboración propia

Buscando interdisciplinariedad y teniendo en cuenta la temática trabajada se intentará relacionar los anteriores estándares básicos de competencias en matemáticas según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN,2004) (Ministerio de Educación Nacional, 2004).

4. Análisis y discusión de los resultados

Teniendo en cuenta que la recolección de datos se llevó a cabo desde el momento inicial, con la inmersión del licenciado investigador en el campo de la nanociencia y hasta la fase de implementación de la estrategia pedagógica, los resultados y el respectivo análisis se presentan en términos de las tres fases en las que se desarrolló la metodología.

4.1 Análisis del diseño de la estrategia pedagógica

El planteamiento del problema surgió a partir de una problemática muy generalizada en la educación pública e identificada por el docente investigador en el contexto escolar, que corresponde al hecho de observar que el escenario donde usualmente se aborda el estudio de las ciencias naturales en la enseñanza básica primaria, privilegia la memorización y transmisión de conceptos, desde una visión segmentada, fragmentada e independiente de los fenómenos reales o actuales, lo cual impide que se invite a cuestionarse por qué suceden las cosas, sin ir más allá y sin trascender hacia una mirada que incentive la comprensión, profundización y construcción de nuevo conocimientos en los estudiantes.

Otro factor que justificó esta iniciativa fue la observación en la actualidad de escasos colegios públicos en Colombia que cuentan con aulas especializadas de experimentación, y en el caso concreto del Colegio La Concepción, no existe un espacio destinado para este fin, por lo tanto, no se desarrollan prácticas de laboratorio que permitan analizar un fenómeno de la naturaleza con el entramado de relaciones y conceptos asociados.

A partir de estos aspectos, la investigación se orientó teniendo en cuenta elementos del *Modelo de Aprendizaje Basado en la Experiencia* de David Kolb (Figura 17), quien consideró que la práctica experiencial se refiere a las actividades que permiten aprender,

lo cual es posible al percibir y procesar mediante el actuar, reflexionar, teorizar y experimentar(Agudelo, Agudelo, Urbina, & Gutiérrez, 2010; Kolb, 1984).

Aunque desde un primer momento se definió la población y el área en el que se enfocaría la investigación, en este caso Ciencias Naturales, solo restaba definir el o los conceptos centrales sobre los cuales giraría todo el proyecto, donde se requería encontrar una temática que incluyera algunos experimentos o experiencias que desarrollarán (o mejorarán) las competencias científicas en la población. En este sentido, se planteó el siguiente interrogante: ¿Qué temática o temáticas de Ciencias Naturales se desarrollarán durante la implementación del proyecto?

Figura 17. Elementos del modelo de Aprendizaje Basado en la Experiencia de David Kolb. Fuente: https://www.actualidadenpsicologia.com/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-kolb/

Para responder esta pregunta fue necesario considerar los Estándares Básicos de Competencias del MEN (2004), los cuales ofrecen los lineamientos generales sobre lo que es necesario desarrollar en los estudiantes desde los inicios de su vida escolar, que incluye el desarrollo de habilidades científicas para explorar hechos y fenómenos, analizar problemas, observar, recoger y organizar información relevante, utilizar diferentes métodos de análisis, evaluarlos, y compartir los resultados(Ministerio de Educación Nacional, 2004).

Como resultado se propuso trabajar los conceptos Nanociencia y Nanotecnología (N&N) enmarcado en los alcances propuestos por dichos lineamientos curriculares según el MEN e incentivado por el el hecho de reconocer que la nano-educación es un campo pedagógico relativamente reciente, al igual que el avance acelerado de las aplicaciones de la nanotecnología (Betancourt, 2017).

Definido el tema a implementar, se realizó una revisión y búsqueda bibliográfica en las bases de datos sobre antecedentes de enseñanza sobre N&N en la escuela a nivel nacional e internacional, destacándose los escasos estudios en este campo en el contexto de educación básica primaria. En la Tabla 10 se relacionan las investigaciones reportadas de mayor relevancia en la iniciativa de formación y educación en nanociencia en diferentes países, incluido Colombia.

Dentro de los resultados encontrados se destaca la “Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en el Nivel de Secundaria” publicación a cargo de la Organización Iberoamericana de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), pioneros en la introducción de los conceptos nano en educación secundaria en Latinoamérica. Esta guía didáctica consta de en una serie de fichas didácticas para la divulgación de N&N en educación básica secundaria que sirvieron de insumo con el fin de seleccionar algunas actividades que se adaptaron para el nivel educativo de básica primaria. Se enfocó la investigación en el aula combinando clases, actividades individuales y retos grupales, interrelacionando las áreas de las ciencias como la química, la biología y las matemáticas con desarrollos tecnológicos asociados al concepto de N&N (P. Serena et al., 2014).

Tabla 10.

Resumen de antecedentes sobre divulgación en N&N.

Titulo	País – Autor	Descripción	Referencia
La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y algunas sombras	España – Pedro Serena, 2009	Se desarrolla un informe sobre la investigación en nanotecnología en España.	35
Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en Iberoamérica	España - Joaquín D. Tutor-Sánchez, 2013	Se presenta un análisis particularizado de la situación de la formación en Nanotecnología en Iberoamérica y se presentan los logros y las dificultades actuales e iniciativas.	22

Titulo	País – Autor	Descripción	Referencia
Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria	España - Ed "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, 2014	Libro guía de la investigación de donde se tomaron ideas sobre como capacitar en nanociencia y nanotecnología a niños y jóvenes.	19
¿Porque es importante la divulgación y la formación en nanotecnología?	España - Joaquín D, Tutor Sánchez, Noboru Takeuchi, 2015	Se argumenta la importancia de la divulgación y la formación científica y tecnológica en nanociencia y nanotecnología.	21
Enseñar Nanotecnología a través de Nuestros Antepasados	Madrid, España – Javier Gamo-Aranda, Joaquín D, Tutor Sánchez, 2015	Muestra como a partir de los resultados nanotecnológicos de los antepasados se pueden introducir conceptos básicos en nanociencia y nanotecnología.	23
Perspectivas para la innovación en educación con nanociencia y nanotecnología	México - María Luisa García, 2017	Realiza una revisión de algunos de los aspectos fundamentales y recientes, utilizados en la educación en nanociencias y nanotecnología	20
El juego caza-nano y la enseñanza de nano conceptos: actividades lúdicas en la educación secundaria	Brasil- Ribeiro Allan, Ghirardello, Dante Amarante, Luís C Bruno-Alfonso, Alexys Moacir 2017	Se presenta una propuesta educativa de temas de N&N a través de una actividad lúdica: el juego llamado Caza-Nano.	49
Construcción de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos y términos más usados en nanociencia a través de la indagación y la investigación	Colombia – Oswaldo Rubiano, 2013	Orienta el diseño de una Unidad Didáctica para docentes de educación media, en la enseñanza de conceptos y términos relacionados con la Nanociencia.	17
Nanobox: un material educativo en nanomateriales que promueve la creatividad científica	Colombia - Catalina Ruano y Yenny Hernández, 2016	Se expone el diseño, elaboración e implementación de un material educativo para la enseñanza de los nanomateriales llamado NanoBox en secundaria.	16
Docente-nano: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media	Colombia – Lady Torres, Álvaro Duarte, 2018	El trabajo consistió en capacitar a un grupo de docentes en nanotecnología para que a la vez lo divulgaran en los colegios.	34

Nota: Elaboración propia

De esta forma, se diseñaron seis guías didácticas buscando acercar a los estudiantes al diminuto mundo científico denominadas "*Retos Nano-Didácticos*", donde la palabra *RETO* corresponde al enfoque pedagógico utilizado (ABR), *NANO* que reconoce la nanociencia y nanotecnología como eje temático central de la investigación y la palabra *DIDÁCTICOS* que representa la manera de generar el aprendizaje. El enfoque pedagógico Aprendizaje

Basado en Retos (ABR) implementado en la construcción de los Retos Nano-Didácticos fue seleccionado por ser una tendencia educativa reciente que incluye activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la definición inicial de un reto y la implementación de una solución (Apple-INC., 2010).

Adicionalmente, el enfoque pedagógico ABR contribuye al alcance de las metas de la presente investigación por el hecho de enfrentar al estudiante a un reto puntual, el cual potencializa el ejercicio e impulsa la motivación. Esto se sustenta igualmente, a partir de la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, quien señala que durante la etapa de primaria, específicamente en el estadio de las operaciones concretas entre los 7 a 11 años de edad, el niño empieza a utilizar el cálculo mental y la lógica para reflexionar sobre los hechos o los objetos de su ambiente y está en condiciones de establecer inferencias relacionadas con fenómenos de la naturaleza que impliquen una transformación(Rafael, 2008).

Por último, estudios en neurociencia han demostrado que la aplicación del enfoque pedagógico ABR durante la etapa de la escuela primaria conlleva a una serie de interacciones cerebrales, las cuales permiten el desarrollo de conocimientos y habilidades académicas, razón por la que se debe vincular al proceso de enseñanza-aprendizaje al medio socioemocional y escolar del infante. De igual manera, no se pueden dejar de lado las motivaciones y las emociones del niño pues contribuyen en el aprender y en el perfeccionamiento de las destrezas de orden académico(Ortíz & Tomas, 2009).

4.2 Análisis de la Implementación de los “Retos Nano-Didáctico” en el aula

La implementación en el aula de los “Retos Nano-Didáctico” se realizó de acuerdo con el cronograma establecido durante en el periodo comprendido entre el 15 de agosto y el 15 de noviembre de 2019. Desde el día uno de la implementación se confirmó que el trabajo con estudiantes de primaria se debe abordar de una forma pausada y reflexiva acorde con sus avances, lo cual implica la utilización del tiempo suficiente, por lo que se definió que

un Reto-Nano-Didáctico se desarrollaría en dos sesiones de clase de 120 minutos para un total de cuatro horas semanales por Reto.

Con respecto a la población de estudio, se seleccionaron niños y niñas del último nivel de primaria, correspondiente a grado quinto, los cuales estaban en una edad escolar entre 9 y 12 años. Los infantes en esta edad se caracterizan por tener un enfoque de aprendizaje profundo vinculado a su personalidad (Maquilón, Sanchez, & Cuesta, 2016), a partir del cual obtienen resultados cognitivos mucho más complejos. Dicha tendencia se basa además en el interés de los alumnos por los contenidos, generando estrategias para satisfacer su curiosidad.

Para la implementación de cada “Reto Nano-Didáctico” se trabajó con 25 estudiantes, los cuales asistían regularmente permitiendo dar seguimiento a los resultados de forma constante, lo que permitió la consolidación de los avances logrados en el proceso. Los espacios empleados durante toda la implementación fueron el salón de clase, la sala de sistemas y la biblioteca del colegio, con momentos en espacios alternados que favorecen el cambio del modelo tradicional de permanecer siempre en el aula, hacia lograr aprendizajes en escenarios diferentes de construcción del conocimiento en la misma escuela. En efecto, cualquier innovación en los tiempos escolares debe ir acompañada de cambios en las prácticas pedagógicas y en los recursos que el profesor tiene disponible (Martinic, 2015).

Desde el primer día de la implementación se evidencio que el proyecto generó expectativa en los estudiantes, ya que el hecho de percibir nuevas cosas creaba curiosidad en ellos y a la vez aumentaba su motivación, algo que fue significativo si se tiene en cuenta que el estudiante aprende elementos exigentes, que requieran un esfuerzo mayor y la necesidad de un esfuerzo adicional que conlleva a tener éxito de la actividad (Junco, 2012).

Durante la primera sesión se pudo abstraer que ningún estudiante conocía los términos nanociencia o nanotecnología, que eran conceptos desconocidos, raros y lejanos. Incluso, al cuestionarlos acerca de lo que estudia y aborda la química, no lo sabían, algunos lo ligaban con lo natural. Lo mismo sucedía al preguntarles sobre la física, es decir todo lo correspondiente con la ocurrencia de fenómenos, lo relacionaban únicamente con la asignatura de ciencias naturales. Se resaltan algunas propuestas que han surgido a raíz

de la preocupación de vincular este tipo de temas desde la educación media e inclusive poderlas desarrollar en la escuela primaria (Lady Torres & Duarte-Ruiz, 2018).

Es importante destacar que se conformaron grupos de trabajo que debían prevalecer en todas las sesiones, que les permitió generar confianza con el proyecto y un grado de empatía mayor entre ellos, siendo conscientes de las capacidades que cada uno podía aportar con el fin de alcanzar los objetivos propuestos durante la implementación. El trabajo en equipo ha cobrado importancia en las últimas tendencias en pedagogía, por ser un factor potencializador de los resultados al desarrollar una elevada competencia de los participantes que les permite resolver problemas con decisiones consensuadas y casi siempre más eficientes, sin menospreciar los efectos favorables de la interacción grupal a nivel social, intelectual, emocional y psicológico (Pozner, 2018).

En cuanto al inicio de la implementación se explicaron las reglas de juego como por ejemplo llegar puntual a la clase, asistir a los dos encuentros semanales, participar activamente en clase, trabajar en equipo, cumplir con los compromisos extraescolares, preguntar cualquier duda por mínima que sea y llevar portafolio y cuaderno. A partir de ese momento el cuaderno de ciencias naturales pasó a llamarse *CIENCIASNANO* y se les proporcionó una carpeta tamaño oficio como portafolio, la cual tenían que decorar, de forma creativa, con fotos alusivas a nanociencia y nanotecnología, estableciendo un trabajo interdisciplinar con el área de artes.

Figura 18. Evidencia del momento en que los estudiantes realizan la decoración del portafolio

Los retos nano-didácticos fueron desarrollados en cada sesión de acuerdo con la secuencia del aprendizaje basado en retos (ABR), tal y como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Etapas del Enfoque Pedagógico ABR **Fuente:** Elaboración propia

El enfoque del ABR, de manera general trabaja tres etapas, que son: motivar, investigar y actuar, las cuales desglosan la secuencia de pasos propias del modelo. Por ejemplo, la fase de motivación comienza con una gran idea que se conecta con una pregunta esencial que se articula con un reto, en esta investigación, por ser para el nivel de primaria fue formulado por el docente investigador. La segunda etapa, establecida para investigar, incluye formular preguntas orientadoras y el desarrollo de actividades y recursos necesarios para la solución del desafío. Y por último, está el actuar en donde se determina y enlaza la resolución del reto con las demás partes del proceso, sometiendo los resultados a una posterior evaluación y socialización de los mismos(Johnson & Adams, 2011).

Conviene subrayar que la implementación de cada Reto nano-didáctico contempló diversos momentos dentro y fuera del aula, los cuales incluían actividades como motivación por medio de videos, presentaciones en PowerPoint, experimentos demostrativos y prácticas en grupo, discusiones individuales y grupales, socialización de resultados y espacios de competencia, retroalimentación y reflexión.

Por último, es necesario recalcar que en el Aprendizaje ABR el profesor, aunque es un facilitador y colaborador del proceso, inicialmente es necesaria una participación del

docente junto con sus estudiantes en la búsqueda de nuevo conocimiento, dando tiempo para que los participantes adecuen sus hábitos y nuevas formas de pensamiento. Un aspecto relevante que brinda el enfoque, es que impulsa la motivación hacia lo aprendido, generando una actitud positiva no solo en el estudiante sino también en el maestro (Apple-INC., 2010).

4.3 Análisis de los resultados obtenidos en la fase de Implementación.

El trabajo implementado tuvo un diseño de investigación acción bajo un enfoque mixto (CUAL-cuan), por lo cual se presentan las descripciones detalladas de los resultados obtenidos en la prueba inicial aplicada como actividad de diagnóstico del proyecto, la prueba final de control realizada en la última etapa del mismo, así como los resultados obtenidos en los nano-test que se emplearon al final de cada uno de los Retos Nano-Didácticos y en los elementos claves evaluados en las guías de actividades asociados al ABR.

4.3.1 Test Inicial- Diagnóstico

Desde el siglo pasado está bien reconocida y argumentada la importancia del reconocimiento de las ideas o conceptos ya establecidos en la estructura cognitiva de un individuo, que lo conlleva posteriormente a relacionar estas ideas con nuevos momentos y/o experiencias, obteniendo así un aprendizaje más significativo (L. Rodríguez, 2008), siendo este último uno de los conceptos fundamentales para el constructivismo moderno; entendiéndose como toda experiencia que parte de los conocimientos y vivencias previas del sujeto que luego se integran con el nuevo conocimiento y se convierte en una experiencia significativa (J. Rivera, 2004).

Figura 20. Evidencia del momento de la aplicación de la prueba inicial – diagnóstico

De igual manera, pero ya en este siglo aportes establecidos por Campanario y Otero (2000) afirman que los alumnos tienen un conjunto de diversas preconcepciones sobre los contenidos científicos que casi siempre son erróneos, pero que deben tenerse en cuenta como condición necesaria si se quiere alcanzar con éxito la enseñanza de las ciencias (Campanario & Otero, 2000). En este sentido, el objetivo establecido en esta primera actividad fue: ***"****Explorar acerca de los preconceptos que cada estudiante tiene sobre nanociencia, nanotecnología y química, para luego trazar las condiciones iniciales del estudio".*

De acuerdo con los anteriores preceptos se aplicó la prueba inicial a los estudiantes (Ver apéndice-A), que permitió identificar los ideas o conceptos que los alumnos tenían específicamente sobre química, nanociencia y nanotecnología. La actividad se desarrolló empleando una hora y treinta minutos de tiempo, en el cual cada estudiante resolvió la prueba que constaba de 20 preguntas.

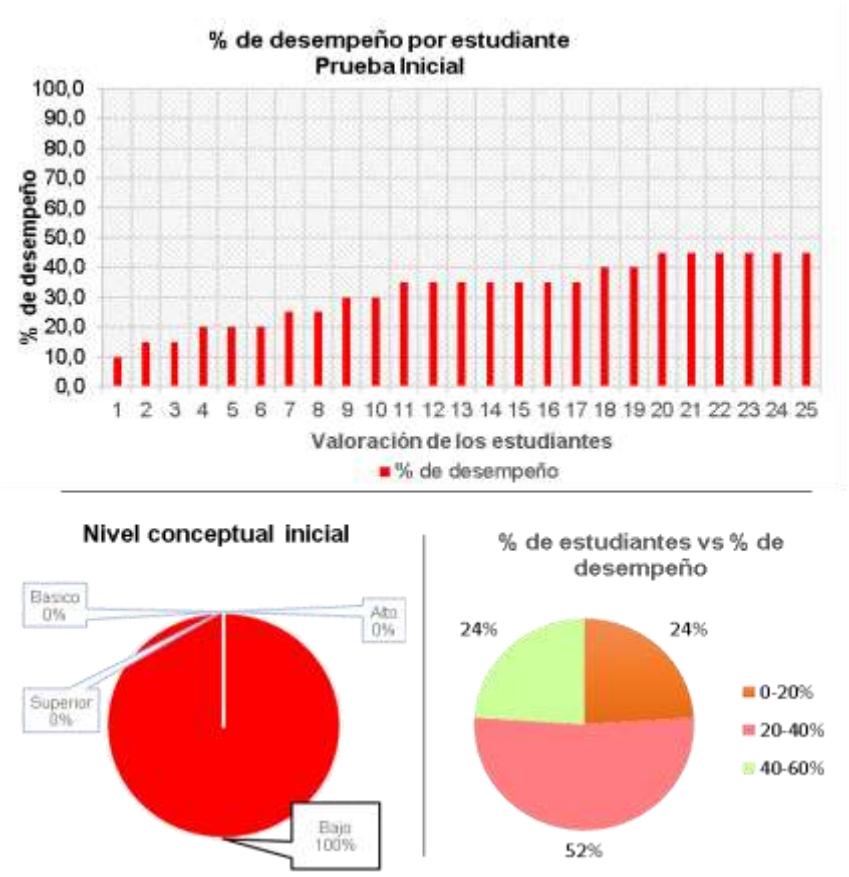


Figura 21 Resultados de la prueba inicial - diagnóstico **Fuente:** Elaboración propia

Los resultados se presentan en la Figura 21 donde se relaciona el porcentaje de estudiantes y el porcentaje de aprobación de la prueba. Para facilitar el análisis descriptivo de los datos obtenidos a lo largo de la investigación se tuvo en cuenta la escala de valoración Nacional definida en el decreto 1290 del 2009 que maneja cuatro desempeños de evaluación (Ministerio de Educación Nacional, 2019) (Tabla 5).

De acuerdo con los resultados de la Figura 21, se puede observar que el nivel conceptual inicial del grado quinto en cuanto a nociones básicas de química, nanociencia y nanotecnología fue bajo, teniendo en cuenta que el rendimiento promedio del curso en la prueba fue de 32.2%. Adicionalmente, el 52% de los estudiantes obtuvieron un desempeño entre 20% a 40% y se observa que la mayoría de los estudiantes obtuvieron puntajes entre 35% y 45%.

Tabla 1.

Rúbrica N° 1 (Evaluación del Test Inicial- Diagnóstico)

Rúbrica N° 1- Evaluación de Test Inicial- Diagnóstico				
Tema	**Aspecto Cognitivo Evaluado (Indicador)**		**Porcentaje - %**	
			SI	**NO**
TEMATICA 1 QUÍMICA	**1.**	Define correctamente que es la materia.	40	60
	2.	Sabe que el átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia.	32	68
	3.	Reconoce que existen partículas subatómicas y las ubica correctamente.	8	92
	4.	Sabe cómo está conformada una molécula.	20	80
	5.	Distingue cuando se presenta un fenómeno físico en naturaleza.	64	36
	6.	Reconoce el objeto de estudio de la química.	72	28
TEMATICA 2 NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA-	**7.**	Conoce la forma de nombrar unidades en el Sistema Internacional.	20	80
	8.	Sabe que los nanomateriales son materiales construidos por el hombre más pequeños que un micrómetro.	4	96
	9.	Sabe de qué se encarga la nanotecnología.	36	64
	10.	Conoce que un nanómetro es 1000.000.000 de veces más pequeño que un metro.	16	84
	11.	Es capaz de establecer los valores de la escala nanométrica.	20	80
	12.	Es capaz de comparar entre diferentes unidades de medida.	48	52

Nota: Elaboración propia

Por otro lado, se llevó a cabo un análisis descriptivo realizando una clasificación de interrogantes de acuerdo con cada temática, esto con el fin de identificar las preconcepciones de los estudiantes frente a nociones básicas de química (Temática 1- Preguntas 1-10) y nociones básicas de nanociencia y nanotecnología (Temática 2 Preguntas 11-20). La Tabla 11 corresponde a la rúbrica de evaluación elaborada para el análisis de la prueba inicial y final, que abarca los 12 aspectos cognitivos propuestos de las temáticas mencionadas y derivadas de las preguntas más relevantes de la prueba.

Los resultados del porcentaje de estudiantes que cumplieron o no los aspectos cognitivos en la prueba inicial son presentados en la Figura 22.

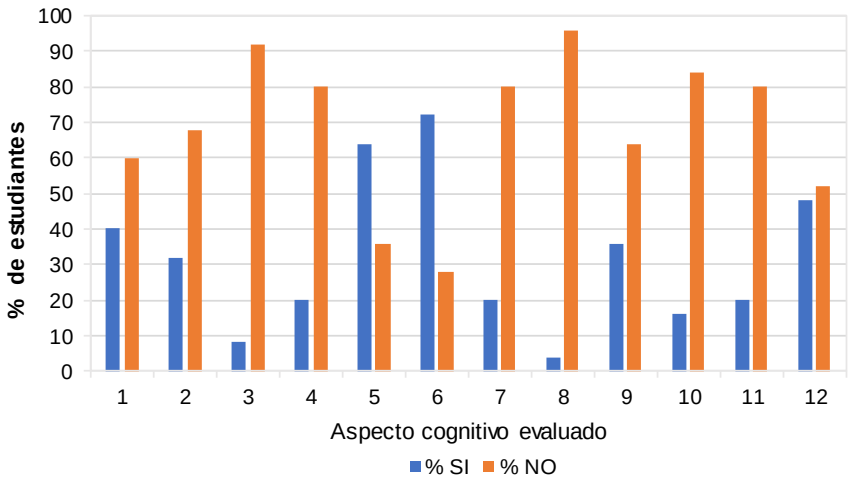


Figura 22. % de estudiantes que cumplieron o no los aspectos cognitivos propuestos en la rúbrica de evaluación de la prueba inicial-diagnóstico.

Se evidencia claramente los altos porcentajes de desaprobación en la mayoría de los aspectos cognitivos en las temáticas propuestas (columnas naranjas), sin embargo se destaca que en la temática 1 se obtuvieron valores superiores al 50% en los aspectos cognitivos 5 y 6 que corresponden a conceptos físicos y macroscópicos, mientras porcentajes muy bajos en los aspectos cognitivos que están asociados a conceptos microscópicos y con ausencia de interacción común o rutinaria por parte del estudiantado (Aspectos 1-4).

Respecto a lo anterior en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales, específicamente en la química, los estudiantes presentan grandes dificultades y establecen una baja relación entre los niveles macroscópico y submicroscópico, ya que representan los conceptos de la materia a través de las propiedades que pueden observar, más cercanas a las dimensiones del mundo real que a las del mundo corpuscular(Ordenes, Arellano, Jara, & Merino, 2014).

De la misma manera autores como Rubio Cascales (2010) citado por Cañada, Melo y Álvarez (2013) concluyen que en educación primaria no se trabaja la materia a nivel microscópico, ya que los alumnos utilizan razonamientos basados en los estados de la materia para diferenciar entres sustancias y mezclas sin dar importancia a interacciones ni ha propiedades corpusculares de la materia (Cañada, Melo, & Álvarez, 2013).

Por otra parte, es posible realizar un análisis confrontando cada aspecto cognitivo con la opción incorrecta seleccionada, con el fin de establecer los preconceptos de los alumnos,

por ejemplo, en el primer ítem establecido “define correctamente que es la materia” solo un 40% de los estudiantes la definieron educadamente haciendo referencia a el componente principal de objetos y cuerpos que ocupa un espacio, posee masa y energía y está ligado a lo que los rodea. Frente a un 60% que afirmaron que la materia es “todo aquello que podemos ver” o la asociaron a todo lo que ocupa un lugar sin tener en cuenta la masa ni la energía e incluso algunos la relacionaron con cosas que tienen masa sin involucrar el volumen. Se sabe que los escolares muestran desde los diez años en adelante bastante familiaridad con ideas corpusculares, sin embargo, es probable que una gran mayoría la perciba continua, estática, sin imaginar algún tipo de partícula mucho menos contemplar el vacío(Benarroch, 2001).

En el mismo orden de ideas en el segundo ítem “sabe que el átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia” se observa que más del 60% de los estudiantes no lo sabían o no lo recordaban frente a un 30% aproximadamente que si lo sabían o lo recordaban. Las preconcepciones derivadas de este punto muestran que unos alumnos interpretaron el átomo como si fuera una molécula y la gran mayoría lo relacionó con un elemento biótico al compararlo con una célula. De acuerdo con Galagovsky, L., Rodríguez, M. Stamati, N & Morales L (2003) los conceptos abstractos átomo, molécula entre otros, son elementos que no se pueden percibir fácilmente, por esto algunos escolares los relacionan con objetos próximos a ellos por ejemplo los encontrados en la naturaleza(Galagovsky, Rodríguez, Stamati, & Morales, 2003).

Observando el tercer aspecto que se relaciona con el anteriormente nombrado; “reconoce que existen partículas subatómicas y las ubica correctamente” se encuentra que un porcentaje bajo de alumnos cercano al 10% responde correctamente a la pregunta relacionada con este aspecto cognitivo, mientras que más del 90% reconoce la existencia de partículas asociadas al átomo, pero desconocen su nombre y su ubicación. Se debe agregar que son innumerables los estudios realizados acerca de las preconcepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia y su organización, los análisis en numerosos casos muestran que la visión de los escolares se ve limitada a lo que puede observar, es decir al nivel macroscópico puesto que para muchos es difícil reconocer que existe algo diferente a su percepción relacionado con un mundo microscópico e incluso nanoscópico (Zuluaga, 2018).

El aspecto cognitivo 4 permitió establecer la noción que tenían los alumnos sobre molécula, donde el 20% de estudiantes asoció este concepto a la unión de dos o más átomos iguales o diferentes. Sin embargo, hubo un 80% que no respondieron adecuadamente y consideraron la molécula como el vínculo del mismo elemento incluso algunos la tienen diferenciada refiriéndose a la cercanía de átomos desiguales únicamente, sin contemplar la formación de moléculas por átomos similares.

El quinto aspecto facilitó apreciar si los estudiantes distinguían un cambio físico de la materia, encontrando que más del 60% logró ejemplificar correctamente el concepto mientras que el 36% confundió un cambio físico con un cambio químico. En cuanto a la respuesta analizada sobre este ítem es posible afirmar que los alumnos asocian el tipo de transformación a un ejemplo en particular sin explicar el proceso implícito en cada caso además sus explicaciones carecen de elementos y relaciones bajo el contexto de la explicación científica (López & Vivas, 2009).

El último aspecto evaluado referente a química mostró que un buen porcentaje de estudiantes saben o relacionan adecuadamente su objeto de estudio; más sin embargo hubo alumnos que la asociaron a la ciencia que estudia la vida o la limitaron al carbono específicamente.

Acerca de las ideas preconcebidas por los estudiantes respecto a N&N aspectos del 7 al 12 se observa que hay un bajo índice de aciertos es decir que, para la mayoría las temáticas relacionadas con estas disciplinas son desconocidas por completo. Po ejemplo en el aspecto 8 concerniente a la noción de nanomateriales en donde solo el 4% de los alumnos los lograron identificar correctamente, frente a un 96% que en su gran mayoría los relacionó con las sustancias que se extraen directamente de la naturaleza ya sea de origen animal o vegetal. Nuevamente, se demuestra como los estudiantes acogen ideas de su contexto inmediato.

De la misma manera se obtiene en el aspecto 9 que indaga sobre si *sabe de qué se encarga la nanotecnología* donde solo un 36% de los estudiantes tuvieron la noción o se enfocaron acertadamente, de los cuales se observa que, aunque desconocían por completo la respuesta favorable es muy probable que al leer las opciones se inclinaron más por la opción correcta, es decir, tenían una vaga idea o su comprensión lectora les

permitió establecer relaciones. Esta preconcepción contrasta con un 64% que en su gran mayoría lo vinculó con mecanismos biológicos y organismos vivos.

Lo anterior permite señalar que la mayoría de los estudiantes del grupo 502 del colegio La Concepción se encuentra alejado de los conceptos básicos del nano mundo, lo que se confirma al analizar el aspecto cognitivo 10 donde se indaga sobre el concepto de *nanómetro* y tan solo un 16% lo asoció adecuadamente, comparado con un 84% que en su gran mayoría lo estableció como un objeto o elemento 10 veces mayor a un metro. Lo mismo sucede con el estudio sobre el concepto de la de la escala nanométrica, en donde un 20 % fue capaz de establecer correctamente valores entre 1 y 100 nm en contraste con el 80% que la ubicó erróneamente entre 1 a 10 nm o 10 a 100 nm.

Con respecto a la única pregunta abierta de la prueba que permitía entender que nociones tenían los estudiantes sobre el *vocablo NANO*, cabe señalar que ningún estudiante la respondió correctamente pues en sus respuestas nadie lo asoció con algo diminuto o pequeño. En la Figura 23 se observan algunas respuestas de los estudiantes sobre la pregunta abierta de la prueba: ¿Qué significa para ti la palabra nano?

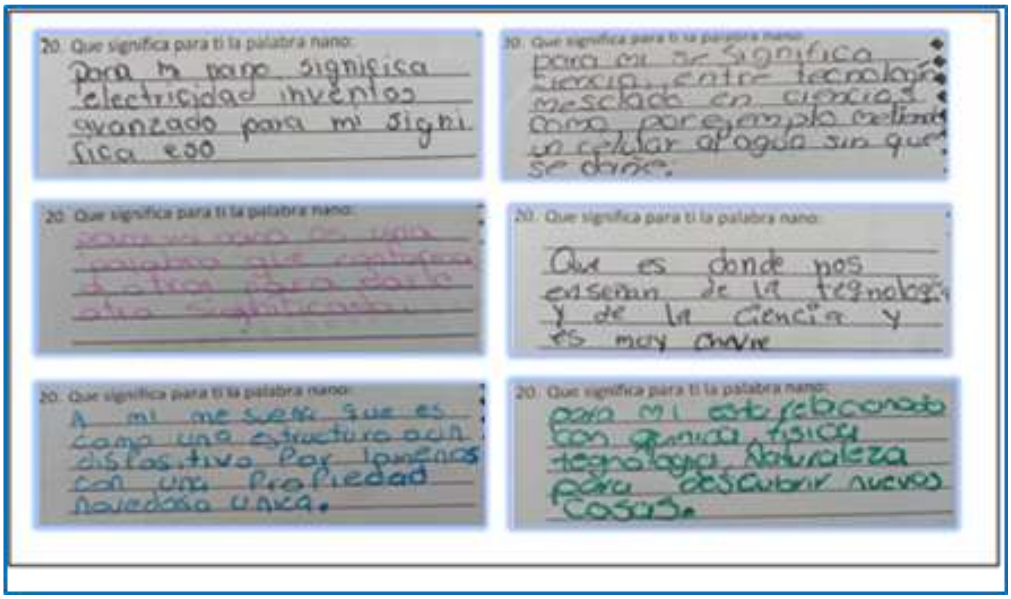


Figura 23. Evidencias de las respuestas a la pregunta abierta en la prueba Inicial- Diagnóstico

Entre las apreciaciones que más se acercaron a lo correcto, se observa que los alumnos asociaron el vocablo nano con ciencia y tecnología, química, física, el componente tecnológico y la naturaleza. Incluso para un estudiante le significo inventos avanzados,

novedosos y hubo un estudiante que lo relacionó con una palabra que conforma a otra (prefijo).

Lo anterior permite concluir, en primer lugar, que las concepciones previas son un punto de partida necesario y a favor para llegar a construir nuevo conocimiento científico y poder medir el alcance de la estrategia pedagógica. En segundo lugar, este análisis proporcionó elementos relevantes a tener en cuenta en el diseño de las guías, para lo cual se planteó incluir en los Retos Nano-Didácticos el desarrollo de ciertos conceptos de química como materia, átomo, partículas subatómicas, moléculas, unidades y escalas de medición en ciencias, mezclas, compuestos, entre otros, con el fin de proporcionar una estructura conceptual científica básica que a la vez facilitara el acercamiento de los niños al estudio de la escala nanométrica.

4.3.2 Retos Nano- Didácticos

Se realizó el diseño y aplicación de seis guías llamadas “Retos Nano-Didácticos” diseñados considerando la edad y el nivel escolar, y empleando elementos del enfoque de Aprendizaje Basado en Retos como tendencia actual y novedosa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El objetivo general planteado fue “*Desarrollar pensamiento científico en ciencias naturales introduciendo los conceptos de nanociencia y nanotecnología, siguiendo las etapas del ABR*”.

Para simplificar el análisis y seguimiento de las guías se organizó la información según las diferentes etapas del enfoque ABR, iniciando por la idea general y la pregunta esencial que corresponden a las dos primeras etapas.

En cuanto a la idea general, el ABR la define como un concepto amplio que puede ser explorado desde múltiples formas, es atractivo y de gran importancia para los estudiantes y posibilita la generación de una amplia variedad de preguntas(Reyes & Carpio, 2018). En esta investigación se tomaron como temática central de cada “reto nano-didáctico” aspectos que se seleccionaron teniendo en cuenta las preconcepciones encontradas en la fase inicial y los objetivos propios del proyecto.

Con respecto a la pregunta esencial establecida en el ABR como elemento orientador, refleja el interés de los estudiantes y las necesidades de la comunidad educativa, creando un enfoque específico que guía a los participantes hacia aspectos más manejables del

concepto global(Tecnológico de Monterrey, 2015). Adicionalmente, los cuestionamientos son fundamentales en el desarrollo científico lo mismo que en el proceso de enseñanza aprendizaje favoreciendo que los estudiantes entren en la cultura del método científico en el ámbito educativo, aprendiendo a formular y crear preguntas que permitan organizar las dudas (Márquez & Roca, 2006).

De igual manera, escapar del tradicionalismo incluye cambiar procesos dogmáticos, represivos y verticales, por nuevos estilos que sean democráticos, humanistas, participativos, polémicos y críticos en donde el arte de la pregunta cobre importancia. Hacer y plantear interrogantes contribuyen a que niños y niñas se conviertan en personas deliberantes, tengan la capacidad de elegir y decidir, dando origen a dicha transformación desde la escuela (Zuleta, 2005).

En la Tabla 12 se exponen la idea general, la pregunta esencial y los objetivos de cada uno de los seis Retos Nano- Didácticos, como aspectos claves en el direccionamiento del proceso.

Con respecto a los contenidos desarrollados, las dos primeras guías se encargaron de reforzar los conocimientos básicos necesarios para entender la escala de medición y lo que significa un nanómetro. Igualmente, en el área de química se presentaron los conceptos de átomo, molécula, materia y se fortalecieron las nociones de matemática básica, unidades de medición, sistema internacional (SI), conversión entre cantidades sencillas y notación científica.

Tabla 12.

Idea general, pregunta esencial y objetivos de los seis Retos Nano-Didácticos

Reto Nano	Idea General	Pregunta Esencial	Objetivos
1	**Medición y Observaciones en Ciencias.**	¿y qué hay antes del cero (0)?	▪ Aprender acerca del manejo y la importancia de las escalas en Ciencias. ▪ Reconocer las unidades de medida según el Sistema Internacional. ▪ Reforzar el trabajo con números decimales. ▪ Identificar el término nanómetro como la mil millonésima parte de algo. ▪ Entender la notación científica como herramienta útil para escribir números muy grandes o pequeños.
2	**Escalas de Tamaños en Ciencias.**	¿Qué es más grande un VIRUS o una CÉLULA?	▪ Aprender acerca del manejo y la importancia de las escalas en Ciencias. ▪ Identificar la importancia de la materia en la vida. ▪ Reconocer las escalas macro, micro y nano en ciencias naturales. ▪ Identificar organismos microscópicos y su diferente tamaño. ▪ Introducir el termino nanotecnología a partir de la variedad del nano mundo.
3	**Efectos del Tamaño en Nanotecnología.**	¿Por qué debemos SABER sobre Nanociencia y Nanotecnología?	▪ Reconocer propiedades de la materia. ▪ Adquirir conocimientos básicos sobre la relación entre el tamaño del objeto y sus propiedades. ▪ Introducción a la nanotecnología a partir de aplicaciones importantes para la humanidad. ▪ La importancia de los efectos de tamaño en la nanotecnología, el tamaño y su efecto en las propiedades de los nanosistemas.
4	**Efecto Loto y Nanotecnología**	¿Es posible que una gota de agua rebote sobre una superficie sin mojarla?	▪ Reconocer algunas propiedades de la materia. ▪ Identificar que es el efecto loto y como se presenta. ▪ Dar ejemplos de superficies hidrofóbicas. ▪ Revisar la aplicación de superficies superhidrofóbicas en la nanotecnología.
5	**Nanomateriales de Carbono**	¿Por qué los átomos de carbono son cruciales para la vida en la tierra?	▪ Reconocer algunas propiedades del carbono, como elemento esencial para la vida. ▪ Identificar algunos nanomateriales de carbono y su estructura química. ▪ Dar ejemplos de nanomateriales de carbono. ▪ Revisar la aplicación de los nanomateriales de carbono en la nanotecnología.
6	**Aplicaciones Nanotecnológicas**	¿Qué se espera de la Nanotecnología?	▪ Comparar entre algunas aplicaciones de nanotecnología en diferentes áreas (medicina, industria textil, cosméticos, etc.) ▪ Comprobar la importancia que tiene la nanotecnología para la actualidad y el futuro de la humanidad. ▪ Organizar una presentación que desarrolle una aplicación en nanotecnología.

Nota: Elaboración propia

En el desarrollo de cada reto se trabajaron variadas actividades en todas las guías y se organizaron en tres grupos así: 1-Actividades Prácticas, 2-Actividades experimentales y 3-Recursos audiovisuales, las cuales fueron analizadas por separado y se presentan a continuación.

4.3.3 Actividades Prácticas

La Tabla 13 relaciona las actividades prácticas llevadas a cabo durante la implementación del proyecto junto con el propósito esperado y el respectivo análisis. A partir de los eventos observados y descritos en cada actividad práctica, es posible afirmar que el que hacer en el aula incluye aspectos tan importantes como el espacio a utilizar y el tipo de recursos didáctico seleccionado.

La elección de un espacio curricular adecuado y no siempre el mismo, incentiva el aprendizaje de destrezas, habilidades, actitudes y conocimientos, que a la vez propenden por el desarrollo de competencias, y por esta misma naturaleza, utilizar diferentes recursos didácticos, contribuyen a mejorar la concentración del estudiante, disminuir la ansiedad ante situaciones de valoración, enfocar la atención y organizar las actividades y tiempos de estudio. El hecho de realizar por ejemplo manipulaciones o modificaciones de diversos materiales, representa un excelente apoyo en los procesos de enseñanza, facilitando el aprendizaje perdurable que todo docente desea alcanzar en sus estudiantes (Díaz & Hernández, 2002).

Tabla 13.

Actividades prácticas aplicadas en el proyecto.

Reto Nano	Actividad Práctica	Propósito	Análisis de los resultados obtenidos al aplicar cada actividad
1	**Trabajo Práctico con Regletas de Cuiseinare**	Utilizar las Regletas de Cuiseinare como un instrumento didáctico para la enseñanza de fracciones y número decimal.	Las Regletas de Cuisenaire sirven para que estudiantes de cualquier nivel educativo exploren y aprendan diferentes temas de matemáticas. En esta investigación se usaron como herramienta didáctica, que estimulo intensamente el interés por la matemática facilitando el aprendizaje de fracciones y número decimal. Se salió de las tradicionales operaciones y cálculos repetitivos en el cuaderno, convirtiendo estos conceptos en algo cercano y manipulable por los escolares. De manera general, el ejercicio aumento la motivación y mediante los ejercicios planteados los niños se vieron enfrentados a pequeños retos en donde tenían que utilizar su capacidad de raciocinio.

1	**Lectura en grupo y socialización**	Aplicar una estrategia cooperativa simple de lectura compartida para explicar la importancia de las unidades de medida.	Esta actividad fue bien aceptada la estrategia consistió en una lectura cooperativa simple y compartida, (Ver apéndice D) en donde se requiere prestar atención. Al realizar la socialización se evidenció que los niños habían captado la idea central. Impulsar este hábito desde clase, en el caso de primaria debe ser siempre un ejercicio dirigido con temáticas muy específicas y atractivas para los estudiantes.
2	**Medición de Estaturas**	Recalcar la importancia de la medición en ciencias, haciendo énfasis en las diferentes formas en que se pueden hacer mediciones.	La actividad consistió en tomar la medida de la estatura de sus compañeros con una cinta métrica o un metro permitiéndoles MEDIR. Se aumento la motivación al intentar encontrar el procedimiento adecuado que les diera mayor exactitud en la medición, adicionalmente fue difícil para ellos dar la respuesta en metros, debido a la costumbre que se tiene en dar la talla en unidades combinadas, por ejemplo, 1m con 50cm. El beneficio relevante de esta experiencia fue que los alumnos aprendieron a convertir pequeñas cantidades de longitud.
3	**Efecto del Tamaño sobre el Color**	Realizar una actividad manual con vinilos por medio de la cual se realizó un paralelo del efecto del tamaño de una partícula y el color de esta.	Esta sencilla experiencia (Ver apéndice F) permitió mostrar por medio de un ejemplo los efectos del tamaño sobre el color, aspecto clave en nanotecnología. Los estudiantes estuvieron motivados con la actividad, y mostraron ansiedad por conocer el tono final de la mezcla, a partir de la discusión realizada pudieron determinar que a mayor borde más vigor en la coloración del elemento, lo que se traduce en que a menor dimensión del objeto aumentará la intensidad de la tonalidad en la última etapa. Un componente a favor obtenido fue primero salir de la rutina de clase y lograr a través de la pintura estimular la comunicación, la sensibilidad y la capacidad de concentración y expresión de los niños.
5	**Construcción de Mapa Mental**	Construir un mapa mental sobre el ciclo del carbono.	Los estudiantes diseñaron y construyeron un mapa mental, teniendo de base la información presentada en un video y las orientaciones de la docente. La actividad facilitó el entendimiento del ciclo del carbono y su importancia. Fue evidente como por medio de la relación de diferentes formas, colores, números y letras los niños expresaron una idea que luego asimilaron en un concepto. El mapa mental es una expresión del pensamiento que se refleja mediante una representación gráfica que muestra la forma en que el cerebro procesa lo que obtiene del entorno, favoreciendo la creatividad y autonomía conceptual. Así, por ejemplo, en el libro “Aprender con mapas mentales” se afirma que la realización de mapas metales integra los dos hemisferios cerebrales, posibilitando al individuo una mayor capacidad de comprensión, aprendizaje y memorización(Peña, Gómez, & Luque, 2003). Diversos estudios han mostrado la efectividad que tiene esta estrategia en cuanto a un aprendizaje más significativo, Por citar algunos sobresale e el (2007) en el artículo científico “Mapas Conceptuales. Una Estrategia Para El Aprendizaje” en donde se concluye que los mapas mentales constituyen un método eficaz en el desarrollo de habilidades cognoscitivas y deductivas y puede ser empleado en la solución de problemas de manera creativa y autónoma(Vidal, Vialart, & Ríos, 2007). *Romero* (2015), promueve el uso de estos

			organizadores gráficos en la escuela ya que no solo facilita la asimilación de conceptos, sino que permite al alumnado organizar su propio conocimiento, de tal forma que ellos mismos regulan su propio aprendizaje(J. Romero, 2015).
5	**Modelos Moleculares**	Manipular kits de modelos moleculares, con el fin de representar estructuras de algunos nanomateriales.	Los kits de modelos moleculares se utilizaron al ser una herramienta eficaz para la explicación de conceptos con un alto nivel de abstracción. Como, (enlaces, electrones, nanoestructuras). Haciendo así una aproximación a lo micro favoreciendo el entendimiento de organizaciones atómicos complejas del orden de nanomateriales. Durante la explicación los estudiantes se notaron participativos, atentos, despertó por completo el interés por conocer la forma en que se enlazaban los átomos, surgieron muchas preguntas, además la presentación que se proyectó en el momento de la práctica que mostraba las características e imagines de cada estructura potencializó aún más el resultado conceptual que se quería alcanzar respecto a los nanomateriales.
6	**Presentación Final – (Exposición)**	Preparar, consultar y realizar una exposición de una aplicación en nanotecnología para el beneficio de la humanidad.	Por equipos los estudiantes consultaron acerca de la aplicación nanotecnológica que más les impacto. Luego, prepararon una presentación. Este tipo de actividad permitió que los niños hablaran en términos nano reconociendo como una realidad que “los avances en nanotecnología serán el futuro de la humanidad”. Adicionalmente, favoreció la oralidad, la participación, donde algunos hicieron aportes a sus compañeros. Hubo dos grupos que no presentaron exposición mostrando un bajo nivel de responsabilidad y compromiso durante la actividad y la falta evidente de acompañamiento familiar en deberes extra-clase.

Nota: Elaboración propia

Como reflexión se puede mencionar que alcanzar logros efectivos en los estudiantes requiere de docentes dispuestos a planear cada clase con diferentes metodologías y materiales que faciliten la adquisición de conocimientos. Este tipo de herramientas didácticas son claves en la potencialización de la enseñanza y de igual manera entre mayor sea la variedad de recursos didácticos implementados en el aula más grande será la oportunidad de obtener aprendizajes duraderos. Sumado a esto la ganancia tangencial que se obtiene al incrementar la motivación y el interés del estudiante por participar en la actividad se traduce en un logro real de los objetivos de aprendizaje inicialmente trazados.

Figura 24. Evidencia fotográfica del momento en que se realizaron algunas de las actividades prácticas: **a**. Regletas de Cuiseinare. **b**. Lectura en grupos y medición de estaturas. **c**. Actividad de pintura, efecto del tamaño sobre el color. **d**. Modelos moleculares

Finalmente, cabe recalcar los numerosos estudios que han surgido en las últimas décadas relacionados con neuroeducación que demuestran que no es posible separar lo cognitivo de lo emocional, lo que conlleva a que se recuerda mejor cuando se posibilitan contextos emocionalmente positivos (Justel, Psyrdellis, & Ruetti, 2013). En particular, la evidencia neurobiológica sugiere que los aspectos de la cognición que reclutamos más en las escuelas, a saber, el aprendizaje, la atención, la memoria, la toma de decisiones y el funcionamiento social, están profundamente afectados y subsumidos dentro de los procesos emocionales; a estos aspectos los llamamos pensamiento emocional (Immordino-Yang & Damasio, 2007). En este orden de ideas es necesario generar entornos efectivos en la escuela que potencien el accionar del escolar a través de cooperación, participación activa de los estudiantes y que a la vez asuman y reflexionen con naturalidad ante cualquier error (Martin & Ochsner, 2016).

4.3.4 Actividades Experimentales

Los Retos Nano-Didácticos incluyeron cuatro actividades experimentales, dos de tipo vivencial y dos actividades de tipo demostrativo las cuales son descritas en la Tabla 14. Las dos actividades de tipo vivencial se adaptaron con el fin de que los estudiantes la realizaran en el espacio de clase y se acercaran al ámbito científico, a pesar de que el colegio no cuenta con aulas especializadas de laboratorio de ciencias en donde se pudiesen desarrollar actividades experimentales de manera más segura y confiable.

Tabla 14.

Descripción de actividades experimentales implementadas.

N°	Tipo de Actividad	Actividad Experimental	Conceptos Abordados	Logros de Estudiantes
1	**Vivencial**	Efecto del Tamaño en la Solubilidad	• Solubilidad de las sustancias. • Reactividad de un material. • Influencia de la superficie de un material al interaccionar con otras sustancias.	• Aumento la motivación. • Mostraron interés. • Les gusto el trabajo en equipo. • Manejaron roles de liderazgo. • Resolvieron la guía experimental. • Indagaron sobre diferentes dudas. • Explicaron conceptos teóricos a partir de la práctica. • Hicieron más vivencial el aprendizaje.
2	**Vivencial**	El efecto loto.	• Efecto loto • Formas y características de las hojas de las plantas	
3	**Demostrativa**	Vaselina como impermeabilizante	• Sustancia impermeabilizante • Composición química de la vaselina.	• Aumento la motivación y el interés. • Generó diferentes preguntas. • Comprendieron un concepto a partir de una experiencia. • Manifestaron gusto por el trabajo experimental.
4	**Demostrativa**	Laberinto Con Agua	• Superficie hidrofóbica. • Composición química de la cera de una vela.	

Nota: Elaboración propia

Cabe resaltar que las dos actividades demostrativas (3 y 4), aplicadas tuvieron resultados bastante positivos, teniendo en cuenta que después de que los estudiantes observaron el fenómeno expuesto en la práctica y lo relacionaron con su conocimiento cotidiano, fue fácil asimilar los nuevos conceptos trabajados. En la socialización explicaron correctamente cómo se comporta una sustancia impermeabilizante y cuáles son las características de las superficies hidrofóbicas.

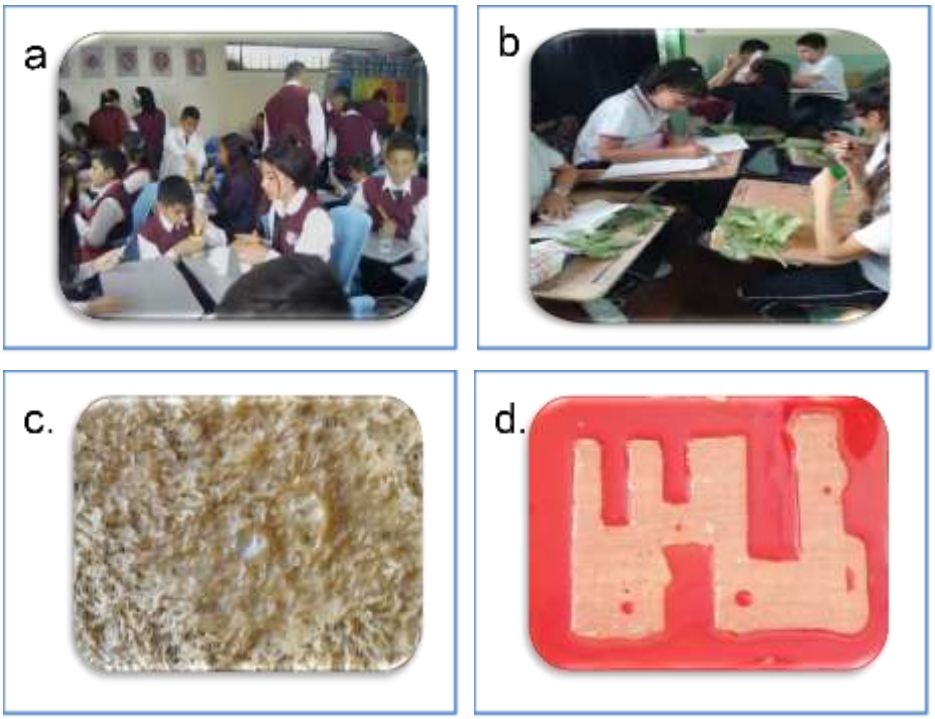


Figura 25. Evidencia fotográfica del momento en que se realizaron las actividades experimentales **a.** Actividad vivencial-Solubilidad b. Actividad vivencial-Efecto loto **c.** Actividad demostrativa-Vaselina como impermeabilizante **d.** Actividad demostrativa-Laberinto de agua.

En la Figura 25 se presentan las evidencian fotográficas del momento en que se realizaron las actividades experimentales planteadas en el proyecto.

4.3.5 Recursos Audiovisuales

Actualmente, los recursos tecnológicos disponibles para estudiantes de educación básica, específicamente en el campo de divulgación de la información, como documentales y videos educativos, permiten la adquisición de conocimientos de forma interesante. Este tipo de recursos deben ser una motivación para los docentes, especialmente los de ciencias naturales, quienes estamos obligados a una constante actualización tanto académica, como en el diseño de estrategias metodológicas que faciliten la apropiación del conocimiento de una manera más agradable y ventajosa durante las actividades que se implementan en las instituciones educativas.

En esta dirección, fue conveniente para esta investigación emplear material audiovisual a través de recursos tecnológicos durante el desarrollo de las guías, los cuales son descritos en la Tabla 15.

Tabla 15.

Recursos tecnológicos utilizados durante la implementación.

Recursos Tecnológicos	Utilidad
Videos educativos de https://www.youtube.com	Al inicio de cada Reto Nano-Didáctico se proyectaron videos que lograron captar la atención de los estudiantes. Posteriormente se hacia una socialización de lo observado para establecer preconceptos.
Videos educativos de https://www.biointeractive.org	
Plataforma para evaluación https://quizizz.com	Por medio de esta plataforma se logró realizar de forma interactiva la evaluación de una de las guías. Fue una actividad que logró gran participación ya que aumento la motivación del grupo.
Diapositivas	Utilizadas en todas las sesiones fueron un apoyo fundamental para explicar conceptos abstractos para los estudiantes, se enfatizó en el uso de imágenes y diagramas lo que ayudo a captar aún más la atención de los estudiantes y facilitar el aprendizaje. El tablero paso a segundo plano este fue un avance significativo en cuanto a la metodología de clase.
Videos	Como parte de la etapa de validación del ABR, se grabaron videos con algunos estudiantes en donde se les permitía expresar sus opiniones sobre las actividades desarrolladas en ciencias -nano.

Nota: Elaboración propia

El enfoque de aprendizaje ABR valora el acceso a la tecnología y lo establece como una parte integral del modelo pues proporciona a los estudiantes un medio para explorar distintas fuentes de información, generar nuevas ideas y a la vez les facilita las herramientas necesarias en la divulgación de sus propios trabajos(Tec-Monterrey, 2015).

Figura 26. Evidencia, uso de recursos tecnológicos durante la implementación

En la era de las nuevas tecnologías las competencias digitales han resultado ser muy bien valoradas en el entorno profesional y personal, por lo que es fundamental que los docentes

tengan conciencia de la influencia de las TICs en la sociedad actual y saquen el mayor provecho posible. En la Figura 27 se presentan las diapositivas iníciales de todas las presentaciones utilizadas en la implementación de cada uno de los Retos Nano - Didácticos.

Figura 27. Diapositivas utilizadas durante el desarrollo de la propuesta.

4.3.6 Evaluación continua, sistematica y formativa

El enfoque ABR promueve una evaluación formativa, ordenada y oportuna, en donde el objetivo es buscar información del estudiante que permita comprender como se está llevando a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje y si se requiere direccionarlo (Tecnológico de Monterrey, 2015).

La evaluación de los instrumentos desarrollados en esta investigación fue formativa continua y sistemática, la cual incluyó una prueba diagnóstica inicial que se analizó en la apertura de este capítulo. En segundo, lugar la valoración sumativa que se realizó por medio de cinco test aplicados uno a uno luego de la implementación de las guías y la apreciación de los propios retos en tiempo real de su ejecución.

Una vez los equipos solucionaban el reto, se retroalimentaba el resultado del mismo con discusiones grupales, en las que se comparaban las propuestas de solución al desafío planteadas por los diferentes grupos y se corregían las preguntas realizadas en los cuestionarios con socializaciones orales. Estos momentos fueron favorables para la consecucion del objetivo propuesto, ya que permitíeron que los estudiantes reflexionaran sobre lo aprendido o no, durante el proceso. Por último, se aplicó el test-final cuyo objetivo principal fue identificar el avance conceptual del curso 502 del colegio La Concepción-jornada tarde respecto a nociones de nanociencia y nanotecnología.

Por otra parte, se realizó una validación a manera de reflexión a partir de las opiniones de los niños sobre las actividades, los recursos, los retos etc, por medio de murales de expresión y de dos videos por reto en donde se encuestaron a diferentes alumnos abstrayendo sus percepciones al respecto. Cabe recalcar que durante la implementación del proyecto se realizaron discusiones de grupo que permitieron extraer diversas ideas cognitivas que los escolares iban asimilando. A continuación se presentan y discuten los resultados de las evaluaciones realizadas a lo larago de cada *"Reto nanodidactico".*

4.3.7 Test de Evaluación

A continuación, se hará una descripción de los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas al final de las guías 1-5. En el Reto Nano Didáctico # 6 la evaluación fue una sesión oral ante todo el grupo presentada por los estudiantes sobre los adelantos en nanotecnología. Adicionalmente, los resultados de la prueba final (prueba inicial aplicada nuevamente) se analizan mas adelante en una sección específica con el fin de discutir los avances conceptuales que se lograron con el proyecto.

ANOTEST- N° 1	Número de Preguntas: 10
TEMAS EVALUADOS: Unidades de medición, número decimal, notación científica, nano.	
DESCRIPCIÓN: El primer test se aplicó a 25 estudiantes del grado 502 como actividad final de la implementación del Reto Nano-Didáctico # 1. Se propusieron diez preguntas de selección múltiple con única respuesta haciendo uso de la plataforma ***www.quizizz.com*** para su aplicación de forma individual. El tiempo total de la prueba fue de una hora.	

Estudiante #	Aciertos	% de desempeño
1	3	30
2	4	40
3	4	40
4	4	40
5	4	40
6	5	50
7	5	50
8	5	50
9	5	50
10	6	60
11	6	60
12	6	60
13	6	60
14	6	60
15	6	60
16	7	70
17	7	70
18	7	70
19	7	70
20	7	70
21	8	80
22	8	80
23	9	90
24	9	90
25	9	90

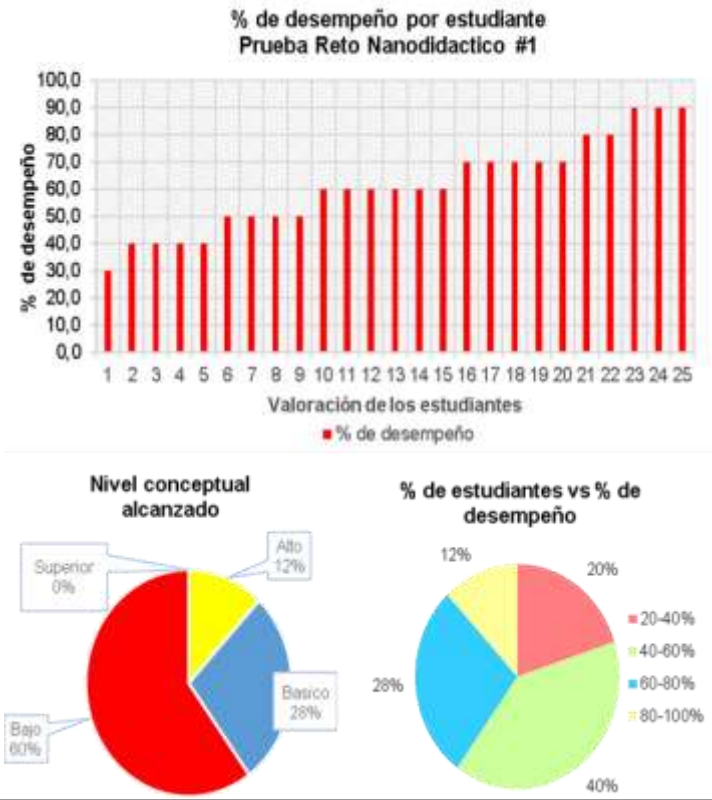


Figura 28. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 1.

Los anteriores resultados muestran el 60% de los estudiantes alcanzaron un nivel conceptual "*bajo*" según la escala de valoración nacional (Tabla 4), mientras que 7 (28%) de ellos se ubicaron en un nivel básico con puntuación entre 60% y 80% y 5 tuvieron una ponderación igual o superior a 90% para una clasificación alta en el nivel conceptual alcanzado. Se evidencia también que ningún estudiante respondió correctamente el 100% de la prueba correcta y el número mínimo de preguntas acertadas fueron 3. Con la implementación del Reto Nano-Didáctico # 1 se logró que algunos alumnos se ubicaran en un desempeño más elevado, en comparación con los valores obtenidos en la prueba inicial (o test de entrada) donde ningún estudiante superó el 45%. El promedio aritmético del curso en la prueba final del Reto Nano-Didáctico # 1 fue de 61.2%.

Con respecto a las *Regletas de Cuisenaire,* esta actividad favoreció en gran medida el aprendizaje de los números decimales y al final los estudiantes lograron distinguir y expresar las diferencias entre números fraccionarios y decimales. De la misma manera el reto planteado fue diseñado para mejorar el uso de la notación científica mediante la implementación de una estrategia lúdica de aprendizaje llamada *"El juego caza-nano"* (Ver apéndice B)- Este tipo de estrategias potencian la enseñanza y aprendizaje de calidad(Ribeiro, Ghirardello, Amarante, Bruno, & De Souza-Filho, 2017), que de alguna forma se reflejan con la mejora de los resultados en el nano-test #1.

NANOTEST- N° 2	**Número de Preguntas: 10**
TEMAS EVALUADOS: Escalas de medida utilizadas en ciencias.	
DESCRIPCIÓN: La segunda prueba se aplicó a 25 estudiantes como actividad final de la implementación del Reto Nano-Didáctico # 2. Se trabajaron 10 preguntas de selección múltiple con única respuesta de forma escrita e individual. El tiempo de la prueba fue 1 h (Ver apéndice E).	

Estudiante #	Aciertos	% de desempeño
1	3	30
2	3	30
3	4	40
4	4	40
5	4	40
6	4	40
7	4	40
8	5	50
9	5	50
10	5	50
11	6	60
12	6	60
13	6	60
14	6	60
15	6	60
16	6	60
17	6	60
18	6	70
19	6	70
20	7	70
21	7	70
22	7	70
23	8	80
24	8	80
25	8	80

Figura 29. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 2.

Para el caso del Reto-Nano-Didáctico # 2, la temática trabajada y evaluada fue "Escalas de medida utilizadas en ciencias" y los resultados de la prueba final de este reto son presentados en la Figura 29. Los cuales muestran que el 40% del grupo tuvo un porcentaje

de aciertos igual o menor al 50% de la prueba, 68% tuvo un desempeño bajo y 32% tuvo un desempeño básico, con puntuaciones entre 60% y 70% y tan solo 2 estudiantes obtuvieron una valoración alta que corresponde a valores del 80%.

Se evidencia también que ningún estudiante obtuvo el 100% de la prueba correcta, en contraste con el número más bajo de preguntas acertadas que al igual que en el test-1 se mantiene en 3. De forma general, se observa que hay persistencia de los puntajes que se ubican entre (60 % y 70%) y el promedio aritmético del grupo en esta prueba fue de 56.8%.

Del mismo modo se deduce que 15 alumnos lograron superar la evaluación con un puntaje mayor o igual al 60%, tendencia que fue similar a la observada en el Reto Nano Didáctico #1 en donde 16 estudiantes aprobaron la prueba. Estos resultados permiten inferir que luego de la implementación de los dos primeros Retos Nano-Didácticos donde se trabajaron conceptos como unidades de medición, escalas de medidas en ciencias y nociones básicas de nanociencia, el rendimiento general del curso incremento gradualmente en comparación con la prueba inicial donde ningún participante aprobó.

Hay que mencionar, además que de las diez preguntas del test-2, específicamente en la relacionada con las características del nanómetro, el 100% respondió correctamente, indicándonos un notable avance conceptual del grado quinto asociado a la apropiación de los conceptos básicos relacionados a la escala de medición.

El tercer Reto Nano-Didáctico explicó la temática más compleja de los seis retos, pues intento enseñar algo tan abstracto como lo es la relación que hay entre el tamaño de la partícula, en este caso los nanosistemas, con diferentes propiedades de la materia como la solubilidad, el color, la reactividad, la capacidad de penetración y de filtración entre otras. En este Reto Nano-Didáctico se cambió la metodología de la evaluación y se planteó una prueba escrita que incluyó tres preguntas abiertas, dirigidas a identificar que pensaban los estudiantes acerca del nanómetro, la importancia de la nanotecnología y la incidencia del tamaño en las propiedades de las nanopartículas.

De los resultados tabulados en la Figura 30, también se observa que 8 estudiantes respondieron a una pregunta correctamente; mientras que 14 estuvieron en la capacidad de acercarse a la respuesta de 2 cuestionamientos y como dato positivo 3 alumnos acertaron en las 3 preguntas planteadas. En los resultados sobresale el hecho de que algunos estudiantes relacionaban el nanómetro con objetos muy pequeños o diminutos

utilizando frases como *"es algo más pequeño que una pulga o es un objeto que no se puede observar con el ojo humano"*, mientras otros aún confunden este concepto relacionándolo con un instrumento de medida o de observación. En cuanto a la segunda pregunta, las respuestas mostraron que un porcentaje significativo de alumnos reconocen la importancia de los avances en nanotecnología para la humanidad y la relacionan correctamente con la medicina, la tecnología y el campo científico.

NANOTEST- N° 3	**Número de Preguntas: 3**
TEMAS EVALUADOS: Nanómetro, efecto del tamaño en las propiedades del material, importancia de la nanotecnología.	
DESCRIPCIÓN: La segunda prueba se aplicó a 25 estudiantes del grado 502 como actividad final de la implementación del Reto Nano-Didáctico # 3. Se trabajaron tres preguntas abiertas de forma escrita e individual. El tiempo total de la prueba fue de 30 minutos.	

Estudiante #	Aciertos	% de desempeño
1	1	40
2	1	40
3	1	40
4	1	40
5	1	40
6	1	40
7	1	40
8	1	40
9	2	70
10	2	70
11	2	70
12	2	70
13	2	70
14	2	70
15	2	70
16	2	70
17	2	70
18	2	70
19	2	70
20	2	70
21	2	70
22	2	70
23	3	100
24	3	100
25	3	100

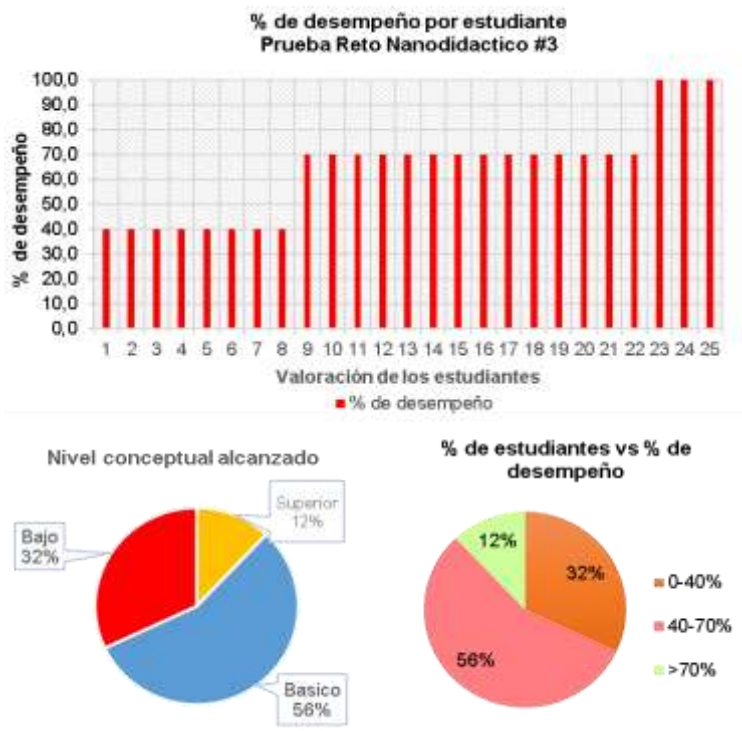


Figura 30. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 3.
Fuente: Elaboración propia

Por último, cuando se les pidió que nombraran una de las relaciones entre el tamaño de la partícula y las propiedades de la materia, la mayoría propuso la relacionada con el color. Esta relación tiene que ver con la influencia de la dimensión de la nanopartícula en su coloración(Cipriani, 2019), resultado asociado al ejercicio práctico trabajado con pintura en

el desarrollo de la guía, resultando ser una actividad clave al trabajar nanociencia con niños.

NANOTEST- N° 4	Número de Preguntas: 10
TEMAS EVALUADOS: Efecto Loto, materiales impermeabilizantes, superficies hidrofóbicas	
DESCRIPCIÓN: La cuarta prueba se aplicó a 25 estudiantes como actividad final de la implementación del Reto Nano-Didáctico # 4. Se trabajaron diez preguntas de falso y verdadero de forma escrita e individual. El tiempo total de la prueba fue de una hora. (Ver apéndice I)	

Estudiante #	Aciertos	% de desempeño
1	4	40
2	4	40
3	4	40
4	5	50
5	5	50
6	5	50
7	5	50
8	5	50
9	6	60
10	6	60
11	6	60
12	6	60
13	6	60
14	7	70
15	7	70
16	7	70
17	8	80
18	8	80
19	8	80
20	9	90
21	9	90
22	10	100
23	10	100
24	10	100
25	10	100

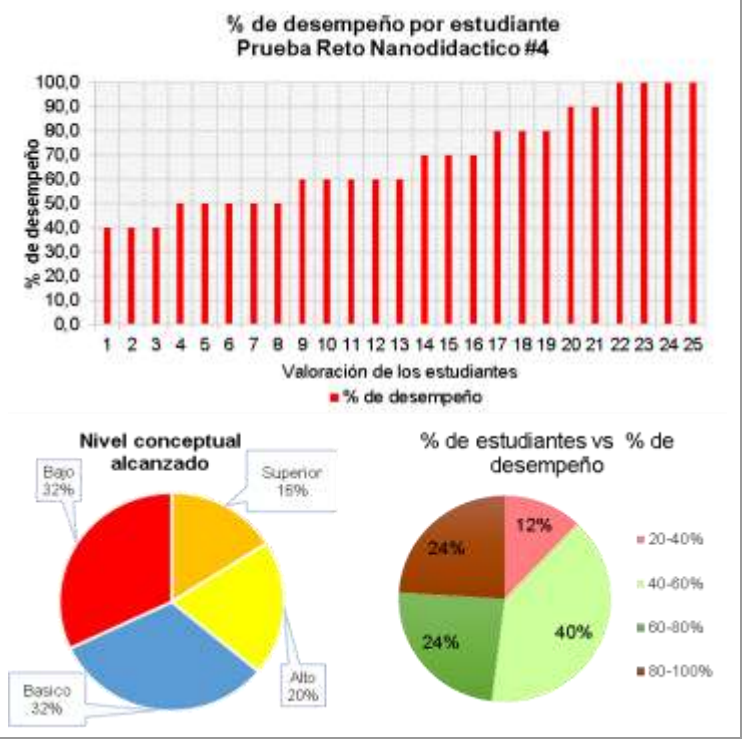


Figura 31. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 4
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos al aplicarse el test-4 muestran que, de 25 estudiantes, 8 de ellos presentaron el porcentaje más bajo de aciertos llegando a ponderaciones entre 40% y 50% que corresponde a un 32% del total de estudiantes. Así mismo, 8 de ellos se ubicaron en el desempeño básico con puntuación entre 60% y 70%, 9 obtuvieron una valoración alta con 80% y como aspecto positivo se evidencia que 3 alumnos correspondiente a un 12% del total lograron el cien por ciento de la prueba correcta ubicándose en el desempeño superior. Adicionalmente, hubo un incremento en el número menor de preguntas acertadas, alcanzando un valor de 4 de 10 preguntas. En términos generales hubo un progreso en estos resultados respecto a los obtenidos en las anteriores pruebas, que se confirma con el promedio aritmético del curso en la evaluación que alcanzo un 64.0%.

De lo anteriores resultados conviene subrayar que el aprendizaje experiencial ofreció una oportunidad única para conectar la teoría y la práctica, y un ambiente favorable interdisciplinario, que se reflejó en una buena actitud y disposición de todos los participantes. Está bien reconocido que el momento en que el alumnado se enfrenta al desafío de responder a un amplio abanico de situaciones reales, se consolida en él un conocimiento significativo, contextualizado, trasferible y funcional y se fomenta su capacidad de aplicar lo aprendido (M. Romero, 2010).

NANOTEST- N° 5	**Número de Preguntas: 10**
TEMAS EVALUADOS: El átomo de carbono, ciclo del carbono, algunos nanomateriales de carbono.	
DESCRIPCIÓN: La quinta prueba se aplicó a 25 estudiantes del grado 502 como actividad final de la implementación del Reto Nano-Didáctico # 5. Se trabajaron diez preguntas de falso y verdadero de forma escrita e individual. El tiempo total de la prueba fue de una hora. (Ver apéndice K)	

Estudiante #	Aciertos	% de desempeño
1	4	40
2	5	50
3	5	50
4	6	60
5	6	60
6	6	60
7	6	60
8	6	60
9	6	60
10	6	60
11	6	60
12	6	60
13	7	70
14	7	70
15	7	70
16	7	70
17	7	70
18	7	70
19	8	80
20	8	80
21	9	90
22	9	90
23	9	90
24	10	100
25	10	100

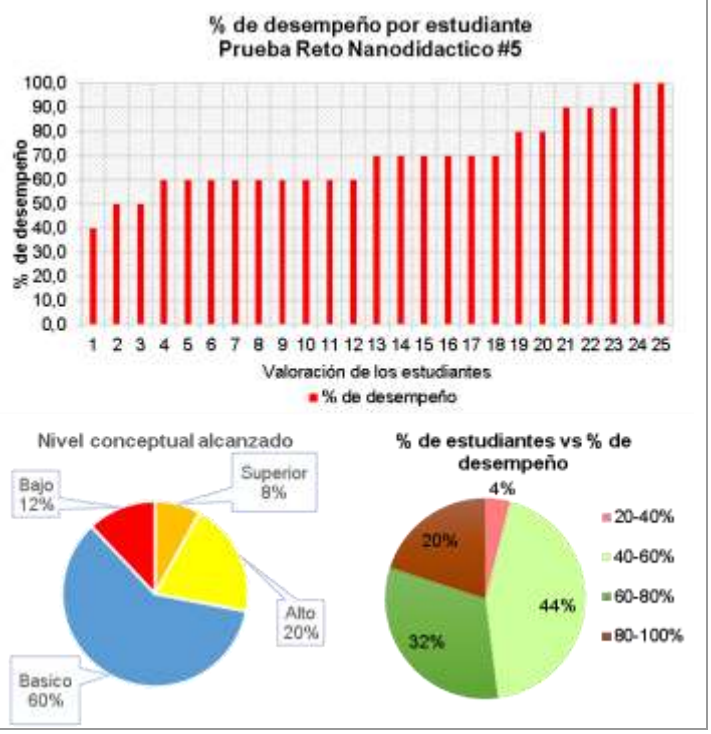


Figura 32. Descripción y resultados del test implementado al final del Reto Nano-Didáctico # 5.
Fuente: Elaboración propia

En el análisis de resultados de la prueba correspondiente al Reto Nano-Didáctico #5, los datos obtenidos evidencian que de 25 estudiantes tan solo 3 presentaron un porcentaje bajo de aciertos (Figura 32). Asimismo 15 de ellos se ubicaron en el nivel básico con puntuaciones entre 60% y 70%, 5 obtuvieron alto con 80% o 90% y 2 estudiantes lograron

responder el cien por ciento de la prueba correctamente alcanzando el desempeño superior. Además, el número menor de preguntas acertadas fue de 4 y de forma general, se observa que hay persistencia de los puntajes que se ubican en el desempeño básico (60% a 70%) con un promedio aritmético del curso para este test del 70.4%.

El consolidado de resultados respecto al promedio del curso prueba a prueba (Tabla 16), demuestran que el grupo para este momento de la investigación había mejorado significativamente su rendimiento en la asignatura de ciencias naturales, la cual denominamos durante este proyecto como "*Ciencias-nano*".

Tabla 16.

Comparación de promedios de rendimiento por curso de los test aplicados.

TEST	Diagnóstico	1	2	3	4	5
% PROMEDIO	32.2%	61.2%	56.8%	64.0%	68.0%	70.4%

Nota: Elaboración propia

Un análisis comparativo permite ver que al inicio del proyecto el promedio del grupo en la prueba inicial se ubicó en la escala de valoración en el desempeño bajo. Sin embargo, al iniciar la implementación de la propuesta y al transcurrir la aplicación de las guías el rendimiento del curso en las pruebas fue mejorando notablemente, alcanzando el desempeño básico en la prueba-5 con 70.4%. A esta evidencia cuantitativa significativa, se añade un valor tangencial no cuantificable, como lo es el aprendizaje interdisciplinario con preguntas básicas de matemáticas, biología o química asociadas con nociones en nanociencia y nanotecnología.

4.3.8 Documentación

Para efectos de la organización de las actividades realizadas en medio físico se implementó la estrategia del uso de un portafolio por alumno en donde ellos iban organizando guías, test, lecturas, retroalimentaciones y demás material utilizado y realizado durante la implementación.

El portafolio de aprendizaje sirvió de base para que los estudiantes sistematizaran su trabajo y adquirieran un grado de mayor responsabilidad respecto a su compromiso académico. Además, durante el ámbito de la implementación del proyecto a los escolares de quinto de primaria el portapapeles les dio un impulso motivante por el simple hecho de

hacerse cargo de su propia documentación. Teniendo en cuenta que esta estrategia se articuló con la clase de artes y los niños tenían que diseñar la portada de su carpeta, decorarla, llevarla organizadamente y de forma completa.

En la Figura 33 se ilustra el momento en que los estudiantes decoraron el portafolio para la asignatura Ciencias-Nano integrando el área de artes:

Figura 33. Evidencia del momento en que se realiza la decoración del portafolio**.**

El portafolio es una de las una de las herramientas de evaluación que se empleó para facilitar y documentar experiencias auténticas de aprendizaje. Fue utilizado en la investigación como un instrumento alternativo en donde cada estudiante fue recopilando diferentes evidencias, como demostraciones, recursos, autoevaluaciones, test, permitiendo evidenciar logros y habilidades obtenidos por los estudiantes(Reyes & Carpio, 2018).

Entre las ventajas observadas de llevar un portafolio durante el proceso de se resalta:

- Promovió la participación del estudiante al monitorear y evaluar su propio aprendizaje.
- Fomentó la responsabilidad en los estudiantes.
- Fue posible adaptarlo a diversas necesidades y habilidades de cada estudiante.
- Promovió la autoevaluación y el control del aprendizaje.
- Permitió una visión más amplia y profunda de lo que el alumno aprendía y podía hacer.
- Sirvió de motivación al inducir a los estudiantes a organizar su propio trabajo.
- Es una herramienta que se puede utilizar en todos los niveles escolares.

4.3.9 Test Final-Aporte significativo

La investigación implementada a lo largo de 4 meses consideró en su diseño original una evaluación pre y post Retos Nano-didácticos que consistió en un mismo cuestionario sobre nociones de nanociencia, nanotecnología y química. Está prueba (Ver apéndice A) se aplicó al grupo objeto de estudio después de la fase de implementación de los seis Retos-Nano-Didácticos en el espacio académico de la asignatura de ciencias naturales.

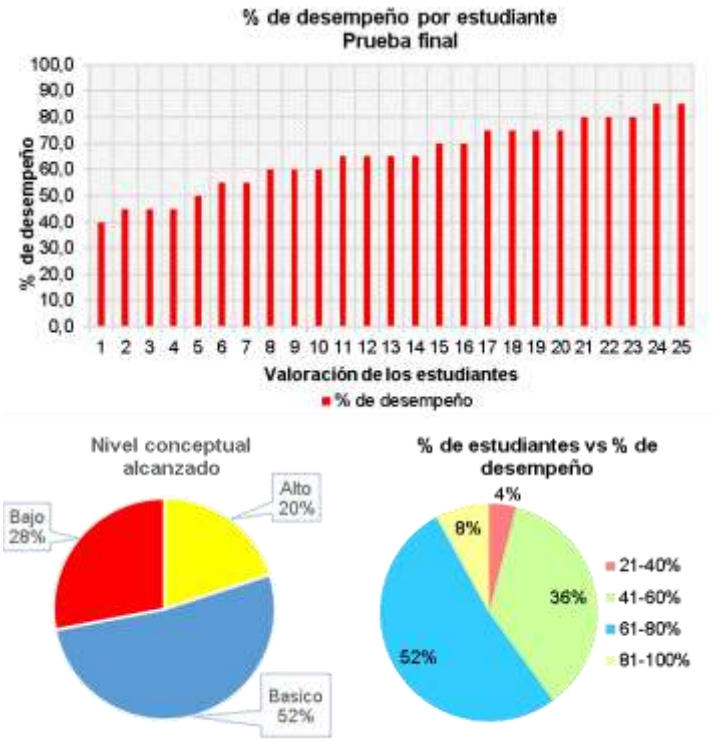


Figura 34. Descripción y resultados de la prueba final implementada al final de la aplicación de los seis Retos Nano-Didácticos**. Fuente:** Elaboración propia

La metodología seguida para la ejecución de esta evaluación fue la entrega a cada alumno de la hoja de respuestas y el cuestionario conformado por 20 preguntas, 19 de ellas de selección múltiple con única respuesta y 1 pregunta abierta con una duración de una hora y treinta minutos. El objetivo establecido para esta actividad fue "*Evaluar el impacto de la aplicación de seis Retos Nano-Didácticos orientados a brindar nociones de nanociencia, nanotecnología y química a los estudiantes de quinto de primaria del colegio La Concepción*".

La Figura 34 describe los resultados obtenidos por los estudiantes en la prueba final, en la que se observa que el nivel conceptual alcanzado por el 52% de los estudiantes del grado

quinto en cuanto a nociones básicas de química, nanociencia y nanotecnología fue básico y el rendimiento promedio del curso en la prueba final llego al 65%. Adicionalmente, se deduce que ningún estudiante obtuvo un número superior a 17 preguntas correctas lo que equivale a un porcentaje de valoración del 85% de la prueba.

Tabla 17.

Comparación de resultados obtenidos en la prueba inicial y final.

	Prueba Inicial		Prueba Final	
No	Aciertos	% de Aciertos	Aciertos	% de Aciertos
1	2	10	8	40
2	3	15	9	45
3	3	15	11	55
4	4	20	9	45
5	4	20	12	60
6	4	20	13	65
7	5	25	14	70
8	5	25	9	45
9	6	30	12	60
10	6	30	10	50
11	7	35	13	65
12	7	35	11	55
13	7	35	12	60
14	7	35	15	75
15	7	35	13	65
16	7	35	15	75
17	7	35	16	80
18	8	40	13	65
19	8	40	14	70
20	9	45	16	80
21	9	45	17	85
22	9	45	15	75
23	9	45	16	80
24	9	45	15	75
25	9	45	17	85

Nota: Elaboración propia

Con el ánimo de profundizar en cuanto al avance conceptual logrado luego de la implementación del proyecto, fue necesario contrastar los resultados obtenidos en la prueba inicial y final por cada estudiante. La Tabla 17 presenta los resultados obtenidos como número de aciertos y porcentaje de desempeño de los 25 estudiantes en la prueba-inicial y final.

Un análisis comparativo de estos resultados permite evidenciar la diferencia medible en el progreso de cada estudiante y en su conjunto del grupo de estudiantes, el cual es presentado en la Figura 35.

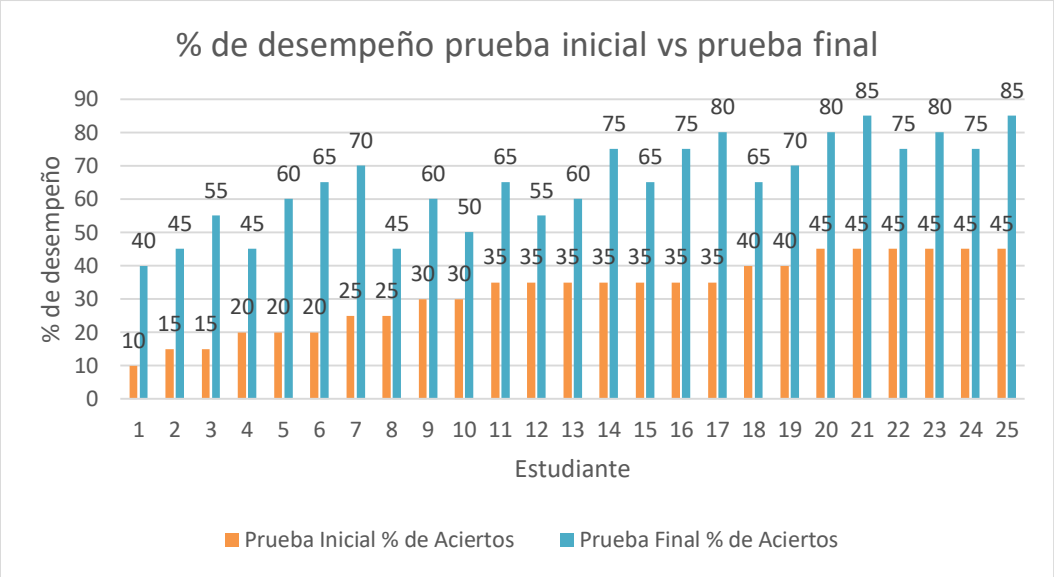


Figura 35. Comparación de los resultados obtenidos en la prueba inicial y final de acuerdo con el porcentaje de aciertos.

De acuerdo con los resultados graficados en la Figura 35 se infiere que el porcentaje máximo de aciertos paso de 45% (columnas naranjas) en el test-inicial a 85% (barras azules) en el tes-final. Así mismo se observa que todos los estudiantes en las condiciones iniciales obtuvieron puntajes de desempeño entre 10% y 45% (columnas naranjas) en contraste con los datos de la prueba final cuyo valor se estableció entre 40% y 85% (barras azules) evidenciando un avance significativo en términos cuantitativos.

Igualmente, en la Tabla 18 se observa que en la prueba inicial el número mayor de preguntas acertadas fue de 9 frente a las 17 obtenidas en la prueba final. Algo semejante ocurre si se compara el mínimo de respuestas correctas que en la prueba inicial fue de 2 en contraste con la prueba final en donde este valor fue de 8. A su vez es posible comparar el porcentaje de rendimiento aritmético grupal del grado en las dos pruebas tal como se ilustra en la Tabla 19 donde el promedio grupal mejoró notablemente en la prueba final.

Tabla 29.

Comparación de promedios prueba inicial y final

% de rendimiento grupal	
Prueba inicial	Prueba final
32.2%	65%

Nota: Elaboración propia

El anterior análisis comprueba que los estudiantes tuvieron un mejor desempeño en la evaluación de cierre, lo cual se puede asociar al proceso formativo implementado a través de los Retos Nano-Didácticos para el grado quinto, favoreciendo el aprendizaje de algunos aspectos básicos de matemáticas y química que los escolares deben reconocer y manejar en este grado de educación.

Tabla 20.

Resultados obtenidos al aplicar la Rúbrica de evaluación N° 1 a la prueba final

Rúbrica N° 1- Evaluación de la prueba final			
Tema	**Aspecto Cognitivo Evaluado (Indicador)**	**Porcentaje - %**	
		SI	**NO**
TEMATICA 1 QUÍMICA	**1.** Define correctamente que es la materia.	70	30
	2. Sabe que el átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia.	78	22
	3. Reconoce que existen partículas subatómicas y las ubica correctamente.	74	26
	4. Sabe cómo está conformada una molécula.	64	36
	5. Distingue cuando se presenta un fenómeno físico en naturaleza.	74	26
	6. Reconoce el objeto de estudio de la química.	82	18
TEMATICA 2 NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA-	**7.** Conoce la forma de nombrar unidades en el Sistema Internacional.	68	32
	8. Sabe que los nanomateriales son materiales construidos por el hombre; más pequeños que un micrómetro.	76	24
	9. Sabe de qué se encarga la nanotecnología.	88	12
	10. Conoce que un nanómetro es 1000.000.000 de veces más pequeño que un metro.	82	18
	11. Es capaz de establecer los valores de la escala nanométrica.	66	34
	12. Es capaz de comparar entre diferentes unidades de medida.	68	32

Nota: Elaboración propia

Finalmente, se aplicó la rúbrica de evaluación N°1 a los datos de la prueba final, con el fin de realizar un análisis más específico frente a nociones básicas de química (Temática 1) y

nociones básicas de Nanociencia y Nanotecnología (Temática 2). Los resultados son presentados en la Tabla 20.

En la Figura 36 se presentan los porcentajes de respuestas obtenidos de cada uno de los aspectos cognitivos generales de las temáticas trabajadas en la prueba inicial y final y se hizo una comparación de los resultados obtenidos, observándose un aumento considerable en el porcentaje de estudiantes que lograron asimilar los aspectos evaluados en la actividad final. Al mismo tiempo se ve que disminuyo el porcentaje de aspectos que no fueron comprendidos.

Aspecto Cognitivo	% TEST-INICIAL		TEST-FINAL	
	SI	NO	SI	NO
1	40	60	70	30
2	32	68	78	22
3	8	92	74	26
4	20	80	64	36
5	64	36	74	26
6	72	28	82	18
7	20	80	68	32
8	4	96	76	24
9	36	64	88	12
10	16	84	82	18
11	20	80	66	34
12	48	52	68	32

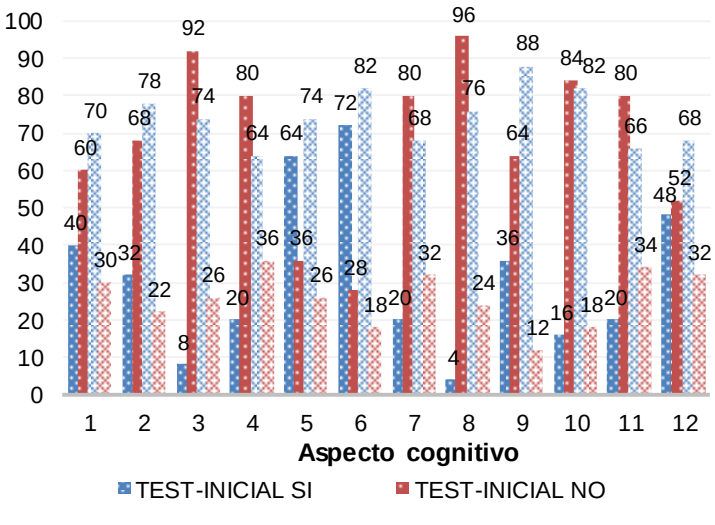


Figura 36. Comparación de resultados obtenidos al aplicar la rúbrica de evaluación para la prueba inicial y final

Por otra parte, se realizó un análisis confrontando cada aspecto cognitivo de forma independiente. En el primer ítem establecido como *"define correctamente que es la materia"* se pasó de un 40% de estudiantes que en la prueba inicial lo definieron adecuadamente a un 70% que lograron referenciarlo como el componente principal de objetos y cuerpos que ocupa un espacio, posee masa y energía y está ligado a lo que los rodea en la prueba final. En este ítem se logró aclarar diferentes percepciones erróneas que los estudiantes tenían inicialmente sobre lo que es materia, preconcepciones ligadas a percepciones inmediatas del contexto estudiantil. Lo anterior sugiere que es necesario enfatizar en este tipo de conceptos cada año académico y en lo posible realizar prácticas experimentales sencillas que faciliten su aprendizaje.

De igual manera en el segundo ítem “sabe que el átomo es la unidad constituyente más pequeña de la materia” se observa que un 32% de los estudiantes si lo sabían o lo recordaban en las condiciones iniciales del estudio frente a un 78% alcanzado al finalizar la implementación.

En cuanto al ítem 3 *“reconoce que existen partículas subatómicas y las ubica correctamente”* 8% de los estudiantes lograron distinguir los componentes del átomo en la prueba inicial en contraste con el 74%, que en la prueba final logró reconocer algunas partículas subatómicas distinguiendo su nombre y ubicación. Aunque se obtuvo que un número de escolares aún no logran concebir correctamente estas nociones, puede ser que su edad entender conceptos tan abstractos no sea un proceso demasiado fácil o evidente. En este punto ser recursivos y buscar los medios necesarios hará más fácil el proceso de aprendizaje.

El aspecto número 4 permitió establecer la noción que tenían los alumnos sobre molécula cuyos resultados arrojaron que se pasó de 20% en la prueba inicial a 64% en la prueba final. Aunque se logró un avance, este no fue tan significativo y aún persiste la dificultad de comprender y diferenciar que es una molécula. En este punto es necesario generar estrategias para la comprensión de este tipo de conceptos que integran diferentes eventos y dedicar más tiempo para su estudio en las aulas de clase.

En cuanto al quinto aspecto que permitió apreciar si los estudiantes distinguían un cambio físico de la materia, la Figura 31 muestra que un 64% si lo sabían en la prueba inicial frente a un 74% alcanzado en la prueba final en el mismo ámbito. De acuerdo con lo anterior, se observa que mejoró la percepción de los alumnos, pero también se detectó dificultades para distinguir diferentes cambios que experimentan la materia por la ocurrencia de procesos tanto físicos como químicos.

Respecto con el último aspecto evaluado concerniente a química los resultados mostraron que el % de estudiantes que saben adecuadamente el objeto de estudio de la química paso en la prueba inicial de 72% a 82% en los resultados finales. En general hubo una buena asimilación del concepto, aunque persiste un menor número de estudiantes cuya idea de *“ciencia que estudia la” vida* se mantiene, lo que indica la necesidad de reforzar y en lo posible ejemplificar con analogías que eliminen estos errores que persisten.

Por otra parte, se observa que se logró avanzar en todos los aspectos relacionadas con nanociencia y nanotecnología (numerales del 7 al 12) de la rúbrica de evaluación número uno, luego de la implementación. Esto indica una buena asimilación de estas temáticas por los estudiantes, ya que de acuerdo con los resultados del test inicial había un desconocimiento total de lo relativo a N&N.

Así, por ejemplo, en el aspecto 8 de la rúbrica de evaluación "*sabe que los nanomateriales son materiales construidos por el hombre; más pequeños que un micrómetro*" se logró avanzar en el porcentaje de estudiantes que si respondieron correctamente de un 4% a un 76%. Lo anterior muestra que la implementación de los Retos Nano-Didácticos resulto ser una estrategia oportuna y eficaz en grado quinto de primaria para la inclusión de estas nociones.

De la misma manera en el numeral 9 de la rúbrica de evaluación concerniente a la pregunta *sabe de qué se encarga la nanotecnología* pasó de un 36% en las condiciones iniciales a 88% en la etapa final del proceso; porcentaje de estudiantes que si entendieron o recordaron acertadamente este aspecto como el diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas a nano escala que producen artefactos con al menos una propiedad novedosa y única; se destaca además que fue el ítem relacionado con N&N que arrojo mayor desempeño. Lo anterior permite señalar que con la implementación del proyecto se logró que el grupo 502 del colegio La Concepción se acercara al nano mundo a partir de la apropiación de dichas nociones.

Hay que mencionar, además el avance significativo en cuanto al porcentaje de estudiantes que si asimilaron el aspecto número 10 relacionado con la afirmación de que *el nanómetro es 1000.000.000 de veces más pequeño que un metro* ya que se pasó de 16% en el test inicial a 82% en las condiciones finales del estudio; lo que refleja la insistencia constante por parte del docente investigador durante el proceso por recalcar dicho termino.

Se resalta también el hecho de que algunos alumnos no lograron entender la equivalencia del nanómetro debido a las bajas bases que tenían en temáticas como las escalas de medición y las deficiencias en matemáticas que son persistentes en varios integrantes del grupo. En este sentido, es necesario como docentes identificar no solo las ideas previas de los estudiantes sino también los ritmos de aprendizaje para así fortalecer capacidades individuales durante el que hacer pedagógico.

Se observó también que en el aspecto 11 relacionado con *la escala nanométrica* (de 1 a 100 nm) se obtuvieron los más bajos resultados ya que solo un 66% de los estudiantes en la prueba final sabían o recordaban el valor correcto en que esta dicha escala y aunque hubo un avance conceptual, según las respuestas incorrectas seleccionadas prevalece la idea de ubicar la escala nanométrica entre 1 y 10 nm. Esto sugiere fortalecer la temática de escalas en ciencias naturales en las aulas de clase, comparando y diferenciando magnitudes.

Con respecto a la única pregunta abierta de la prueba que permitía conocer las nociones de los estudiantes sobre *el vocablo NANO*, cabe señalar que en el test final la mayoría de los alumnos relacionó correctamente esta expresión con algo diminuto, pequeño o enano en tamaño, indicando que hubo una buena comprensión del mismo y un aporte valioso dentro de los objetivos del proyecto.

De forma general las respuestas a los diferentes test de evaluación son bastante propicias y permiten reafirmar el aporte significativo conceptual que se obtiene al incluir este tipo de contenidos en las aulas de clase. Se hace imprescindible mencionar que es necesaria la actualización de los procesos pedagógicos y el cambio hacia metodologías que estén a la vanguardia del mundo real y que concuerden a la vez no solo con los avances científicos del momento sino también con los adelantos tecnológicos que exige la sociedad actual.

4.4 Validación de la estrategia pedagógica “Retos-Nano-Didácticos”

La investigación cualitativa es un tipo de investigación que privilegia la interpretación de los procesos de indagación(Iño, 2018) es una forma de comprender una situación que se desarrolla en una dinámica social (Vasilachis, 2006). En este tipo de investigación (como se mencionó en el acápite de metodología) se establecen distintas formas de recolección de información válida (entrevistas, registros audiovisuales, diarios, evaluación de documentos, entre otros). Todo concurre hacia la comprensión de un fenómeno social mediante un acto de triangulación donde se ponen en diálogo las construcciones teóricas de un tema, la información obtenida en el proceso de indagación y la posibilidad de lectura del investigador. Mediante el análisis de los resultados se hace posible realizar algunos

tipos de “generalizaciones analíticas” (Quaranta & Neiman, 2006). Las cuales surgen de un trabajo de “lectura” de esa realidad desde los ojos de la teoría (Stake, 2012,p.23)

No existe un solo enfoque de la investigación cualitativa, sino que son múltiples. Para el caso de esta investigación se privilegió la investigación-acción como el componente que nos permitió relacionar la teoría con la práctica. La investigación-acción permite al docente tener la posibilidad de realizar investigación sobre su propia práctica, lo que implica que se puede leer, modificar (por ejemplo, cambiar estrategias que no responden al contexto), reflexionar sobre ella y sobre todo desarrollar conocimiento válido. Se establecen una serie de fases principales, en esta investigación “ciclo de la investigación se configura en torno a cuatro momentos o fases: planificación, acción, observación y reflexión”(Latorre, 2005, p.21).

Situados desde el marco de la investigación cualitativa y bajo la lógica de investigación establecidas por la I-A se ha realizado la validación de la estrategia “Retos Nano-Didácticos”. En nuestro caso se realizó siguiendo en primer lugar las fases de análisis establecidas. Iniciando por el *proceso de planificación de la práctica o diseño de la estrategia*, en que como mencionamos se tuvo en cuenta los preconceptos de los estudiantes antes de establecer los posibles contenidos específicos. Según De Rivas et al., en esta etapa se abordan “procesos reflexivos acerca de las concepciones sobre alumno, contenido, participación y conocimiento” (T. De Rivas, Martin, & Venegas, 2003, p.30). Esta fase de planificación, no solo se limitó a la selección de los Nano-Retos que se desarrollaron en la estrategia o la selección de las temáticas en Nanociencia y Nanotecnología más oportunas según las necesidades de los estudiantes, sino que estableció la estructura teórica que direccionó el proceso de puesta en marcha o aplicación de la estrategia.

Acciones como establecer la estrategia de recolección de datos (seleccionar de esa amplia gama de herramientas propias de la I-A las más adecuadas a la investigación particular) así como el diseño y aplicación del instrumento de preconcepciones todo se realizó en esta etapa(R. E. Stake, 1999b) Se tuvo en cuenta aquellos desarrollos que se querían lograr en los estudiantes, no solo en la comprensión de las temáticas propias de la N&N sino también fomentar el desarrollo de pensamiento científico (Porlán, 1998).

Un siguiente paso como se mencionó en los acápites pasados fue la implementación, en la que se articuló tanto la acción como el proceso de observación (acompañado,

evidentemente, de la recolección de datos cuantitativos y cualitativos con las herramientas descritas - entrevistas, registro audiovisual y escrito-) (Stake, 1999a). En la implementación de la propuesta “Retos Nano-Didácticos” estas dos acciones (la observación como parte del proceso del investigador- docente, así como la acción que corresponde a la implementación más orientada hacia los estudiantes) se encuentran integradas (Vasilachis, 2006).

Es importante señalar que como es propio de la I-A en la fase de implementación también se establecen acciones de reflexión que guían nuestro accionar como docentes, es decir, que la implementación puede llegar a ser modificada por la reflexión sobre la acción(Schon, 1992).

La última fase de discusión de los resultados obtenidos o de reflexión es la fase en la que realizamos el proceso de triangulación, para Stake (1999) en el proceso de Triangulación se ponen en relación tres aspectos. En primer lugar, todos los insumos recolectados en la fase de observación gracias al uso de diversas técnicas de recolección de datos. Segundo, las estructuras teóricas que guían la investigación y la misma capacidad de interpretación de resultados del autor. Solo de esta forma se puede llegar a realizar interpretaciones que poseen validez interna y que puedan llegar a ser teóricamente significativas (Wittrock, 1989).

Se ha querido dar un somero panorama del proceso de investigación guiado por la I-A para lograr comprender cuáles fueron las acciones que dieron lugar a los criterios de validación de la propuesta. En este orden de ideas, se establecieron seis indicadores de proceso (Tabla 21) que surgieron en las fases de implementación y análisis de la propuesta.

Estos seis indicadores emergentes, tienen su origen en los procesos de reflexión y triangulación. Se establecen siguiendo las categorías que influyen en el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes y que se establece como los más recurrente en el aula, es decir, según Bolívar (2006) se puede establecer regularidades en las acciones o en el discurso de actores en un proceso de investigación, son estas categorías que nos hablan de forma real de lo que está ocurriendo por ejemplo en la aplicación de una propuesta.

Ya teniendo claro como fueron planteados estos indicadores, la evaluación de su impacto en el aula fue estipulado en una escala de: alto, medio y bajo impacto (Tabla 21). Siendo

alto impacto seleccionado solo ante una alta concurrencia de acciones, expresiones o actitudes que dieran cuenta del desarrollo de ese indicador de forma estable y continua en cada una de los Nano-retos; medio impacto, una concurrencia que, aunque se presenta no es continua o estable. Y bajo impacto, se seleccionó solo cuando no existía una buena regularidad o que, aunque existía no llegaba a completar lo necesario para establecerse como un indicador logrado en cada uno de los Nano- Retos.

De forma adicional, se realizó el análisis de cada indicador de acuerdo con las evidencias cualitativas halladas -denotando por qué fueron seleccionados como indicadores emergentes para rastrear-, las referencias bibliográficas relacionadas y lo observado por el docente- investigador durante la etapa de intervención en el aula (proceso de triangulación) (R. Stake, 2012).

Tabla 23.

Evaluación del impacto de los Indicadores emergentes para la implementación de la propuesta

N°	INDICADOR	IMPACTO		
		ALTO	MEDIO	BAJO
1	Se muestra atento e interesado frente a las diversas temáticas planteadas en el aula.	X		
2	Realiza procesos de auto reflexión o metacognitivos sobre su propio conocimiento.	X		
3	Busca soluciones a las problemáticas planteadas en el aula.	X		
4	Se interesa por cumplir y aportar al trabajo en equipo, evidente en sus procesos de comunicación, en la cohesión entre los miembros de grupo y en la obtención de una meta común.	X		
5	Participa de actividades experimentales, construyendo explicaciones fundamentadas desde la relación teoría-práctica.		X	
6	Empieza a utiliza el vocabulario científico relacionado con N&N para dar explicación a los fenómenos expuestos.		X	

Nota: Elaboración propia

4.4.1 Análisis de indicadores

1. **Indicador:** *Se muestra atento e interesado frente a las diversas temáticas planteadas en el aula.*
   - **Evidencia:**

Figura 37. Actividad del Reto Nano-Didáctico 1

En la Figura 37 se observa el momento en que se realizó la actividad con las regletas de Cuisenaire, es evidente la participación activa de los estudiantes para llevar a cabo la actividad.

Figura 38. Actividad del Reto Nano-Didáctico 3

En la Figura 38 anterior se observa el momento en que se realizó la actividad práctica con pintura, es evidente el interés por el desarrollo de la actividad.

En lo referente al interés que despertó la aplicación del proyecto en los estudiantes de quinto grado, de acuerdo a lo observado en cada una de las sesiones y a los registros fotográficos. Se afirma que el impacto del proyecto en el aula de clase en este primer indicador fue **alto**, entre las acciones que sustenta dicha afirmación se encuentran;

1. Los estudiantes estaban puntualmente en el aula de clase.
2. Seguían las indicaciones dadas por la docente.
3. Se preocupaban por cumplir con los tiempos.
4. Indagaban en cada actividad sobre nociones relacionadas a N&N.
5. Se notaban activos, participativos, ante las preguntas planteadas por la docente.
6. Mostraban interés por participar y dar su opinión.
7. Varios estudiantes coincidían en participar.

Al relacionar lo anterior con las referencias se encontró que los temas de Nanociencia y Nanotecnología no deben ser vistos como una barrera que los alumnos no pueden ultrapasar. Al contrario, la importancia y la belleza de N&N, y las posibilidades promisorias

de excelentes empleos, y en nuestro caso una mejor preparación para cursos avanzados, pueden servir como motivaciones para el aprendizaje, tanto de ellas mismas como de las asignaturas de ciencias básicas que son ofrecidas en la escuela(Ribeiro et al., 2016). Además la ciencia y la tecnología están en todas partes y descubrir de qué modo interviene en nuestra vida diaria puede proporcionar una base excelente no solo para el posterior desarrollo exitoso en la vida (Tutor-Sánchez, 2013b) sino que puede servir de motor de impulso hacia el conocimiento.

Es considerable recalcar que la elección de las temáticas se enfocó con el fin de ir más allá que cualquier acción divulgativa, pues como plantea Serena (2013), descubrir lo fascinante que es hacer ciencia desde una edad temprana es indispensable, ya que refuerza el compromiso, disciplina, rigurosidad y la curiosidad como elementos esenciales de formación para la vida y para el desarrollo de cualquier actividad científica futura.

La aplicación de los retos permitió por otra parte, desarrollar una actitud de competencia en los niños, lo que promovió el interés por descubrir y plantear diversas alternativas de solución. Esta situación cobra importancia por el hecho de enfrentar al alumnado al desafío de responder a un amplio abanico de situaciones reales, lo que consolida en él un conocimiento significativo, contextualizado, transferible y funcional, fomentando su capacidad de aplicar lo aprendido (M. Romero, 2010).

Por último, si los científicos se aproximan al conocimiento a partir del análisis de sus observaciones, de las preguntas, conjeturas e hipótesis nacidas de su curiosidad, se puede pensar entonces que los niños también tienen la percepción de un científico investigador, porque igualmente son muy curiosos, muestran gran interés por conocer su entorno, formulan preguntas constantemente y plantean hipótesis para explicar los fenómenos que perciben (Ortíz & Cervantes, 2016).

Entre las actividades planteadas en el proyecto las que más despertaron el interés y la motivación de los estudiantes fueron las llamadas actividades prácticas y actividades experimentales.

2. **Indicador:** *Realiza procesos de auto reflexión o metacognitivos sobre su propio conocimiento.*
    - **Evidencia:**

Figura 39. Momento en que los estudiantes realizan el mural de expresión, “Hablemos sobre Nano 2”

En cuanto a los procesos de auto reflexión, se afirma que el impacto del proyecto en el aula de clase en este segundo indicador fue ***alto***, entre las acciones que sustenta dicha afirmación se encuentran;

1. Se brindaron espacios al final de la aplicación de cada guía que permitieron que los estudiantes reflexionaran de manera oral y escrita.
2. Se logró alcanzar procesos metacognitivos relacionados con el grado de apropiación de las nociones aprendidas.

Un aspecto sustancial que sobresale en el aprendizaje ABR es que se interesa por recoger las opiniones de los participantes del proceso y abrir espacios de reflexión que contribuyan a la metacognición del estudiante (Tecnológico de Monterrey, 2015). En el contexto de la investigación estos elementos fueron incorporados como elementos de validación a través de un mural de expresión llamado “*Hablemos sobre Nano*” donde los alumnos expresaban

sus impresiones y/u opiniones al final de la implementación de cada guía. A continuación, se muestran algunos de los murales trabajados durante el desarrollo del proyecto

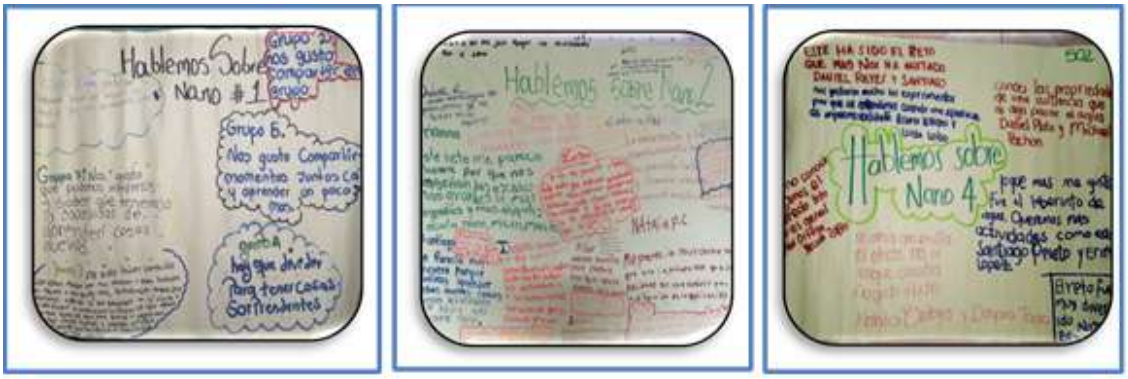


Figura 40. Murales de expresión “hablemos sobre nano 1,2 y 4”

Adicionalmente, dos videos por Reto Nano-didáctico fueron elaborados, donde se grababan comentarios y opiniones expresadas por los niños. A continuación, se muestran algunas de las percepciones grabadas que dan fe de las opiniones que los estudiantes manifestaron sobre el proyecto:

Tabla 22. *Algunas opiniones de los estudiantes sobre el proyecto.*

Transcripciones literales de algunas opiniones de los estudiantes sobre el proyecto
Nos gustó las actividades con las fichas, porque trabajamos en grupo y aprendimos mucho.
Aprendimos cosas muy interesantes en el reto uno las cuales no sabía, pero ya se.
La actividad que nos gustó más fue cuando unimos los átomos con los palitos y formamos moléculas.
Nos pareció interesante porque aprendimos cosas nuevas.
Lo que más me gustó fue la aplicación de la ropa que no se ensucia porque no hay necesidad de lavarla y ayudaría a la humanidad.
Me pareció muy chévere porque pudimos trabajar en grupo.
Aprendimos que la nanotecnología tiene diferentes aplicaciones como la medicina.
Pues me gustó más el reto cinco, porque pudimos aprender sobre los nanotubos y el fullereno etc

Entendí que Nano es algo muy pequeño.
Me gustó la actividad de las hojas de las plantas porque nos sentimos como científicos.
La nanotecnología puede hacer objetos muy pequeños para el beneficio de la comunidad.
La nanotecnología me pareció sorprendente porque son pequeñas moléculas que forman algo grande.
Ahora sabemos que los nanotubos de carbono sirven para combatir el cáncer.
La nanotecnología es muy importante porque puede servir para la humanidad como los nanobots.

Nota: Elaboración propia

Cabe destacar que, a diferencia del conocimiento cotidiano, que es esencialmente implícito, las teorías científicas tienen una naturaleza básicamente explícita, de forma que su construcción requiere del alumno una toma de conciencia de las relaciones entre modelos interpretativos que le proporciona la ciencia y sus propias concepciones alternativas(Porlán, 1998,p.146)

De manera general la etapa de reflexión fue valiosa en la investigación ya que fue una actividad diferente en el contexto escolar permitiendo a los niños expresar lo que pensaban sobre el proyecto y además les ofreció una oportunidad de realizar su autoevaluación. Fue un momento en donde los educandos se detenían a pensar cómo fue su desempeño y qué aspectos tenían que mejorar. Por otra parte, para el docente investigador resultó provechoso identificar cuáles son los intereses de sus estudiantes y así direccionar posteriores actividades.

3. **Indicador:** *Busca soluciones a las problemáticas planteadas en el aula.*
   - **Evidencia:**

Tabla 23. *Lista de retos*

Reto Nano didáctico #	LISTA DE RETOS
1	Cada equipo debe descubrir en el menor tiempo posible palabras cifradas con ayuda del alfabeto del juego Caza-Nano, para eso es necesario transcribir una palabra sobre el tema de nanotecnología siguiendo el alfabeto cifrado. Al descubrir cada palabra buscará su significado y lo registrará. Por último, al encontrar todas las palabras las relacionarán y formarán una frase coherente.
2	Cada equipo debe construir a escala un integrante de cada nivel (macroscópico, microscópico y nanoscópico) el grupo debe ser estratégico a la hora de tomar medidas para escalar muy bien sus dibujos. Como regla general las medidas que se proponen deben coincidir con lo dibujado, se tendrá en cuenta también el parecido de los dibujos con la realidad, la creatividad, la presentación entre otros. (Debe pensar los dibujos de tal manera que sean útiles para enseñar a niños de grados inferiores). *Objetivo de sostenibilidad sobre educación de calidad.*
3	Cada equipo debe consultar el mayor número de aplicaciones en nanotecnología, cuyos fines causen beneficios para la humanidad, para que cada consulta sea tenida en cuenta debe cumplir con unos requisitos base, que se explicaran a continuación.
4	Cada equipo debe realizar una práctica experimental por medio de la cual demostraran el efecto loto, deben registrar los datos tomados y entregar al final el informe de laboratorio. El equipo que termine en primer lugar con todo debidamente realizado y completo será el grupo ganador del reto. Se tendrá en cuenta también el grupo que mayor número de hojas diferentes recolecte. *Objetivo de sostenibilidad sobre salud y bienestar.*
5	Con ayuda del material didáctico “modelos moleculares” cada equipo debe intentar unir durante 30 minutos, el mayor número de hexágonos formando un plano, asemejando la nanoestructura del grafeno, posteriormente debe reproducir la imagen obtenida en un dibujo. De igual manera se debe hacer buscando asemejar la nanoestructura de un nanotubo de carbono, cada grupo une hexágonos formando un cilindro, durante 30 minutos, posteriormente debe reproducir la imagen obtenida en un dibujo.
6	Cada grupo selecciona previamente la aplicación en nanotecnología que más le haya impactado con la orientación del docente debe realizar una consulta completa, intentando por medio de una presentación oral mostrar el nombre del producto, en qué área se desarrolla, descripción, cómo funciona y cuáles son los beneficios para el hombre, adicionalmente deben preparar un dibujo del producto en tamaño de un pliego de papel. La mejor y más completa presentación ganará el reto. *Objetivo de sostenibilidad sobre salud y bienestar.*

Nota: Elaboración propia

La Tabla 23 se presentan los seis retos planteados en la investigación, lo que a la vez demuestra la oportunidad que dio el proyecto a los estudiantes de plantearse un problema en donde tenían que buscar soluciones, discutir en grupo y aceptar las opiniones de sus compañeros para llegar a la mejor solución, por lo que se establece que este indicador tuvo un alto impacto en el proceso.

Hay que mencionar, además la importancia de incluir en la escuela y a mayor razón en edades tempranas, actividades que involucren juegos o competencia. De acuerdo, con Francisco Mora especialista en neurociencia en su libro" Neuroeducación, solo se puede aprender aquello que se ama" (Mora, 2013), los alumnos necesitan aprender procedimientos, porque son los procesos que el cerebro va a necesitar para operar, asimismo este tipo de recursos fomenta la curiosidad, mejora la atención y permite la interacción social lo que crea una puerta hacia la emoción y facilita la formación conceptual. Respecto a lo anterior plantear retos en el aula potencializa las funciones cerebrales y garantiza un aprendizaje más perdurable ligado a la búsqueda de una solución por parte de estudiantes.

4. **Indicador:** *Se interesa por cumplir y aportar al trabajo en equipo, evidente en sus procesos de comunicación, en la cohesión entre los miembros de grupo y en la obtención de una meta común.*

- **Evidencia:**

Figura 41. Evidencia del trabajo en equipo desarrollado en el Reto 2

Figura 42. Evidencia del trabajo en equipo desarrollado en los Retos 1 y 4

En las Figuras 41 y 42 es evidente el trabajo en equipo de los estudiantes de quinto grado, ya que si se revisan las secuencias de los Retos-Nano-Didácticos la gran mayoría de actividades se deben realizar en grupo, siendo esta una condición importante para cumplir con lo establecido por el enfoque ABR (Tec-Monterrey, 2015).

Otro aspecto positivo que refleja el alto impacto de este indicador fue el hecho de generar condiciones favorables para fortalecer diversas habilidades comunicativas por medio del trabajo en equipo, las cuales permitieron que los integrantes se escucharan y debatieran acerca de la mejor solución. Sumado a esto, la ganancia en el fortalecimiento de capacidades del carácter como la responsabilidad, la creatividad, la autonomía y la actitud crítica de cada miembro del grupo fueron trabajados y reforzados, como una nueva forma de enseñar y de aprender en el aula (Parra, 2014).

Todas las actitudes nombradas en el párrafo anterior son posibles en la medida que los estudiantes interactúen unos con otros y se pongan a prueba dentro de un colectivo; sus ideas, al igual como sucede con las comunidades científicas, sólo son validadas en la medida que sus argumentos soportan la evidencia y logran convencer al colectivo(Gaviria, Caballero, & Colmenares, n.d.). Es así como, el trabajo en equipo crea el ambiente propicio

para el crecimiento individual en un entorno grupal que le potencia y, que, a su vez, le cualifica. Lo anterior resalta la importancia de conformar equipos para el desarrollo de las actividades en ciencias naturales.

5. **Indicador:** *Participa de actividades experimentales, construyendo explicaciones fundamentadas desde la relación teoría-práctica.*

Figura 43. Evidencia de actividades experimentales realizadas en los Retos 2 y 4

Para este indicador se obtuvo un impacto ***medio*** debido a que no fue posible plantear actividades experimentales en todas las guías, primero porque el colegio no contaba con un aula especializada como laboratorio y segundo porque el tiempo era limitado.

Sin embargo, las actividades experimentales realizadas fueron bastante oportunas y de acuerdo con las discusiones grupales que se generaban en las fases de retroalimentación, los estudiantes lograban dar explicaciones de lo sucedido en el experimento, incluyendo conceptos abstraídos de la parte teórica.

Con respecto a las prácticas demostrativas de tipo experimental, se observó que fueron de las actividades que más aumentaron la motivación de los estudiantes, quienes se notaron entusiasmados, atentos, participativos y concentrados en el resultado esperado. El impedimento de no tener un espacio de laboratorio, no limitó el propósito deseado y se logró demostrar que, con materiales de bajo costo, cotidianos y de fácil consecución fue

posible adaptar el salón de clase y realizar experimentación no solo atrayente sino con resultados conceptualmente favorables para los estudiantes.

Por otra parte, conviene subrayar que son varios los autores que se han preocupado por estudiar sobre la importancia de la experimentación en el aula, la mayoría coincide en recalcar lo indispensable que es implicar al alumnado en una ciencia escolar auténtica que contribuya al desarrollo del pensamiento científico donde las experiencias cobran real relevancia en los procesos de enseñanza en ciencias (J. Martí & Amat, 2017).

6. **Indicador:** *Empieza a utilizar el vocabulario científico relacionado con N&N para dar explicación a los fenómenos expuestos.*
   - **Evidencia:**

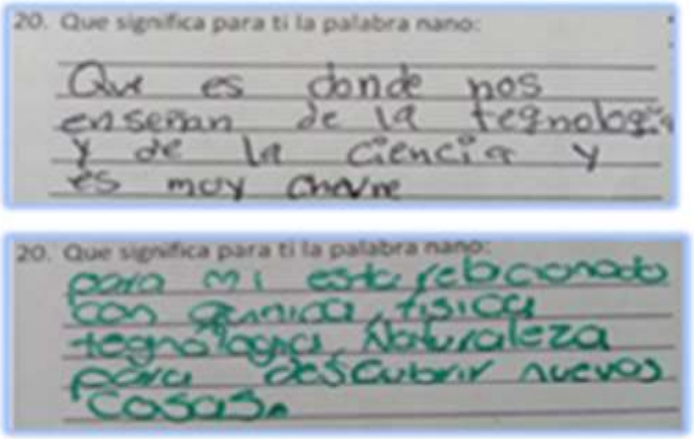


Figura 44. Evidencia de respuestas dadas por los estudiantes en la prueba inicial

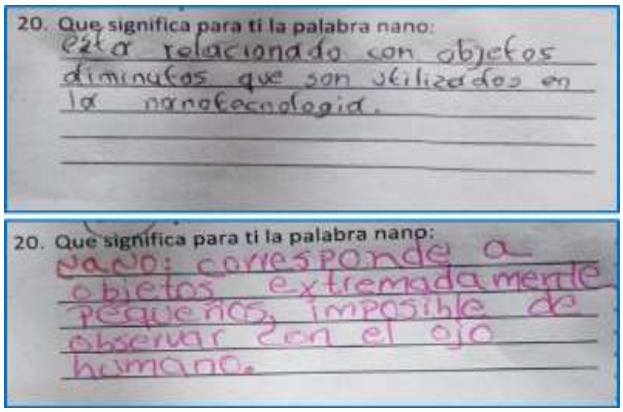


Figura 45. Evidencia de respuestas dadas por los estudiantes en la prueba final

Haciendo una comparación entre las respuestas dadas por los estudiantes en el test diagnóstico y el test final, frente a la pregunta "¿Qué significa para ti la palabra nano?" (Figuras 44 y 45), se evidencia que en las condiciones iniciales primero los estudiantes desconocen el significado del vocablo Nano y en segundo lugar las respuestas no muestran mayor uso de un lenguaje científico; en contraste con las respuestas dadas posteriormente a la aplicación de los seis Retos, en donde se evidencia que los estudiantes lograron relacionar correctamente el vocablo nano y además añadieron palabras a su léxico escolar haciendo uso del lenguaje científico aprendido durante el desarrollo de la estrategia.

Por lo anterior, se afirma que el impacto de este último indicador en el grado fue ***medio***, teniendo en cuenta que se logró que solo algunos estudiantes hicieran uso correcto del lenguaje de la ciencia.

Para lograr un impacto mayor en este indicador, la clase de ciencias debe convertirse en un auténtico foro de debate científico, a la medida de la ciencia de los alumnos. En donde sea posible discutir diversas interpretaciones de fenómenos, formular preguntas, proponer nuevos experimentos, dar argumentos, proponer aplicaciones o símbolos, con el fin de que los estudiantes elaboren las ideas científicas y adquieran cada vez más un lenguaje científico adecuado(Aliberas, 2005).

Por último, de acuerdo con las evidencias y el análisis de cada indicador es posible concluir que la estrategia pedagógica "*Retos Nano-Didácticos*" permitió el desarrollo de conceptos básicos de química y nociones de nanociencia y nanotecnología y demostró el fortalecimiento de ciertas habilidades relacionadas con el pensamiento científico en los estudiantes de quinto de primaria del Colegio La Concepción, acercándolos a la vez al diminuto y extraordinario ***mundo nano***.

4.4.2 Análisis Integrado de los indicadores en la implementación de la Propuesta ""*Retos Nano-didácticos'*"" en relación con el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes de Grado Quinto.

En los acápites anteriores se describió la forma en que se presentaron cada uno de los indicadores en la implementación de la propuesta, así como su impacto. Se ha llegado a

señalar de forma explícita e implícita cómo esta serie de indicadores permiten evidenciar los logros obtenidos por los estudiantes mediados por la puesta en marcha de cada uno de los Retos- nano.

Los resultados de tipo cualitativo, presentados en este apartado, muestran estar en coherencia y correlación con lo que se ha discutido en los resultados de tipo cuantitativo. Y es que uno de los principales intereses, como se mencionó en las generalidades de este documento, ha sido el fomentar el desarrollo de pensamiento científico en primaria mediante la implementación de una propuesta que integra conceptos propios de la Nanociencia y la Nanotecnología enmarcada en el Aprendizaje Basado en Retos.

El pensamiento científico se puede entender, someramente, como la capacidad que tiene un sujeto de comprender, solucionar conflictos y tomar decisiones -acciones- sobre temas de la ciencia de una forma apropiada que le permita desenvolverse en el mundo de forma eficiente (Pozo & Gómez, 1998;Zuleta, 2005). Por ejemplo, en la reciente pandemia ese gran cúmulo de información científica solo puede ser bien procesada si hay un correcto desarrollo de pensamiento científico que nos lleve a la toma de buenas decisiones, posiblemente esta situación se puede relacionar con la razón por la que unas personas toman buenas decisiones de autocuidado y otras deciden ignorarlos.

Es evidente que todos los niños no van a ser científicos, pero todos sí van a estar inmersos en un mundo permeado por una gran cantidad de conocimientos provenientes de la ciencia y tecnología. Ayudar a que puedan sortearse de una forma adecuada es el reto de la enseñanza para el pensamiento científico (Carrillo, 2012). Y valga la aclaración, referente a la pertinencia de esta investigación, en nuestra sociedad los contenidos de la Nanociencia y Nanotecnología están y estarán cada vez más presentes en la cotidianidad (Gamo & Tutor-Sánchez, 2015).

Retomando el análisis de cómo nuestra propuesta fomenta el desarrollo del pensamiento científico debemos recordar que este aspecto va más allá de solo la comprensión de algunos conceptos de la ciencia, sino que implica que como docentes ayudemos a “construir nuevas estructuras mentales que no forman parte del repertorio cognitivo natural del ser humano, sino que son un producto histórico y cultural como defendería Vygotsky” (Pozo & Gómez, 1998, , p. 134).

Según Carrillo, (2012, p. 15) “memorizar, comparar, analizar, argumentar, sintetizar, generalizar, opinar y crear un modelo de solución” son algunas de esas habilidades o estructuras de conocimiento a trabajar para desarrollar pensamiento científico, sin embargo, existen otras por rastrear. Como vemos, ese listado no nos limita solo a concentrarnos sobre el aprendizaje de conceptos, sino que hay una prevalencia en el fomento de capacidades mentales. Esta misma autora señala que el “el desarrollo del pensamiento científico es un elemento que debe ser parte de la vida cotidiana, y cómo desde las instituciones educativas se pueden generar procesos que fortalezcan las prácticas formativas incentivando en los estudiantes procesos mentales que les ayuden a solucionar problemas de su entorno” (Carrillo,2012, p. 17).

En el caso de esta propuesta de investigación al realizar la implementación se identificó que estos seis indicadores responden al desarrollo de esas estructuras mentales que se corresponden con el pensamiento científico. ¿Estamos diciendo que estos niños han desarrollado por completo pensamiento científico? No, estamos diciendo que efectivamente se ha iniciado un proceso en el que se ha fomentado su desarrollo.

Los seis indicadores responden a procesos de: comunicación (uso de lenguaje científico en contextos diversos), relación de los estudiantes con su propio aprendizaje (procesos de metacognición) y de acciones propias del trabajo experimental (trabajo en equipo, consecución de metas, solución de problemas). Estas son, poniéndolas en relación con lo mencionado por Pozo y Gómez (1998) y Carrillo (2012) acciones que ponen en juego el pensamiento científico por llevarnos a otro tipo de escenarios.

Sobre los indicadores hay que mencionar dos aspectos generales:

- Primero, en los indicadores “Participa de actividades experimentales, construyendo explicaciones fundamentadas desde la relación teoría-práctica” y “Empieza a utiliza el vocabulario científico relacionado con N&N para dar explicación a los fenómenos expuestos” se evidencia un desarrollo medio, que se es reconocible en la mayor parte de los Retos. Este resultado se halla en directa relación con investigaciones como las de Urazán (2011) en las que se menciona que indicadores que tienen que ver con comunicarse en la ciencia tienden a tener menores niveles de apropiación porque exige de los estudiantes un importante nivel de abstracción. Para obtener resultados más altos sobre el comunicar en ciencias se sugieren entonces procesos

de trabajo más extensos en que la comunicación se pueda poner en juego en diferentes ámbitos.

- Segundo, los indicadores que obtuvieron un mayor puntaje fueron “Se muestra atento e interesado frente a las diversas temáticas planteadas en el aula”, “Realiza procesos de auto reflexión o metacognitivos sobre su propio conocimiento”, “Busca soluciones a las problemáticas planteadas en el aula” y “Se interesa por cumplir y aportar al trabajo en equipo, evidente en sus procesos de comunicación, en la cohesión entre los miembros de grupo y en la obtención de una meta común”. Estos indicadores tienen como aspecto común el valor que dan a la motivación hacia el aprendizaje. De forma general, como se evidencio en los análisis individuales, los estudiantes se mostraron interesados por los procesos de experimentación en el aula.

  Esto se relaciona con lo que menciona Furman (2008) cuando plantea que los escenarios que propenden hacia procesos de experimentación en el aula, sobre todo en primaria, llegan no solo a ser más significativos para los estudiantes en el aspecto conceptual sino también en el aspecto emocional lo que facilita los procesos de aprendizaje. Por otra parte, se considera que el Aprendizaje Basado en Retos (López et al., 2017) al incluir esa percepción del juego-reto llega a inducir en los estudiantes de primaria mayores niveles de interés.

Retomando la relación entre pensamiento científico e implementación de la propuesta. Para Pozo y Gómez (1998) los docentes estructuramos escenarios que al ser implementados activan procesos mentales, los Retos-Nano se orientan precisamente a ser esos escenarios donde se trabajan esos aspectos específicos (mencionados en los indicadores) y que fomentan el desarrollo de pensamiento científico.

Para el diseño de esta estrategia enmarcamos nuestro trabajo en una Investigación Basada en Retos, este tipo de enfoque didáctico “se apoya en el aprendizaje basado en problemas, diferenciándose de este último, en que en lugar de presentar a los estudiantes un problema ficticio[...] ofrece problemáticas abiertas y generales en contextos reales sobre las cuales los estudiantes plantean soluciones y toman decisiones” (Lopez et al., 2017).

Finalizamos este acápite mencionando que experiencias de investigación como la que hemos presentado son fundamentales porque no solo se quedan en mencionar la importancia del pensamiento científico, sino que presentan estrategias y propuestas claras desde temas específicos que puedan ser llevadas al aula y tener impacto real (Carrillo, 2012, p. 21).

5. Conclusiones

- Mediante este trabajo fue posible demostrar que la enseñanza de la Nanociencia y Nanotecnología en la educación básica primaria genera curiosidad, interés e impacto en los estudiantes, generando interdisciplinariedad para abarcar temáticas desde diferentes áreas de las Ciencias Naturales como Matemáticas, Química y Biología.
- El análisis de los datos derivados de la prueba inicial y final mostraron un cambio positivo en cuanto al porcentaje de rendimiento en la prueba, el cual paso de 32.2 % (desempeño bajo) en las condiciones iniciales a 65% (desempeño básico) después de la implementación de los seis “Retos Nano- Didácticos”, lo que evidencia la viabilidad y permite proponer la estrategia pedagógica como instrumento de aprendizaje de ciencias en educación básica primaria.
- La experiencia derivada de la implementación de los seis Retos Nano-Didácticos demostró de forma cualitativa y cuantitativa que los estudiantes de grado quinto que participaron en la estrategia plantearon explicaciones e ideas sobre conceptos básicos de química relacionados con nanociencia y nanotecnología, mostrando resultados satisfactorios y graduales a la par del desarrollo de cada una de las actividades.
- Se demostró que el Aprendizaje Basado en Retos es un enfoque pedagógico atractivo en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de básica primaria por ser una tendencia actual que aprovecha el interés de los alumnos para darle un significado más practico a la educación, desarrollando competencias para el trabajo en equipo, la toma de decisiones, la comunicación y el liderazgo.

6. Recomendaciones

- Es urgente la necesidad de transformar el currículo fijo y delimitado por uno que sea actualizado con las últimas tendencias en educación teniendo en cuenta que el mundo es flexible, cambiante y diverso mientras la escuela sigue siendo rutinaria, inflexible, descontextualizada y estática.
- Realizar el diagnóstico de los preconceptos relacionados con los temas a investigar, es esencial para establecer las condiciones iniciales del estudio como por ejemplo identificar fortalezas y debilidades respecto a los conceptos abordados; además permite direccionar la manera de efectuar de forma coherente la metodología de investigación en sus diferentes fases.
- Se requiere que el Ministerio de Educación Nacional realice una actualización en los estándares de competencias de ciencias naturales tanto en los ciclos de básica primaria como para los de la media y secundaria donde se vinculen temáticas relacionadas con Nanociencia y Nanotecnología con el fin de ir a la par con las exigencias del mundo actual
- La interdisciplinariedad resulta ser un elemento clave para el desarrollo de proyectos de investigación desde el Aprendizaje Basado en Retos que repercute en el fortalecimiento de competencias de las diferentes áreas conceptuales.
- Es necesario al aplicar propuestas fundamentadas en el Aprendizaje Basado en Retos, que el docente explique a los estudiantes la importancia del trabajo en equipo y los roles que cada participante debe llevar a cabo, para organizar y enriquecer la dinámica.
- Aunque el diseño de la unidad didáctica va dirigido a estudiantes de ciclo 3º, este no es exclusivo, por lo que se puede implementar en otros ciclos, haciendo las adecuaciones necesarias.

7. Apéndices

Apéndice A: Prueba inicial y final

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

GRADO 502 - CIENCIAS NANO

PRUEBA INICIAL Y FINAL

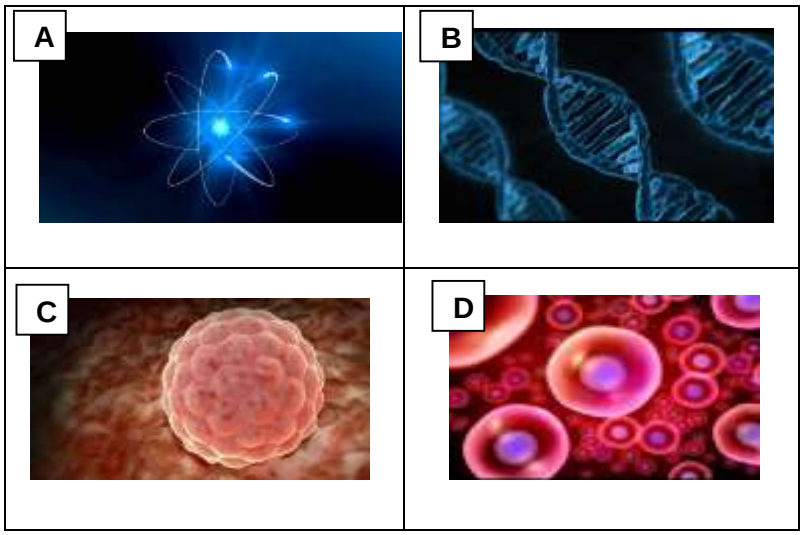
1. ¿Defina cuál es el objeto de estudio de la química?
   A. Ciencia que se encarga de estudiar la materia y su estructura.
   B. Estudia solo los compuestos
   C. Ciencia que estudia el carbono
   D. Ciencia que estudia la vida

2. ¿Qué es la materia?
   A. Todo aquello que ocupa un lugar en el espacio
   B. Todo aquello que podemos ver
   C. Todo aquello que posee masa y ocupa un lugar en el espacio
   D. Todo aquello que tiene masa

3. De acuerdo con la definición de materia, ¿Cuáles de las siguientes opciones No es materia?:
   A. La Gelatina
   B. La sombra
   C. El Espejo
   D. El Aire

4. Partícula subatómica que se encuentra localizada en el núcleo del átomo y tiene carga positiva.
   A. Neutrón
   B. Protón
   A. Electrón
   B. nucleido

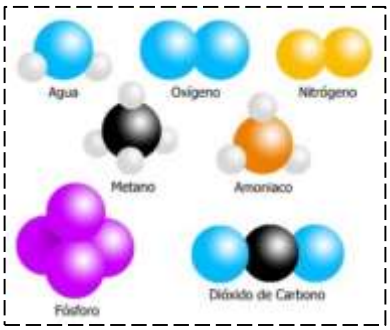
5. ¿Cuál de las siguientes imágenes me serviría para representar un átomo?



6. El aire es una mezcla de gases de la cual se puede afirmar que:
   A. No pesa
   B. No tiene masa
   C. Tiene masa y volumen
   D. Solo tiene volumen
7. Seleccione el nombre de la unidad más pequeña de un elemento de la naturaleza que mantiene la mismas características o propiedades de ese elemento.
   A. Molécula
   B. Célula
   C. Protón
   D. Átomo
8. El carbono es único en la química porque forma un número de compuestos mayor que la suma total de todos los otros elementos combinados, lo que lo convierte en uno de los elementos más importantes de la naturaleza. El símbolo químico del carbono es:
   A. Ca
   B. C
   C. ca
   D. c

9. Los cambios físicos son las transformaciones que pueden cambiar el estado material, pero jamás cambiará su naturaleza química, en este orden de ideas un ejemplo de fenómeno físico ocurre al:
   A. Hervir agua
   B. Cocinar un Huevo
   C. Crecer una planta
   D. Fermentar Leche

10. En la siguiente imagen se observa una forma de representar moléculas, según los átomos que conforman cada sustancia, así cada átomo de diferente especie se representa con un tamaño y un color diferente.



De acuerdo a lo anterior y a lo observado en la imagen una molécula está formada por:
   A. El mismo elemento
   B. Dos o más elementos
   C. Dos o más átomos diferentes
   D. Dos o más átomos iguales o diferentes

11. Se dice que el átomo es eléctricamente neutro porque:
   A. Tiene neutrones
   B. Tiene protones y neutrones
   C. Tiene la misma cantidad de protones que de electrones
   D. Tiene la misma cantidad de protones, neutrones y electrones

12. Cuando hablamos de tamaños, podemos encontrar objetos extremadamente grandes y otros muy pequeños, por ejemplo, los pequeños insectos como las pulgas tienen un tamaño que oscila de 1.5 a 3.3 mm, mientras que la cabeza de un alfiler puede medir cerca de 2 mm, un grano de arroz crudo tiene aproximadamente 5.2 mm, un grano de arena entre 0,063 a 2 mm y así podemos citar innumerables ejemplos diminutos. Entonces es posible afirmar que la opción que muestra el menor tamaño es:

A. Una pulga
B. Un grano de arroz
C. Un grano de arena
D. La cabeza de un alfiler

13. El mundo animal es de lo más interesante y variado, en la siguiente tabla se presentan medidas aproximadas del tamaño de algunos animales enormes.

ANIMAL	TAMAÑO
Elefante	7,5 metros de largo, más de 4 metros de alto y un majestuoso peso de hasta 7 toneladas y media
Cocodrilo	6 metros de largo y un peso de entre 500 y 1000 kilogramos,
Ballena	30 metros de longitud y hasta 180 toneladas de peso.
Oso Polar	Miden entre 2 y 3 metros de largo, pesan más de 1000 kilogramos

Teniendo en cuenta la anterior información ¿Cuál de los siguientes animales es el más grande?

A. Un elefante
B. Una ballena
C. Un cocodrilo
D. Un oso polar

14. En matemáticas, el Sistema Internacional de Unidades (abreviado SI), fue instaurada en 1960 por la «Conferencia General de Pesas y Medidas». Consta de siete unidades básicas, que expresan magnitudes físicas, a partir de las cuales se determinan otras. Las unidades básicas son: metro (longitud), segundo (tiempo), kilogramo (masa), amperio (intensidad de corriente eléctrica), kelvin (temperatura), candela (intensidad luminosa) y mol (cantidad de sustancia). Las unidades pueden ir acompañadas por un prefijo que denota un múltiplo o un submúltiplo decimal de dicha unidad. A continuación, se observa la tabla de prefijos métricos y su equivalencia. De acuerdo a lo anterior es posible deducir que los prefijos son:

Prefijo métrico	Potencia de 10
mega (M)	10^{6}
kilo (k)	10^{3}
mili (m)	10^{-3}
micro (μ)	10^{-6}
nano (n)	10^{-9}
pico (p)	10^{-12}

A. Letras que se agregan al final de la palabra que cambian el significad.
B. Letras que se agregan al principio de la palabra que cambia el significado.
C. Letras que se agregan en el medio de una palabra que cambia el significado
D. Palabras normales.

15. Los materiales son las materias primas transformadas mediante procesos físicos y/o químicos, preparadas y disponibles para fabricar productos. Ejemplo de materiales son los tableros de madera, el plástico, láminas de metal, vidrio, etc. Es posible afirmar que los nanomateriales son:
    A. Los objetos producidos por el ser humano para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida.
    B. Materiales construidos por el hombre más pequeños que un micrómetro.
    C. Son las sustancias que se extraen directamente de la naturaleza. Las hay de origen animal y vegetal.
    D. Materiales sintéticos artificiales que han sido obtenidos por el hombre a partir de materiales naturales por medio de procesos físicos y químicos.

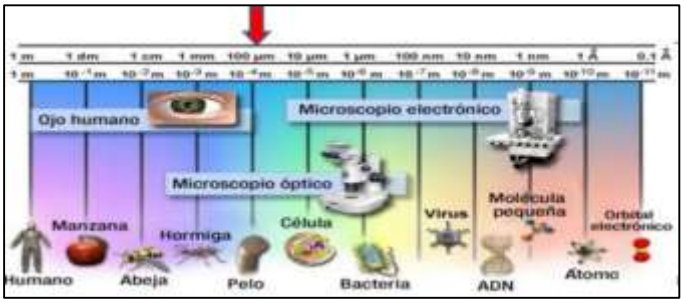
16. La nanotecnología a invadido los mercados de todo el mundo, gracias a fenómenos únicos que permiten nuevas aplicaciones, se puede afirmar que la nanotecnología involucra….

A. Conocimientos científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes o servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de las necesidades esenciales y los deseos de la humanidad.
B. El diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas a nano escala que producen estructuras, dispositivos y sistemas con al menos una propiedad novedosa y única.
C. Sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.
D. Diseño, construcción, operación, estructura, manufactura, y aplicación de los robots.

17. ¿Cuál es la escala o tamaño de un nanómetro?
    A. 1000.000.000 de veces más pequeño que un metro.
    B. 10.000 veces más pequeño que un metro.
    C. 10 veces más grande que un metro
    D. 1000 veces más grande que un metro.

18. Actualmente las nanopartículas son un área de intensa investigación científica, debido a una amplia variedad de aplicaciones potenciales en campos tales como biomédicos, ópticos, electrónicos, nanoquímica, o agricultura, su definición incluye:
    A. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 10 y 100 nanómetros
    B. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 100 nanómetros
    C. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 10 nanómetros
    D. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 1000 nanómetros.

19. La siguiente imagen muestra el instrumento por medio del cual se pueden observar diferentes objetos y microorganismos de acuerdo a su tamaño.



Teniendo en cuenta lo observado en la imagen, es posible afirmar que el elemento observado por el ojo humano y a la vez por el microscopio óptico es:
A. Una célula
B. Una manzana
C. Una bacteria
D. Un pelo

20. Que significa para ti la palabra nano:

_____
_____
_____
_____

Apéndice B: Reto Nano-Didáctico # 1

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 1

Idea general:

Medición y Observaciones en Ciencias

Objetivos:

- *Aprender acerca del manejo y la importancia de las escalas en Ciencias.*
- *Reconocer las unidades de medida según el Sistema Internacional.*
- *Reforzar el trabajo con números decimales.*
- *Identificar el término nanómetro como la mil millonésima parte de algo.*
- *Entender la notación científica como una herramienta útil para escribir números muy grandes o muy pequeños.*

- **Tiempo:** 2 sesiones de clase de 2 horas cada una.

- La guía se divide en 5 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:
  - **I.** Video de Introducción
  - **II.** Trabajo práctico con regletas de Cuiseinare
  - **III.** Lectura y socialización
  - **IV.** Reto y solución del reto
  - **V.** Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

¿y qué hay antes del 0?

Preguntas, actividades y recursos guía:

I. En primer lugar, se introduce el tema con el video:

Longitud, Palmo, Pie y Paso

https://www.youtube.com/watch?v=Cs7-qX5VcuY

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial.

II. Trabajo Práctico con Regletas de Cuiseinare:

Se organiza el salón en 7 grupos colaborativos previamente definidos, a cada grupo se le entrega un juego de Regletas de Cuiseinare y se les explica su funcionamiento.

Cada grupo debe empezar a formar diferentes números de acuerdo a las instrucciones de la docente, con este ejercicio se trabajarán los números decimales a partir de la división de la unidad y de la formación de fraccionarios que posteriormente deben convertir a decimal por medio de una calculadora.

Tomado de: https://sites.google.com/site/materialdidacticoparampcl/home/regleta-cuisenaire

- Los estudiantes deben utilizar las regletas para:

1. Dividir la unidad, utilizando la regleta más pequeña.
2. Formar los siguientes números decimales: [0,7-3,8-9,2-8,1-6,6-9,3-1,9]
3. ¿Cómo representarían los siguientes números: [0,01-0,03- 0,05- 0,009,]
4. Formar los siguientes números fraccionarios: $\left[\frac{3}{8};\ \frac{1}{5};\ \frac{2}{6};\ \frac{7}{3};\ \frac{5}{2};\ \frac{10}{4};\ \frac{8}{5}\right]$
5. Hallar la equivalencia del número fraccionario al número decimal y registrar los resultados.
6. Posteriormente utilizaran las regletas para medir diferentes objetos basándose en las equivalencias que proporcionan las mismas, se le dará a cada grupo diferentes objetos para que por medio de las regletas hallen su longitud: [Hoja de cuaderno, libro de lectura, ficha bibliográfica, lápiz, carnet, borde del pupitre].

Color	Longitud en cm
Blanco	1
Rojo	2
Verde Claro	3
Rosa	4
Amarillo	5
Verde Oscuro	6
Negro	7
Marrón	8
Azul	9
Naranja	10

Tabla 1. Equivalencias longitud vs color para aplicar con regletas de Cuisinaire

- Por último, se cerrará la actividad retroalimentando los resultados y recogiendo la impresión de os estudiantes acerca de la actividad. Se realizará ahora la lectura utilizando la estrategia cooperativa simple de lectura compartida, la cual consiste en organizar los estudiantes en grupos de cuatro, cada integrante tendrá un número 1, 2, 3 o 4.

Inician leyendo el primer párrafo los números 1 de cada grupo, al terminar el número 2 dará una pequeña explicación sobre lo leído, los integrantes 3 y 4 darán su posición, mejoraran la idea expuesta por el compañero 2, inicia la segunda ronda el integrante 2 tiene el turno de leer, el 3 de explicar y los integrantes 4 y 1 profundizar, el ejercicio se repite hasta terminar la lectura.

UNA CAPA PARA ALEXANDER

Hace mucho, mucho tiempo, en un pueblecito junto al mar, vivía un niño de nueve años que se llamaba Alexander. Alexander vivía feliz con su familia, tenía una hermana que se llamaba Roxana y que era dos años menor que él. En esos días se celebraba en el pueblo el final de la primavera y el comienza del verano con una gran fiesta, todos los habitantes del pueblo se ponían las mejores ropas que tenían y Alexander pensó que su madre podría hacerle este año una bonita capa roja, fue a buscarla y le comentó su idea, su madre estaba de acuerdo y le dijo que fuera a comprar la tela roja que necesitaba para coser la capa, "antes de que te vayas a la tienda"- le dijo- "ven aquí que voy a medirte" usando su mano , empezó a contar " uno, dos, tres, cuatro, cinco y …seis, Dios mío, ¿cómo has crecido tan rápido? Muy bien Alexander, ve con tu hermana a la tienda y dile al señor Patrick que necesitas seis palmos de tela roja y que yo se la pagaré mañana que tengo que bajar al pueblo para hacer unos recados".

Alexander y Roxana se fueron al pueblo llegaron a la tienda, entraron y el chico dijo:
" Buenas tardes señor Patrick, mi madre me ha dicho que necesita seis palmos de tela roja porque me va a hacer una capa para la fiesta de la semana que viene y que mañana vendrá a pagar la tela" El señor Patrick era enorme, medía por lo menos 2,10 metros y 2 metros de ancho, sus manos eran gigantescas, eran como dos sartenes de las grandes; cogió la tela y lentamente empezó a contar: " uno, dos, tres, cuatro, cinco y …seis" lo hizo tan despacio porque parecía que le costaba moverse a causa del gran tamaño que tenía, la verdad es que todo lo hacía muy lentamente, dobló la tela con cuidado y se la dio a Alexander, Roxana dijo " adiós y buenas tardes" lo dijo con prisa porque en realidad sentía miedo cada vez que entraba en la tienda de aquel "gigante".

Cuando Alexander y Roxana llegaron a casa entregaron a su madre la tela que tan cuidadosamente había doblado el señor Patrick, su madre la desdobló y miró enfadada a su hijo, "¿pero ¿qué has comprado? Aquí tenemos tela para hacer una capa a cada uno de la familia, te dije que compraras seis palmos no sesenta" Alexander dijo: "mamá he comprado lo que tú me dijiste, ¿verdad que sí Roxana?" Roxana asintió, entonces después de unos segundos de silencio que a Alexander le parecieron horas, su madre se dio cuenta, "claro, tenía que haberlo pensado antes, tú no tienes la culpa, ha sido falla mía, tenía que haber tenido en cuenta que mis manos son muchísimo más pequeñas que las del señor Patrick, ¡qué tremendo error!

A la mañana siguiente la madre de Alexander bajó al pueblo y pasó por la tienda del señor Patrick, le explicó lo que había sucedido, le devolvió toda la tela que no había utilizado y pagó por el resto, los dos estuvieron riéndose durante largo rato por lo que había sucedido. Más tarde se dirigió a hablar con el Consejo de los Sabios del pueblo y les contó lo que había pasado y el terrible error que había cometido, entre todos decidieron inventar un nuevo sistema de medir las cosas, EL MISMO PARA TODOS.

Autora Raquel Izaguirre

Tomado de: http://matecuentos.blogspot.com

- Posteriormente se socializa la lectura haciendo introducción al tema de unidades de medida del Sistema Internacional. Recogiendo las apreciaciones de los estudiantes.
- Se entrega una hoja que contiene las principales unidades de medida, los prefijos correspondientes, múltiplos y submúltiplos derivados del SI.
- Con el uso de diapositivas es el momento de explicar lo relacionado con unidades de medida, prefijos matemáticos, e introducir el termino de Nanómetro etc.

IV. RETO

Cada equipo debe descubrir en el menor tiempo posible palabras cifradas con ayuda del alfabeto del juego Caza-Nano, para eso es necesario transcribir una palabra sobre el tema de nanotecnología siguiendo el alfabeto cifrado. Al descubrir cada palabra buscará su significado y lo registrará. Por último, al encontrar todas las palabras las relacionarán y formarán una frase coherente.

- A cada grupo se le darán las fichas con los códigos y el alfabeto nano cifrado, También tendrán una hoja cuadriculada para que realicen las conversiones, que son obligatorias a la hora de mostrar los resultados, los integrantes del grupo deben explicar al menos un método de resolución mediante notaciones científicas. En esta fase se prohíbe el uso de calculadora.
- La docente tendrá los significados de los términos, cada grupo ganará un significado, al terminar de descifrarlo completamente.
- Durante el ejercicio la docente rotará por los distintos grupos, observando, haciendo y resolviendo preguntas pertinentes.

Solución al Reto

- A cada grupo se le darán las fichas con los códigos y el alfabeto nano cifrado, También tendrán una hoja cuadriculada para que realicen las conversiones, que son obligatorias a la hora de mostrar los resultados, los integrantes del grupo deben explicar al menos un método de resolución mediante notaciones científicas. En esta fase se prohíbe el uso de calculadora.
- La docente tendrá los significados de los términos, cada grupo ganará un significado, al terminar de descifrarlo completamente.
- Durante el ejercicio la docente rotará por los distintos grupos, observando, haciendo y resolviendo preguntas pertinentes.

- **Los estudiantes tendrán que descifrar letra por letra hasta hallar cada palabra**.

Tomado de: http://uy.tiching.com/notacion-cientifica/recurso-educativo/592023

Nano- Alfabeto

A	$7{,}89\times10^{3}$	L	$3{,}0002\times10^{-1}$	V	$4{,}5\times10^{-2}$
B	3.200	M	$3{,}013\times10^{1}$	W	1
C	0,1	N	8,3	X	10
D	$9{,}3\times10^{1}$	Ñ	0,0000000081	Y	$2{,}3\times10^{1}$
E	9×10^{-9}	O	45	Z	$1{,}2\times10^{1}$
F	$5{,}67\times10^{2}$	P	5×10^{-3}		
G	$3{,}6\times10^{7}$	Q	90.000		
H	3×10^{-1}	R	0,00000303		
I	0,0000000034	S	200		
J	$1{,}8\times10^{1}$	T	10^{2}		
K	$9{,}99\times10^{4}$	U	10^{4}		

Tabla 2. Alfabeto para cifrar palabras usando números

Tomado de: Revista de Física, No. 54E, Marzo 2017-
El Juego Caza-Nano y la Enseñanza de Nano Conceptos:
Actividades Lúdicas en la Educación Secundaria

Palabras Cifradas

PALABRA 1	
LETRA	CODIGO
E	0,000000009
S	$2X10^{2}$
C	10^{-1}
A	7890
L	0,30002
A	7890

ESCALA

PALABRA 2	
LETRA	CODIGO
N	$8,3X10^{0}$
A	7.890
N	$8,3X10^{0}$
O	45
M	30,13
E	0,000000009
T	100
R	$3,03X10^{-6}$
I	$3,4X10^{-9}$
C	$1X10^{-1}$
A	7.890

NANOMETRICO

PALABRA 3	
LETRA	CODIGO
N	$8,3X10^{0}$
A	7.890
N	$8,3X10^{0}$
O	45
T	30,13
E	0,000000009
C	100
N	$3,03X10^{-6}$
O	$3,4X10^{-9}$
L	$1X10^{-1}$
O	7.890
G	36.000.000
I	$3,4X10^{-9}$
A	7.890

NANOTECNOLOGÍA

Frase Formada

Los estudiantes pueden formar la misma frase o una muy similar

LA ESCALA NANOMÉTRICA ESENCIAL EN NANOTECNOLOGÍA
O
EN NANOTECNOLOGÍA LA ESCALA NANOMÉTRICA ES ESENCIAL

Después de terminar el desarrollo del reto y de que todos tengan sus palabras descifradas, se explicará el significado de cada palabra, así como su relación con la nanociencia y la nanotecnología. En este punto es posible abordar aspectos históricos, conceptuales y sus aplicaciones en la ciencia.

I. Evaluación y Validación:

Evaluación:

Se evalúa el reto teniendo en cuenta el grupo que mejor se desempeñó en el desarrollo del Reto, utilizando este momento para retroalimentar los resultados. Luego se aplica un test corto formal aplicado por medio de la plataforma Quizziz, con preguntas de opción múltiple, el proceso también se evalúa, con lo observado en cada sesión y las percepciones recogidas.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del primer Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 1*" se colocará un pliego de papel Kraft en el salón y se les pedirá a los estudiantes que escriban lo que piensan de las actividades desarrolladas, los retos o lo alcanzado, es decir que expresen su opinión sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la guía.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes a los que se harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan a los estudiantes y fortalecen el proceso reflexivo.

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta primera ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *Indagar sobre qué cosas, objetos o sustancias tienen tamaño nano y como lo demuestran.*
2. *¿Qué significa ipod nano y por qué su nombre?*
3. *Dialogar con los padres y amigos sobre la evolución del tamaño de las cosas, ¿cuáles eran grandes y ahora presentan tamaños más pequeños? La intención es que se den explicaciones de por qué sucede esto.*

Los subtítulos resaltados con color verde evidencian la secuencia utilizada por el Aprendizaje Basado en Retos.

Apéndice C: Nano-Test # 1

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

GRADO 502 - CIENCIAS NANO

NANO- TEST; RETO NANO- DIDÁCTICO – 1

1. En matemáticas, el Sistema Internacional de Unidades (abreviado SI), fue instaurada en 1960 por la «Conferencia General de Pesas y Medidas». Consta de siete unidades básicas, que expresan magnitudes físicas, a partir de las cuales se determinan otras. Las unidades básicas son: metro (longitud), segundo (tiempo), kilogramo (masa), amperio (intensidad de corriente eléctrica), kelvin (temperatura), candela (intensidad luminosa) y mol (cantidad de sustancia). Las unidades pueden ir acompañadas por un prefijo que denota un múltiplo o un submúltiplo decimal de dicha unidad. A continuación, se observa la tabla de prefijos métricos y su equivalencia

Prefijo métrico	Potencia de 10
mega (M)	10^{6}
kilo (k)	10^{3}
mili (m)	10^{-3}
micro (μ)	10^{-6}
nano (n)	10^{-9}
pico (p)	10^{-12}

De acuerdo a lo anterior es posible deducir que los prefijos son:

A. Letras que se agregan al final de la palabra que cambian el significado
B. Letras que se agregan al principio de la palabra que cambia el significado
C. Letras que se agregan en el medio de una palabra que cambia el significado
D. Palabras normales

2. ¿Cuál es la escala o tamaño de un nanómetro?

A. 1.000.000.000 de veces más pequeño que un metro.
B. 10.000 veces más pequeño que un metro.
C. 1.000.000 veces más grande que un metro
D. 1000 veces más grande que un metro.

3. Existen unidades de medidas mayores que el metro que se utilizan para medir objetos con dimensiones muy grandes y unidades de medida para medir objetos muy pequeños, las cuales se conocen como múltiplos y submúltiplos respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, haciendo uso de un múltiplo del sistema métrico podríamos determinar la longitud de:

A. La longitud de un cabello
B. La distancia de la tierra a la Luna
C. La longitud de una aguja
D. La longitud de una regla

4. Juan juega con una perinola de seis caras iguales como la que se observa a continuación: Cada cara está marcada con una de las siguientes frases: "**TODOS PONEN",” TOMA UNO", "TOMA DOS", "TOMA TODO", "PON UNO", "PON DOS**".

   ¿Cuál es la probabilidad de que, al hacer girar la perinola, salga en la cara de arriba "**TODOS PONEN**"?

   A. $\frac{1}{3}$ B. $\frac{1}{5}$ C. $\frac{1}{6}$ D. $\frac{2}{3}$

5. Los números decimales se utilizan para representar números más pequeños que la unidad. ¿De los siguientes números, el que es mayor que 0,79 y menor que 0,8 es?
   A. 0,790
   B. 0,793
   C. 0,80
   D. 0,81
6. El planeta tierra está a 150.000.000 millones de kilómetros del sol. Este número en notación científica es:
   A. $1,5 \times 10^{8}$ km
   B. $0,15 \times 10^{10}$ km
   C. $1,5 \times 10^{-10}$ km
   D. $0,15 \times 10^{8}$ km
7. El tamaño de un glóbulo rojo es de aproximadamente $7,5\times10^{-7}$ mm. ¿Cuál de los siguientes números representa la forma decimal de la notación científica?
   A. 0,000 000 75
   B. 0,000 000 007 5
   C. 0,000 75
   D. 70 000 000,5
8. El nanómetro es esencial en las investigaciones sobre nanociencia y nanotecnología, ¿Cuál de las siguientes características no describe al nanómetro como unidad de medida?
   A. Es un submúltiplo del Sistema Internacional de unidades.
   B. Su símbolo es nm.
   C. Se utiliza para estimar medidas extremadamente grandes.
   D. Es una unidad de longitud del sistema internacional de unidades.
9. La notación científica es una herramienta ampliamente utilizada en matemáticas para:
   A. Escribir números fraccionarios
   B. Escribir números únicamente menores que 0.
   C. Escribir números muy grandes o muy pequeños de forma abreviada.
   D. Escribir números únicamente menores que 0.
10. De acuerdo a lo visto en la primera guía de trabajo, explica con tus palabras que significa "nano":

    _____

Apéndice D: Reto Nano-Didáctico # 2

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 2

Idea general: **Escalas de Tamaños en Ciencias**

Objetivos:

- *Aprender acerca del manejo y la importancia de las escalas en Ciencias.*
- *Reconocer las escalas macro, micro y nano en ciencias naturales.*
- *Identificar organismos microscópicos y nanoscópicos.*
- *Introducir el termino nanotecnología a partir de la variedad del nano mundo.*

- **Tiempo:** 2 sesiones de clase de 2 horas cada una.
- La guía se divide en 6 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:

I. Video de Introducción
II. Medición de Estaturas
III. Ejercicio mental
IV. Recorrido gráfico por las diferentes escalas. (Diapositivas y video)
V. Reto y solución del reto
VI. Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

¿Qué es más grande un VIRUS o una CÉLULA?

Preguntas, actividades y recursos guía:

I. En primer lugar, se introduce el tema con el video:

Al ver lo invisible
https://www.biointeractive.org/es/classroom-resources/vida-animada-al-ver-lo-invisible

Fuente: https://www.biointeractive.org/es

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial.

II. Medición de Estaturas: Los estudiantes deben llevar a la clase una cinta métrica puede ser de costura o de construcción, la instrucción es buscar la manera de medir la estatura de sus compañeros de grupo con el instrumento traído a clase y registrar los resultados en metros.

Al finalizar el tiempo destinado para esta actividad, se realizará una socialización sobre las dificultades que se presentaron, los métodos utilizados, los datos obtenidos. El objetivo de la actividad es recalcar la importancia de la medición en ciencias, haciendo énfasis en las diferentes formas en que se pueden hacer mediciones y utilizar la escala métrica como un pretexto para hablar de las diferentes escalas.

III. Ejercicio Mental:

Recorrido hacia el maravilloso mundo Nano

Se organiza el salón en mesa redonda, se les pide a los estudiantes que cierren los ojos y apoyen su cabeza sobre él pupitre, la docente ira narrando a manera de historia un viaje desde lo "grande" a lo "pequeño", hasta llegar a la escala nanométrica, los niños tendrán que usar su imaginación se subirán a una nave llamada "MacroNano 19"que aumenta o disminuye el tamaño de las cosas en un factor de 1000. Mediante un juego mental, y aplicando esta máquina imaginaria, se convierte un metro en un milímetro, un milímetro en una micra, y una micra en un nanómetro.

Objeto o Ser	Tamaño mm
Hormiga	4
Semilla Girasol	7
Grano de arroz	5
Pulga	2
Piojo	3

Se comienza asumiendo que un alumno tiene un tamaño de un metro para simplificar las operaciones. Se recuerda a los alumnos la actividad anterior en donde se trabajó con la cinta métrica. Comenzamos aplicando un hipotético aumento de un factor 1000 a un alumno y preguntando a los alumnos por el tamaño resultante. La respuesta debe ser 1000 metros, es decir, un kilómetro (1km = 1000 m). Se puede recordar que el prefijo "kilo" hace referencia a 1000 unidades. Se colocan ejemplos con distancias medidas en kilómetros y se pueden poner ejemplos de distancias a lugares o localidades cercanos. Se hacen comparaciones en cada momento y preguntas que los niños deben ir respondiendo y se hace énfasis en la ***Macroescala.***

- *¿Cómo se ve el alumno gigante respecto a los edificios de la ciudad?*
- *¿Cómo se ve una casa para el alumno gigante?*

Posteriormente se pide a los estudiantes que vuelvan a su tamaño normal de 1 metro, y se pide que ahora se reduzca en un factor de 1000. Se plantean preguntas sobre el tamaño resultante para conocer la respuesta de los alumnos. El alumno resultante medirá un milímetro (1 mm=0,001 m).

Milímetro quiere decir la milésima parte de un metro, se usará la regla para recordar a los alumnos el tamaño equivalente a un milímetro, se nombrar seres u objetos con tamaños similares y se es pide que se imaginen como cada uno de estos:

Ahora se realiza la propuesta de volver a reducir a nuestro alumno otro factor 1000. Se pregunta a los alumnos sobre el tamaño resultante. El alumno habrá pasado a medir un micrómetro o micra, la milésima parte de un milímetro o la millonésima parte de un metro (1 micrómetro = 1µm = 0,001 mm = 0,000001 m). Se explica utilizando la notación exponencial 1µm = 10^{-6} m.

- *¿Qué podemos citar que tenga un tamaño en micras?*
- *Se nombrar seres u objetos con tamaños similares y se es pide que se imaginen como cada uno de estos:*
- *Se hace referencia en la escala **Micrométrica.***
- *Por último, la docente propondrá una nueva reducción de un factor mil de nuestro alumno de tamaño micrométrico El resultado será un alumno con un tamaño 1000 veces más pequeños que una micra o un millón de veces más pequeño que un milímetro. Estamos hablando de un nanómetro (1 nm = 0,001 µm = 0,000001 mm = 0,000000001 m). Se explica exponencialmente, 1 nm= 10^{-9} m. En este momento se debe recordar que el prefijo griego "nano" significa diminuto. Nuevamente se debe preguntar a los alumnos sobre los objetos que tendrían un tamaño similar al del alumno ultra-reducido. Dichos objetos son átomos y moléculas. Se hace referencia en la escala **Nanométrica.***

Objeto o Ser	Tamaño µm
Bacteria	2
Glóbulo Rojo	7
Cloroplastos	2 -6
Grano de Polen	2.5
Ameba	700

Éste es un buen momento para recordar, en función del nivel académico de los estudiantes, que todo lo que nos rodea está hecho con átomos que pertenecen a diversas especies químicas y que dichas especies, que no son muchas, están catalogadas en la denominada "Tabla Periódica de los elementos". A su vez los átomos se combinan entre sí para formar moléculas con estructuras sencillas, como el agua, el amoniaco o el monóxido de carbono, o muy complejas como el ADN o una proteína.

La anterior actividad fue tomada y adaptada del libro" Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria" de la Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, (2014)(P. Serena et al., 2014).

IV. Recorrido gráfico por las diferentes escalas:

En esta etapa la docente hace un recorrido por las diferentes escalas, ilustrando mediante imágenes muy llamativas, mostrando a la vez dimensiones y tamaños, la explicación iniciará con la macroescala, luego se amplía un poco más la escala microscópica para a partir de esta introducir a los estudiantes en la nanoescala. El apoyo visual mediante diapositivas, fotos, e incluso observaciones microscópicas es fundamental para dar a entender el tema.

Durante la exposición se harán preguntas que orienten la discusión como: ¿Qué tan grande es un grano de arroz, un cristal de sal, en relación al tamaño de cada uno de los estudiantes?, ¿cuántos granos de arroz se necesitarían para llenar una piscina? ¿Cómo se podría contar la cantidad de peces en el océano o la cantidad de árboles en el Amazonas? ¿Es posible contar los cabellos que hay en la cabeza de un ser humano?

- Posteriormente se empieza la discusión sobre números grandes y pequeños, en relación a la cotidianidad, se puede dar inicio preguntándoles sobre que números grandes o pequeños han escuchado. Al hablar de la escala nanosccópica se darán ejemplos haciendo uso de analogías:

  - *Las uñas del ser humano crecen a un ritmo de 1 nanómetro (nm; 10^{-9}metros) por segundo.*
  - *El principal responsable del resfriado común es un virus que tiene un diámetro de 30 nm.*
  - *Una membrana celular mide unos 9 nm.*
  - *La doble hélice del ADN mide unos 2 nm.*

- *¿Qué podemos citar que tenga un tamaño en micras?*
- *Se nombrar seres u objetos con tamaños similares y se es pide que se imaginen como cada uno de estos:*
- *Se hace referencia en la escala **Micrométrica.***
- *Por último, la docente propondrá una nueva reducción de un factor mil de nuestro alumno de tamaño micrométrico El resultado será un alumno con un tamaño 1000 veces más pequeños que una micra o un millón de veces más pequeño que un milímetro. Estamos hablando de un nanómetro (1 nm = 0,001 µm = 0,000001 mm = 0,000000001 m). Se explica exponencialmente, 1 nm= 10^{-9} m. En este momento se debe recordar que el prefijo griego "nano" significa diminuto. Nuevamente se debe preguntar a los alumnos sobre los objetos que tendrían un tamaño similar al del alumno ultra-reducido. Dichos objetos son átomos y moléculas. Se hace referencia en la escala **Nanométrica.***

Objeto o Ser	Tamaño µm
Bacteria	2
Glóbulo Rojo	7
Cloroplastos	2 -6
Grano de Polen	2.5
Ameba	700

Éste es un buen momento para recordar, en función del nivel académico de los estudiantes, que todo lo que nos rodea está hecho con átomos que pertenecen a diversas especies químicas y que dichas especies, que no son muchas, están catalogadas en la denominada "Tabla Periódica de los elementos". A su vez los átomos se combinan entre sí para formar moléculas con estructuras sencillas, como el agua, el amoniaco o el monóxido de carbono, o muy complejas como el ADN o una proteína.

La anterior actividad fue tomada y adaptada del libro" Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria" de la Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, (2014)(P. Serena et al., 2014).

IV. Recorrido gráfico por las diferentes escalas:

En esta etapa la docente hace un recorrido por las diferentes escalas, ilustrando mediante imágenes muy llamativas, mostrando a la vez dimensiones y tamaños, la explicación iniciará con la macroescala, luego se amplía un poco más la escala microscópica para a partir de esta introducir a los estudiantes en la nanoescala. El apoyo visual mediante diapositivas, fotos, e incluso observaciones microscópicas es fundamental para dar a entender el tema.

Durante la exposición se harán preguntas que orienten la discusión como: ¿Qué tan grande es un grano de arroz, un cristal de sal, en relación al tamaño de cada uno de los estudiantes?, ¿cuántos granos de arroz se necesitarían para llenar una piscina? ¿Cómo se podría contar la cantidad de peces en el océano o la cantidad de árboles en el Amazonas? ¿Es posible contar los cabellos que hay en la cabeza de un ser humano?

- Posteriormente se empieza la discusión sobre números grandes y pequeños, en relación a la cotidianidad, se puede dar inicio preguntándoles sobre que números grandes o pequeños han escuchado. Al hablar de la escala nanosccópica se darán ejemplos haciendo uso de analogías:

  - *Las uñas del ser humano crecen a un ritmo de 1 nanómetro (nm; 10^{-9}metros) por segundo.*
  - *El principal responsable del resfriado común es un virus que tiene un diámetro de 30 nm.*
  - *Una membrana celular mide unos 9 nm.*
  - *La doble hélice del ADN mide unos 2 nm.*

Al final de la explicación se proyectará el video "Blanqueamiento de Corales" que permitirá entender una aplicación práctica de las diferentes escalas en ciencias naturales.

Blanqueamiento de Corales

https://www.biointeractive.org/es/classroom-resources/blanqueamiento-de-coral

Fuente: https://www.biointeractive.org/es

- Posteriormente se cerrará la actividad socializando preguntas a los estudiantes sobre ¿Cómo relacionamos lo visto en el video con las escalas en ciencias naturales?

V. RETO

Cada equipo debe construir a escala un integrante de cada nivel (macroscópico, microscópico Y nanoscópico) el grupo debe ser estratégico a la hora de tomar medidas para escalar muy bien sus dibujos. Como regla general las medidas que se proponen deben coincidir con lo dibujado, se tendrá en cuenta también el parecido de los dibujos con la realidad, la creatividad, la presentación entre otros. (Debe pensar los dibujos de tal manera que sean útiles para enseñar a niños de grados inferiores)

Solución al Reto

Se dará una tabla con los valores en tamaño de diferentes organismos, los estudiantes seleccionaran un dibujo de cada escala (Macro, Micro y Nano) y adaptaran las medidas para poder ser plasmadas en el papel.

EJEMPLOS DE CADA ESCALA

MACROESCALA	
Objeto o Ser	Tamaño mm
Hormiga	4
Semilla Girasol	7
Grano de arroz	5
Pulga	2
Piojo	3

MICROESCALA	
Objeto o Ser	Tamaño µm
Bacteria	2
Rotavirus	7
virus de Influenza	2 -6
Grano de Polen	2.5
Ameba	700

NANOESCALA	
Objeto o Ser	Tamaño nm
ADN	Diametro: 2,1 nm Longitud: 1 m
Rotavirus	70 –75 nm
virus de Influenza	80-125 nm

La orientación de la docente en esta etapa es fundamental, ya que deberá indicar a los niños como realizar las conversiones necesarias para hacer los dibujos. Indicando el número de veces que cabe un organismo en otro.

VI. Evaluación y Validación:

Evaluación:

Para la evaluación del Reto se debe tener en cuenta que las conversiones realizadas estén bien hechas, es un momento que se aprovecha para la retroalimentación al tema de conversión de unidades sencillas. El momento se alimenta con la heteroevaluación entre los grupos. Se aplicará un test corto con preguntas de opción múltiple, formal aplicado por medio de la plataforma Quizziz, el proceso también será evaluado, con la observación continua durante cada sesión.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del segundo Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 2*" se colocará un pliego de papel Kraft en el salón y se les pedirá a los estudiantes que escriban lo que piensan de las actividades desarrolladas, los retos o los resultados alcanzados, es decir que expresen su opinión sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la ficha.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes a los que se harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan a los estudiantes y fortalecen el proceso reflexivo.

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta segunda ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *Consultar 2 aplicaciones de la nanotecnología en la medicina explicar brevemente cada una.*
2. *¿Qué se puede medir en la escala nanométrica?*
3. *¿Qué significa shampoo con nanoparticulas de queratina*

Los subtítulos resaltados con color verde evidencian la secuencia utilizada por el Aprendizaje Basado en Retos.

Apéndice E: Nano-Test # 2

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

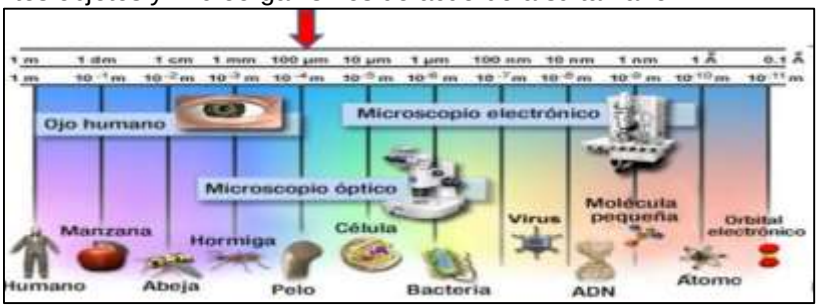
GRADO 502 - CIENCIAS NANO

NANO- TEST; RETO NANO- DIDÁCTICO – 2

1. Cuando hablamos de tamaños, podemos encontrar objetos extremadamente grandes y otros muy pequeños, por ejemplo, los pequeños insectos como las pulgas tienen un tamaño que oscila de 1.5 a 3.3 mm, mientras que la cabeza de un alfiler puede medir cerca de 2 mm, un grano de arroz crudo tiene aproximadamente 5.2 mm y así podemos citar innumerables ejemplos. Entonces es posible afirmar que la opción que muestra el menor tamaño es:
   A. Una pulga
   B. Un grano de arroz
   C. Un grano de arena
   D. La cabeza de un alfiler
2. El mundo animal es de lo más interesante y variado, en la siguiente tabla se presentan medidas aproximadas del tamaño de algunos animales enormes.

ANIMAL	TAMAÑO
Elefante	7,5 metros de largo, más de 4 metros de alto y un majestuoso peso de hasta 7 toneladas y media
Cocodrilo	6 metros de largo y un peso de entre 500 y 1000 kilogramos,
Ballena	30 metros de longitud y hasta 180 toneladas de peso.
Oso Polar	Miden entre 2 y 3 metros de largo, pesan más de 1000 kilogramos

3. Actualmente las nanopartículas son un área de intensa investigación científica, debido a una amplia variedad de aplicaciones potenciales en campos tales como biomédicos, ópticos, electrónicos, nanoquímica, o agricultura, su definición incluye:
   A. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 10 y 100 nanómetros.
   B. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 100 nanómetros.
   C. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 10 nanómetros.
   D. Una única partícula de materia cuyo tamaño oscila entre 1 y 1000 nanómetros.
4. La siguiente imagen muestra el instrumento por medio del cual se pueden observar diferentes objetos y microorganismos de acuerdo a su tamaño:



Teniendo en cuenta lo observado en la imagen, es posible afirmar que el elemento observado por el ojo humano y a la vez por el microscopio óptico es:

A. Una célula
B. Una manzana
C. Una bacteria
D. Un pelo

5. La nanociencia y la nanotecnología son el estudio y la aplicación respectivamente, de la materia extremadamente pequeña , es decir la manipulación de la materia a escala nanométrica. La más temprana y difundida descripción de la nanotecnología se refiere a la meta tecnológica particular de manipular en forma precisa los átomos y moléculas con un objetivo practico. En este orden de ideas la nanotecnología manipula la materia en una escala de:

A. 1 a 100 nm
B. 10 a 100 nm
C. 1 a 1000 nm
D. 10 a 1000 nm

6. El Sistema Internacional de Medida, (SI) acoge múltiplos y submúltiplos para trabajar medidas muy grandes o muy pequeñas respectivamente, entre los submúltiplos encontramos el nanómetro, para medidas en este caso más pequeñas que un metro y que corresponde según definición a:

A. Un nanómetro es una unidad de medida de la longitud que equivale a una milésima parte de un metro.
B. Un nanómetro es una unidad de medida de la longitud que equivale a una billonésima parte de un metro.
C. Un nanómetro es una unidad de medida de la longitud que equivale a una mil millonésima parte de un metro.
D. Un nanómetro es una unidad de medida de la longitud que equivale a una millonésima parte de un metro.

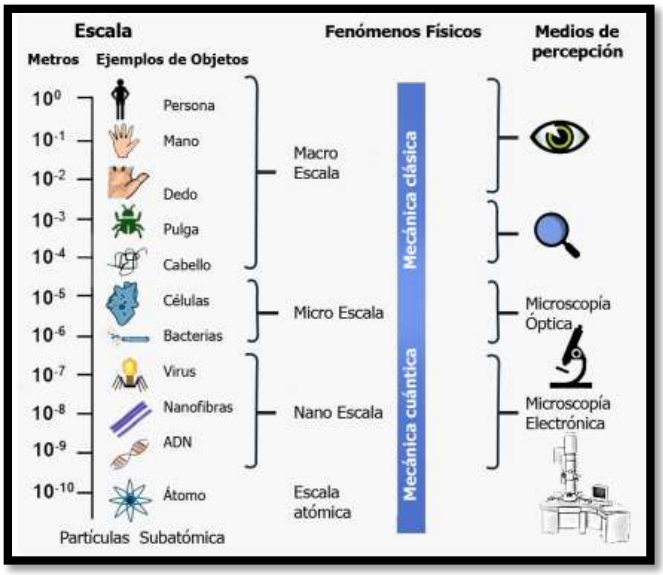
7. Miguel mide 1,74 metros, Luis 190 centímetros y a José le quedan 12 centímetros para medir 2 metros. ¿Cuál de los tres es el más bajito?

A. Miguel
B. Luis
C. José
D. Los tres miden igual

8. El nanómetro es esencial en las investigaciones sobre nanociencia y nanotecnología, ¿Cuál de las siguientes características NO describe al nanómetro como unidad de medida?

A. Es un submúltiplo del Sistema Internacional de unidades.
B. Su símbolo es nm.
C. Se utiliza para estimar medidas extremadamente grandes.
D. Es una unidad de longitud del sistema internacional de unidades.

9. En la imagen podemos observar los valores en metros del tamaño de objetos de cada una de las tres escalas al mismo tiempo se observa el medio de percepción más optimo, teniendo en cuenta la información que proporciona la imagen ¿El tamaño de un virus y su medio de percepción respectivamente será?



A. 0,001 m – Lupa
B. 0,000001- Microscopía Óptica
C. 0,01 – Ojo Humano
D. 0,0000001- Microscopía Electrónica

10. ¿Cuántos cm mide el camión?
A. 100
B. 300
C. 1.000
D. 10.000

- *Lo más maravilloso de la ciencia es que esta viva.* ***Richard Freyman***

Apéndice F: Reto Nano- Didáctico # 3

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 3

Idea general:

Efectos del Tamaño en Nanotecnología

Objetivos:

- *Reconocer propiedades de la materia.*
- *Adquirir conocimientos básicos sobre la relación entre el tamaño del objeto y sus propiedades.*
- *Introducción a la nanotecnología a partir de aplicaciones importantes para la humanidad.*
- *La importancia de los efectos de tamaño en la nanotecnología, el tamaño y su efecto en las propiedades de los nanosistemas.*

- **Tiempo:** 2 sesiones de clase de 2 horas cada una.

La guía se divide en 5 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:

I. Video de Introducción
II. Experimentos
III. Orientación por parte del docente (Diapositivas y video)
IV. Reto y solución del reto
V. Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

- **La guía gira en torno a la pregunta:**

¿Por qué debemos SABER sobre Nanociencia y Nanotecnología?

Preguntas, actividades y recursos guía :

I. **En primer lugar, se introduce el tema con el video:**

Nanotecnología Para Niños

https://www.youtube.com/watch?v=VEXLh06Bb6M

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial,

¿De qué están hechas las cosas a nuestro alrededor?

¿Qué nos enseña el video?,

¿Qué es lo más importante que nos muestra?

¿Cuáles son las propiedades de la materia?

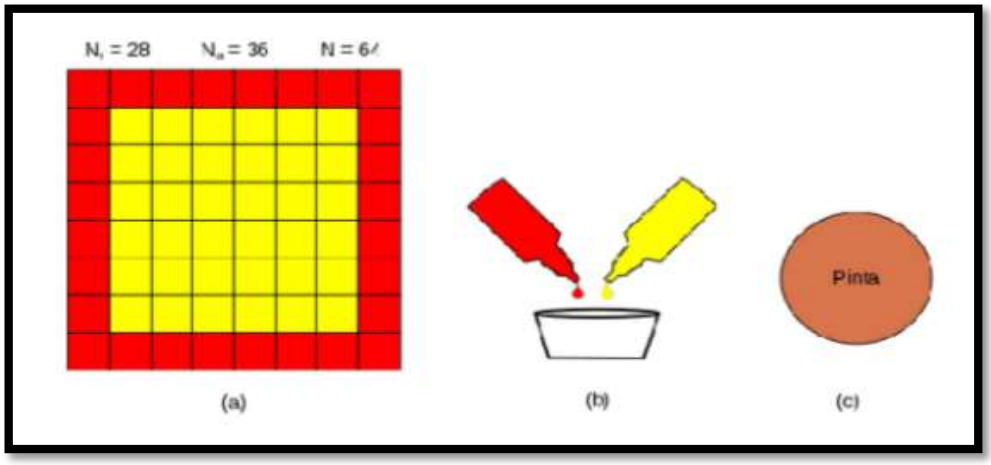
¿Por qué son importantes estas propiedades?

II. Experimentos

1. Efecto del Tamaño en la Solubilidad:

Por medio de una práctica demostrativa el docente realiza la siguiente experiencia:
Se toman dos vasos con100 ml de agua, se marcan con los números 1 y 2, con una cucharada medidora al vaso 1 se le agrega una cucharada de azúcar en cristales, al vaso 2 se le agrega una cucharada de azúcar tipo glas en polvo, ambas cucharadas se adicionan al mismo tiempo, los estudiantes deben tomar el tiempo que tarda en disolverse la totalidad de azúcar en cada vaso.
Posteriormente se abre la discusión, El/la docente explicará que la reactividad de un material está relacionada con varios factores, pero uno es la superficie que dicho material tiene para interaccionar con otras sustancias.

2. Efecto del Tamaño sobre el Color:



Tomado de: *Libro Guía Didáctica Para la Enseñanza de Nanotecnología en Educación Básica Primaria.*

Organizados de a parejas, a cada grupo se les dará dos cuadrados como los mostrados en la figura anterior, pero de diferente tamaño, para que sea posible comparar los efectos del color de acuerdo al tamaño.
Los estudiantes deben pintar cada cuadrado y realizar la mezcla, adicionalmente deben hallar la siguiente relación:

Estimación de la importancia del borde en diversos objetos geométricos sencillos
Los estudiantes deben numerar cada cuadradito, se les pide que cuenten (para cada objeto) el número de cuadrados en el borde: como hemos propuesto pintarlos de rojo, llamamos a este número **Nr**. Igualmente, se les pide que cuenten el número de cuadrados en el interior como hemos propuesto pintarlos de amarillo, llamamos a este número **Na.** De esta forma el número total de cuadrados que forman el objeto estará dado por:

$$\mathbf{Nr + Na = N_{total}}$$

La anterior actividad fue tomada y adaptada del libro" Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria" de la Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología, (2014)(P. Serena et al., 2014).

III. Orientación Por Parte del Docente:

Se le pide al alumno reflexionar cuán rápido puede cambiar la "propiedad de color" al disminuir el tamaño, la influencia entre el borde y el tamaño sobre las propiedades de los nano-sistemas.

Para iniciar la discusión se plantearán una serie de cuestiones:

- **¿Por qué cambia el color que corresponde a un objeto determinado?**
- **¿Está este cambio relacionado a su tamaño? ¿Por qué?**
- **¿Qué tiene que ver el borde en dichos cambios de color?**

Con las respuestas y consiguiente debate los/as alumnos/as deben reflexionar sobre cuán dramático puede ser este efecto en sistemas muchos más pequeños como los nano-sistemas. Para fomentar la discusión de estos temas, se recuerda a los alumnos que un cuadradito puede representar un "átomo o molécula" del orden de 0.1-0.3 nm y que, por consiguiente, los objetos discutidos en esta guía pueden corresponder a sistemas de tamaño nanométricos. Así, se pueden entender porque otras propiedades más complejas (eléctricas, mecánicas, magnéticas, entre otras) de los nano-sistemas cambian tan rápido con el tamaño y como esos cambios pueden afectar sus propiedades. Con ello, se espera que el grupo pueda entender el funcionamiento de estos componentes básicos y como ello es fundamental para la nanotecnología porque de esta forma los científicos pueden aplicar y manipular su tamaño para diseñar dispositivos para aplicaciones tecnológicas muy variadas.

Con ayuda de diapositivas, que incluyen material animado y expresivo, se orienta al grupo sobre los efectos clásicos del tamaño en las propiedades de la materia, se hace énfasis en que a medida que un material se presenta en forma de grano, polvo, nanopolvo, etc se modifican ciertas propiedades por el hecho de aumentar su radio, superficie/volumen (Pedro Serena, 2015)

- **Otros efectos a tener en cuenta son:**

- Más pequeño: más reactivo.
- Más pequeño: más poder de penetración.
- Más pequeño: más poder de filtración.
- Más pequeño: más capacidad de procesado de datos
- Más pequeño: mayor capacidad de almacenamiento

- **Para el desarrollo de la guía se requiere:**

- *2 vasos de vidrio*
- *Azúcar normal en cristales*
- *Azúcar glas en polvo*
- *Cronometro*
- *Hojas blancas tamaño carta*
- *Hojas con cuadrados impresos*
- *Tempera de color rojo y amarillo*
- *Pincel*
- *Diapositivas*
- *Tablets*
- *videos*
- *Pliego de cartulina o papel Kraft*
- *videos*
- *Pliego de cartulina o papel Kraft*

IV. RETO

Cada equipo debe consultar el mayor número de aplicaciones en nanotecnología, cuyos fines causen beneficios para la humanidad, para que cada consulta sea tenida en cuenta debe cumplir con unos requisitos base, que se explicaran a continuación.

Requisitos del Reto:

- *Las aplicaciones pueden ser en cualquier campo, pero deben causar un beneficio claro a la humanidad.*
- *La consulta se debe entregar impresa y con la siguiente información;*
    1. *Título: Nombre de la aplicación nanotecnológica.*
    2. *Área de aplicación*
    3. *Beneficio que causa a la humanidad.*
    4. *Dibujo, puedo ser impreso o dibujado*

Solución al Reto

En esta fase es importante socializar las consultas hechas por los niños, y a partir de estas ampliar el panorama sobre la diversidad de aplicaciones que la nanotecnología brinda, haciendo hincapié en el mercado tecnológico, en los beneficios para la sociedad sobre todo a nivel de la industria cosmética, textil y el campo de la medicina.

Esta actividad es el inicio de la parte final del proyecto, pues a partir de las aplicaciones consultadas, cada grupo tendrá que seleccionar una la que más les haya llamado la atención para luego ampliar la consulta sobre dicha aplicación y así preparar la exposición final en el cierre del proyecto.

Durante las actividades la docente rotará por los distintos grupos, observando, haciendo y resolviendo preguntas pertinentes y planteando a la vez preguntas que impulsen a los estudiantes a ir más allá.

I. Evaluación y Validación:

Evaluación:

La evaluación del Reto se realiza en clase, dando un espacio a cada grupo para que socialice los resultados de la consulta realizada; haciendo énfasis en este momento de las variadas aplicaciones que ofrece la Nanotecnología. Adicionalmente, se aplicará un test corto, en este caso será escrito y de pregunta abierta, con el fin de identificar las percepciones de los estudiantes después de la aplicación de la guía, el proceso también será evaluado con la observación continua durante cada sesión, para lo cual se ira registrando en el diario de campo.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del tercer Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 3"* se colocará un pliego de papel Kraft en el salón y se les pedirá a los estudiantes que escriban lo que piensan de las actividades desarrolladas, los retos o los resultados alcanzados, es decir que expresen su opinión sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la ficha.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes diferentes a los entrevistados hasta el momento, a los que se les harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan a los estudiantes y fortalecen el proceso reflexivo.

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta tercera ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *1. Consultar ¿Qué es el efecto loto?*
2. *2. Realizar dibujos que ejemplifiquen el efecto loto.*

Apéndice G: Nano- Test # 3

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

GRADO 502 - CIENCIAS NANO

NANO- TEST; RETO NANO- DIDÁCTICO – 3

1. ¿Qué es un nanómetro, defínalo con sus palabras?

2. ¿Nombre y describa al menos un efecto del tamaño en las propiedades del material?

3. Hasta el momento, con lo que hemos visto ¿Por qué es importante la nanotecnología?

Apéndice H: Reto Nano- Didáctico # 4

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 4

Idea general: **Efecto Loto y Nanotecnología**

Objetivos:

- *Reconocer algunas propiedades de la materia.*
- *Identificar que es el efecto loto y como se presenta.*
- *Dar ejemplos de superficies hidrofóbicas.*
- *Revisar la aplicación de superficies superhidrofóbicas en la nanotecnología.*

- **Tiempo:** 2 sesiones de clase de 2 horas cada una.

La guía se divide en 5 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:

I. Videos de Introducción
II. Experimentos
III. Orientación por parte del docente (Diapositivas y video)
IV. Reto y solución del reto
V. Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

- **La guía gira en torno a la pregunta:**

¿Es posible que una gota de agua rebote sobre una superficie sin mojarla?

Preguntas, actividades y recursos guía:

I. En primer lugar, se introduce el tema con el video:

Tejidos y pinturas impermeables y autolavables
https://www.youtube.com/watch?v=ZkpHpek83xg

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial.

¿De qué están hechas las cosas a nuestro alrededor?
¿Qué nos enseña el video?
¿Qué es lo más importante que nos muestra?
¿Qué quiere decir impermeable?
¿Qué quiere decir auto lavable?

Ride of the water Droplets

https://www.youtube.com/watch?v=UG4IMfH7I3E#action=share

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial, ¿Qué nos enseña el video?
- Dibuja en una página completa dos imágenes de las observadas en el video.

II. Experimentos: Se organiza el salón en grupos de trabajo y se realizan los siguientes experimentos.

1. **Vaselina Como Impermeabilizante:**

Con este experimento se busca mostrar cómo actúa una sustancia impermeabilizante en este caso la vaselina, una toalla pequeña se divide en dos partes iguales a un lado se aplica suficiente vaselina y al otro lado se deja normal, Luego se coloca la toalla sobre una superficie y se agrega una pequeña cantidad de agua en cada lado.

Se observará que en el lado que no tiene vaselina traspasa totalmente el agua, mientras que el lado con vaselina nos mostrará cómo funciona un tipo de superficie hidrofóbica.

El/la docente explican sobre los componentes de la vaselina que la hace ser hidrofóbica.

1. **Laberinto Con Agua:**

A manera de practica demostrativa se coloca sobre una superficie de madera cinta negra, formando una especie de laberinto, como lo muestra la siguiente figura
Posteriormente se pasa cera de una vela blanca sobre toda la superficie, asegurándose que no queden espacios sin cera se eliminan excesos de la misma, luego se retira la cinta y se adiciona agua con colorante, se podrá observar como el agua se ubica en donde se encontraba la cinta formando el mismo laberinto, pero ahora con agua, como se muestra en la figura.

Laberinto de agua, experimento

Idea de experimento e imágenes Tomadas de:
https://www.youtube.com/watch?v=TndYdtC1hf4&list=RDCMUCGcfdQLfk4Whqcq-pOR9CmQ&start_radio=1&t=108

III. Orientación Por Parte del Docente:

Se le pide al alumno reflexionar sobre lo aprendido con los experimentos los cuales hablan por sí solos.

Para iniciar la discusión se plantearán una serie de cuestiones

¿Qué es una superficie hidrofóbica?
¿Qué quiere decir impermeabilizante?
¿Qué quiere decir autolavado?
¿Qué otras superficies hidrofóbicas conoces?

Con ayuda de diapositivas, que incluyen material animado y expresivo, se orienta al grupo sobre los materiales hidrofóbicos, haciendo énfasis en las propiedades de la materia, posteriormente se habla sobre lo importante que son para la nanotecnología las superficies hidrofóbicas, mostrando aplicaciones en este campo. Enfatizando en nuevas soluciones a nivel nanométrico que benefician a la humanidad.

- Efecto loto en la naturaleza
- De la naturaleza a la industria
- Superficies superhidrofóbicas.
- Celulares a prueba de agua
- Zapatos anti-suciedad
- Recubrimiento hidrofóbico en construcción
- Superficies hidrofóbicas en la industria textil

Se ambienta la explicación con videos relacionados con aplicaciones concretas de nanotecnología, para el beneficio del hombre:

- **https://www.youtube.com/watch?v=IPM8OR6W6WE&feature=youtu.be**
- **https://stgo.es/2013/02/nanotecnologia-hidrofobica-materiales/**

Para el desarrollo de la guía se requiere:

- Toalla
- Vaselina
- Impermeabilizante en spray
- Servilletas de papel
- Superficie de madera
- Cinta adhesiva negra
- Agua
- Colorante artificial
- Guía experimental para el estudiante
- Hojas de diferentes plantas
- Tierra o harina de trigo
- Gotero
- Videos
- Pliego de cartulina o papel Kraft
- Diapositivas

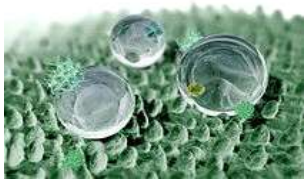


Gráfico de computador de la superficie de una hoja de loto.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_loto

IV. RETO

Cada equipo debe realizar una práctica experimental por medio de la cual demostraran el efecto loto, deben registrar los datos tomados y entregar al final el informe de laboratorio. El equipo que termine en primer lugar con todo debidamente realizado y completo será el grupo ganador del reto. Se tendrá en cuenta también el grupo que mayor número de hojas diferentes recolecte.

Solución al Reto

- En la guía experimental los estudiantes deberán discutir y responder en grupo diversos cuestionamientos.
- ¿Qué características podría mencionar de las hojas que utilizó en el experimento, incluyendo la hoja de cuaderno? Aquí se espera que los estudiantes den una descripción de las hojas, formas, texturas.
- ¿En qué hojas se formaron gotas? Explique las diferencias entre unas gotas y otras. Esto va a depender del tipo de hoja, cuanto más hidrofóbica sea la hoja más esférica va a ser la gota. En general, la mayoría de hojas de las plantas son hidrofóbicas, sin embargo, algunas son más hidrofóbicas que otras.
- ¿Por qué cree usted que las gotas se mantuvieron formadas en estas hojas? Está pregunta busca ver la creatividad, capacidad de análisis y observación del estudiante. Hasta ahora no se le ha dado ningún indicio sobre la causa de este fenómeno, y es interesante ver cómo explican los estudiantes esta situación.
- ¿Qué sucede cuando se le agrega tierra fina y se vuelve a agregar la gota? Se podría hacer esto solo con una hoja, pero la idea es que se repita el procedimiento viendo que el resultado es el mismo. La capa lipídica de la hoja se cubre con la tierra fina y la gota de agua se esparce en la tierra, cambiando sus propiedades en relación a la primera gota. Esto va a depender de la cantidad de tierra fina agregada a la hoja. Puede ocurrir que la gota se aplane o que se haga más esférica en función del tipo de material depositado.

Para los que pueda ampliar información se le remite a la siguiente página en donde pueden ampliar la información sobre como ocurre el Efecto Loto:
https://www.atriainnovation.com/conoceis-el-efecto-loto/
https://tecnonacional.blogspot.com/2013/06/el-efecto-loto.html
http://pa.percenta.com/nanotecnologia_efecto-de-loto.php

GUÍA EXPERIMENTAL

- Esta explicación busca ser una guía para los estudiantes durante el experimento, no lleva terminologías ni conceptos, estos serán dados al final de la experiencia. Se busca que el estudiante observé lo que a va suceder en las hojas: ¿Qué tamaño tiene la gota de agua?, ¿Qué tan esférica es?, ¿Qué pasa cuando se les agrega tierra a las hojas?

- Para esto se debe hacer una pequeña reflexión sobre la importancia de la observación en las ciencias, cualitativas y cuantitativas; luego de la observación plantear preguntas sobre lo observado y, por último, anotar posibles respuestas a estas preguntas. Luego de esta reflexión se le indicará al estudiante seguir este método para desarrollar su experimento.

PROCEDIMIENTO

1. Los estudiantes recolectaran hojas de distintas plantas. También recolectará tierra o harina de trigo.
2. Explicación preliminar: Se agregará una gota de agua a cada hoja y se anotan observaciones sobre ¿Qué sucede a la gota en las distintas hojas? Posteriormente se agregará tierra a la hoja y se repetirá el experimento.
3. El/la docente facilita una guía experimental para la toma de datos y construcción del informe.
4. Numerar y describir alguna característica resaltable de cada hoja. Se puede dibujar la forma de la hoja, poner sus características físicas: color, grosor, textura, entre otras. (las indicaciones se presentarán en la guía experimental para el estudiante)
5. Agregar una gota de agua con el gotero a cada hoja (incluyendo la hoja de cuaderno) y anotar las observaciones: forma de la gota, (si es esférica o aplanada), su tamaño, comparación entre la forma de las gotas de agua en distintas hojas.
6. Se limpia la hoja con la toalla de papel y se agrega tierra (o harina) a las hojas, se esparce con el dedo o moviendo la hoja, sin aplastar la hoja. Con un leve soplido se eliminan granos gruesos intentando dejar una fina capa de material sobre la superficie. Se le agrega la gota de agua y se vuelven a tomar anotaciones sobre lo que sucede con las gotas de agua en las hojas.

V. Evaluación y Validación:

Evaluación:

La evaluación del Reto se realiza en clase, dando un espacio a cada grupo para que socialice los resultados del experimento; haciendo énfasis en este momento de las variadas aplicaciones que ofrece la Nanotecnología. Adicionalmente, se aplicará un test corto, en este caso será escrito y con preguntas de falso y verdadero, con el fin de identificar las percepciones de los estudiantes después de la aplicación de la guía, el proceso también será evaluado con la observación continua durante cada sesión, para lo cual se ira registrando en el diario de campo.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del cuarto Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 4*" se colocará un pliego de papel Kraft en el salón y se les pedirá a los estudiantes que se organicen los grupos, discutan y socialicen sus opiniones. Posteriormente que escriban lo que piensan de las actividades desarrolladas, los retos o los resultados alcanzados, es decir que expresen su opinión sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la ficha.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes diferentes a los entrevistados hasta el momento, a los que se les harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan a los estudiantes y fortalecen el proceso reflexivo.

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta tercera ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *Que sabes del carbono?*
2. *¿Que materiales estan hechos de carbono?*
3. *¿Has visto alguna vez carbono?*
4. *¿Qué es para ti gráfito?*
5. *¿Qué es el diamante?*

- ***Los subtítulos resaltados con color verde evidencian la secuencia utilizada por el Aprendizaje Basado en Retos.***

Apéndice I: Nano- Test # 4

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

GRADO 502 - CIENCIAS NANO

NANO- TEST; RETO NANO- DIDÁCTICO – 4

1. Lee atentamente cada afirmación y escribe falso (F) o verdadero (V) según corresponda:
2. Las gotas de lluvia al tocar la superficie de la hoja de loto mantienen su forma esférica, esto les permite a su vez rodar libremente dejando la hoja seca. ( )
3. La propiedad hidrofóbica quiere decir que la superficie de un material tiene afinidad o es amigable con el agua. ( )
4. Los materiales impermeabilizantes se mojan fácilmente. ( )
5. El experimento realizado en clase sobre el laberinto de agua, permitió mostrar cómo se comporta una superficie hidrofóbica. ( )
6. Un material con propiedades de autolavado, es aquel que hay que lavar constantemente. ( )
7. Cuando se pone agua en una superficie con recubrimiento hidrofóbico, forma gotas con un ángulo de contacto muy pequeño. ( )
8. La hoja de Loto se mantiene siempre limpia debido a la arquitectura especial micro y nanoscópica de la superficie de la hoja. ( )
9. Los zapatos siempre limpios y la ropa que no hay que lavar son aplicaciones de la nanotecnología para beneficio del hombre. ( )

Apéndice J: Reto Nano- Didáctico # 5

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 5

Idea general:

Nanomateriales de carbono

Objetivos:

- *Reconocer algunas propiedades del carbono, como elemento esencial para la vida.*
- *Identificar algunos nanomateriales de carbono y su estructura química.*
- *Dar ejemplos de nanomateriales de carbono.*
- *Revisar la aplicación de los nanomateriales de carbono en la nanotecnología.*

- **Tiempo:** 2 sesiones de clase de 2 horas cada una.
- La guía se divide en 5 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:

I. Video de Introducción
II. Trabajo con Modelos Moleculares
III. Orientación por parte del docente (Diapositivas y video)
IV. Reto y solución del reto
V. Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

- **La guía gira en torno a la pregunta:**

¿Por qué los átomos de carbono son cruciales para la vida en la tierra?

Preguntas, actividades y recursos guía:

I. En primer lugar, se introduce el tema con el video:

El Frustrante Viaje de un Átomo de Carbono

https://www.youtube.com/watch?v=TjrCdiqSDPo

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial:

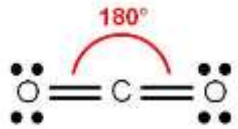
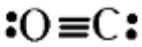
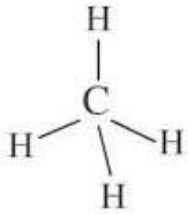
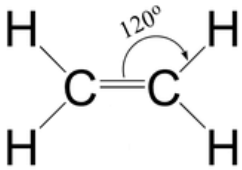
¿Qué nos enseña el video?
¿Qué es lo más importante que nos muestra?
¿Qué tema nos quiere enseñar?
¿Quién es el protagonista?
¿Qué le sucede a el protagonista?

Actividad de Afianzamiento: Los estudiantes construyen un mapa mental sobre el ciclo del carbono, teniendo como base la información del video y las orientaciones de la docente.

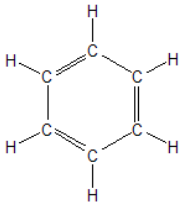
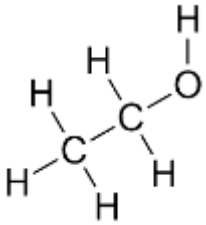
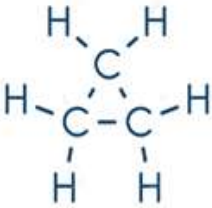
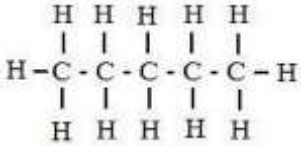
II. Modelos Moleculares: Se organiza el salón en grupos de trabajo y a cada grupo se le proporciona un modelo molecular compartimentado de bolas y barras, como el que indica la figura:

Tomado de*: http://www.quimitube.com/modelos-moleculares*

- Se realiza una comparación entre la naturaleza y un gran juego de construcción, mostrando como los átomos se combinan entre sí para formar moléculas
- Los estudiantes deben identificar el átomo que representa cada bolita e iniciar a construir modelos de moléculas que contengan carbono, apoyados en la instrucción de la docente, quien aclara ángulos que inciden y la correcta forma de la estructura planteada en cada caso.
- Al mismo tiempo los estudiantes van dibujando las estructuras formadas en el cuaderno.

			
Dióxido de Carbono	**Monóxido de Carbono**	**Metano**	**Eteno**

- Las moléculas a construir son:

			
Benceno	**Metano**	**Ciclopropano**	**Pentano**

Orientación Por Parte del Docente: Se le pide al alumno reflexionar sobre lo aprendido hasta el momento.

Para iniciar la discusión se plantearán una serie de cuestiones:

- El átomo de carbono, características y propiedades, ubicación en la tabla periódica.
- Importancia del átomo de carbono para la vida.
- ¿Dónde encontramos carbono?
- El ciclo del carbono
- El carbono en nanotecnología
- Isotopos del carbono
- Fullereno, grafeno, nanotubos de carbono.
- Nanomateriales de carbono
- Algunas aplicaciones de estos nanomateriales

Se ambienta la explicación con videos relacionados con aplicaciones concretas de nanotecnología, para el beneficio del hombre:

VIDEO	LINK
Naturaleza de Compuestos Orgánicos	**https://www.youtube.com/watch?v=cQQLyN8EtE4**
El carbono, Elemento Básico para la Vida	**https://www.youtube.com/watch?v=XI7pICTNG74**
Grafeno El Material del Futuro	**https://www.youtube.com/watch?v=HK1roJKLvRg**

Durante las actividades la docente rotará por los distintos grupos, observando, resolviendo preguntas y planteando a la vez interrogantes que impulsen a los estudiantes a ir más allá.

- Para el desarrollo de la guía se requiere:

- *Modelos moleculares*
- *Tabla Periódica grande*
- *Octavos de cartulina blanca*
- *Diapositivas*
- *videos*
- *Pliego de cartulina o papel Kraft*

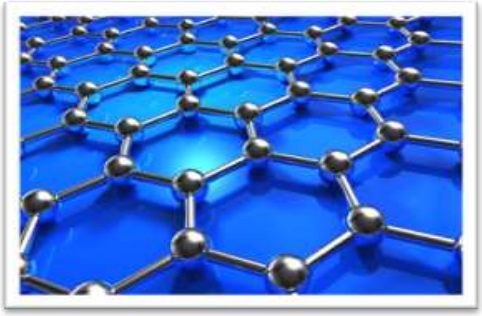
III. RETO

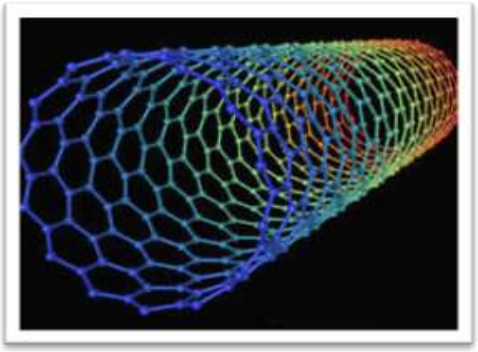
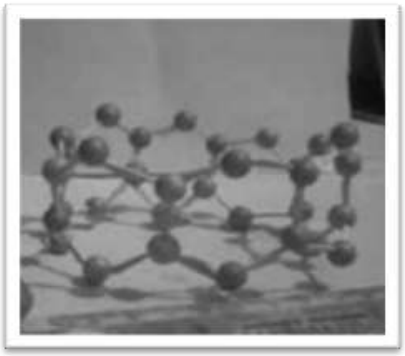
- **Con ayuda de los modelos moleculares, cada equipo debe intentar unir durante 30 minutos, el mayor número de hexágonos formando un plano, asemejando la estructura del grafeno, posteriormente debe reproducir la imagen obtenida en un dibujo.**
- **De igual manera se debe hacer buscando asemejar la estructura de un nanotubo de carbono, cada grupo une hexágonos formando un cilindro, durante 30 minutos, posteriormente debe reproducir la imagen obtenida en un dibujo.**

Solución al Reto:

- El equipo ganador será aquel que, durante los 30 minutos de cada etapa, una el mayor número de hexágonos, como requisito fundamental cada grupo debe haber realizado el dibujo de la estructura armada en cartulina.
- Un ejercicio enriquecedor entre los mismos grupos será contar los hexágonos que armó cada equipo y verificar los enlaces de los átomos de carbono.

Ejemplo para la Estructura del Grafeno Y Nanotubo de Carbono:



IV. Evaluación y Validación:

Evaluación:

Para la evaluación del Reto se hace el conteo en la clase del número de estructuras cíclicas armadas por cada equipo; cada grupo valida el trabajo de sus compañeros, posteriormente se premia el ganador y se unen todas las estructuras para que los estudiantes realicen un ejercicio mental en donde logren imaginar como se organizan las nanoestructuras del Grafeno y los Nanotubos de carbono. Finalmente se socializan los dibujos realizados por los estudiantes. Se aplica el Post-Test para percibir el impacto de la estrategia metodológica en este caso será escrito y con preguntas de falso y verdadero, con el fin de identificar las percepciones de los estudiantes después de la aplicación de la guía, el proceso también será evaluado con la observación continua durante cada sesión, para lo cual se ira registrando en el diario de campo.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del quinto Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 5*" se colocará un pliego de papel Kraft en el salón y se les pedirá a los estudiantes que en grupos de trabajo se reúnan y escriban lo que piensan de las actividades desarrolladas, los retos o los resultados alcanzados, es decir que expresen su opiniones sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la ficha.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes diferentes a los entrevistados hasta el momento, a los que se les harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta tercera ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *¿Consulta el mayor numero de aplicaciones en nanotecnología?*
2. *¿Qué áreas trabajan en nanotecnología?*
3. *¿Cuál es la aplicación que más te ha impresionado?*

Los subtítulos resaltados con color verde evidencian la secuencia utilizada por el Aprendizaje Basado en Retos.

Apéndice k: Nano- Test # 5

COLEGIO LA CONCEPCIÓN I.E.D.

"Esfuerzo y superación nuestro gran compromiso"

GRADO 502 - CIENCIAS NANO

NANO- TEST; RETO NANO- DIDÁCTICO – 5

Lee atentamente cada afirmación y escribe falso (F) o verdadero (V) según corresponda:

1. El carbono es un elemento tetravalente, disponiendo de seis electrones para formar enlaces químicos covalentes. ( )

2. En estado puro y dependiendo de cómo estén dispuestos sus átomos, este elemento puede formar tanto el mineral más blando que se encuentra en la naturaleza, el diamante, como uno de los más duros, el grafito. ( )

3. Las propiedades químicas del carbono le permiten a este elemento unirse con una gran cantidad de átomos distintos para formar moléculas enormes y complejas. ( )

4. El carbono es uno de los elementos más abundantes del universo y está presente en los planetas en mayor o menor medida, así que es razonable suponer que la vida inteligente tenderá a evolucionar a partir de él. ( )

5. Entre los nanomateriales de carbono encontramos el fullereno, el Grafeno, los Nanotubos de carbono, entre otros. ( )

6. La alotropía del Carbono se relaciona con el hecho de que este elemento puede presentarse bajo estructuras diferentes, en el mismo estado físico. ( )

7. De acuerdo al Reto 5 desarrollado en clase, es posible concluir que en la estructura química del Grafeno los átomos se organizan en forma cilíndrica. ( )

8. En la estructura química del fullereno los átomos de carbono se agrupan asemejando la forma de un balón de Futbol. ( )

9. Los prototipos de baterías fabricadas con electrodos de grafeno son diez veces más duraderas y se cargan en mucho menos tiempo, esta corresponde a una aplicación en nanotecnología. ( )

10. Hoy, la nanotecnología permite manipular la materia a escalas inimaginables hasta hace pocos años. Dicha manipulación permite a los científicos e ingenieros dotar de propiedades únicas, muchas de ellas no disponibles en la naturaleza, a los elementos sobre los que se aplica. ( )

Apéndice L: Reto Nano- Didáctico # 6

GUÍA PARA EL DOCENTE

RETO NANO-DIDÁCTICO N° 6

Idea general:

Aplicaciones Nanotecnológicas

Objetivos:

- Comparar entre algunas aplicaciones de nanotecnología en diferentes áreas (medicina, industria textil, cosméticos, etc.)
- Comprobar la importancia que tiene la nanotecnología para la actualidad y el futuro de la humanidad.
- Organizar una presentación que desarrolle una aplicación en nanotecnología.

- **Tiempo:** 3 sesiones de clase de 2 horas cada una.
- La guía se divide en 4 momentos en los que se pretende cumplir con los objetivos:
  - **I.** Video de Introducción
  - **II.** Orientación por parte del docente (Diapositivas y video)
  - **III.** Reto y solución del reto
  - **IV.** Evaluación y Validación

Pregunta esencial:

- **La guía gira en torno a la pregunta:**

• ¿Qué se espera de la Nanotecnología?

I. En primer lugar, se introduce el tema con el video:

Nanotecnología

https://www.youtube.com/watch?v=eYRuvwOR90U

- Luego de observar el video se abre la discusión, con el fin de identificar ideas previas de los estudiantes, y su percepción en torno al tema y la pregunta esencial.

¿Qué nos enseña el video?
¿Qué es lo más importante que nos muestra?
¿Qué tema nos quiere enseñar?
¿Quién es Richard Freyman?
¿Qué es la nanotecnología?

II. Orientación Por Parte del Docente: Se le pide al alumno reflexionar sobre lo aprendido hasta el momento.

Para iniciar la discusión se plantearán una serie de cuestiones:

- Áreas en que trabaja la nanotecnología.
- Beneficios y Riesgos de la Nanotecnología.
- Algunas aplicaciones de nanomateriales
- Los materiales que cambiaran el mundo

Se ambienta la explicación con videos relacionados con aplicaciones concretas de nanotecnología, para el beneficio del hombre:

VIDEO	LINK
El Futuro ya Está Aquí	https://www.youtube.com/watch?v=VfvB4QcHH2o&t=76s
¿Qué es la Nanotecnología?	https://www.youtube.com/watch?v=auahx1TBLFk
Nuevos Materiales a Escala Nanométrica	https://www.youtube.com/watch?v=auahx1TBLFk

III. RETO

Cada grupo selecciona previamente la aplicación en nanotecnología que más le haya impactado con la orientación del docente debe realizar una consulta completa, intentando por medio de una presentación oral mostrar el nombre del producto, en que área se desarrolla, descripción, cómo funciona y cuáles son los beneficios para el hombre, adicionalmente deben preparar un dibujo del producto en tamaño de un pliego de papel.

Solución al Reto:

Esta es la última guía trabajada en la implementación del proyecto, por lo tanto, las exposiciones serán el cierre del mismo, los estudiantes de quinto grado hablaran por primera vez de nanotecnología y se acercaran a una revolucionaria realidad, “los avances en nanotecnología serán el futuro de la humanidad”

IV. Evaluación y Validación:

Evaluación:

Con la evaluación del reto seis se realiza el cierre del proyecto por medio de las exposiciones; para tal evento se invita a coordinadores y otros docentes para la presentación de los trabajos finales de cada grupo. La exposición consiste en profundizar en la aplicación en nanotecnología que más les haya impactado a cada equipo. Posteriormente se aplica la prueba final para percibir el impacto de la estrategia metodológica. El proceso también será evaluado con la observación continua durante cada sesión y las discusiones generadas en el proceso, lo cual se ira registrando en el diario de campo.

Validación:

Los estudiantes juzgan el éxito de su solución, y como tal el desarrollo del quinto Reto Nano-Didáctico, por medio de un mural de expresión que llamaremos "*Hablemos sobre Nano 6*" en este caso después de cada exposición los compañeros evaluaran a cada grupo, de igual manera los estudiantes escriben lo que piensan de las actividades desarrolladas, el reto como tal o los resultados alcanzados, es decir que expresen su opinión sobre lo realizado hasta el momento, el mural servirá de insumo para la evaluación de la ficha.

Video: Se seleccionarán al azar dos estudiantes diferentes a los entrevistados hasta el momento, a los que se les harán una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo de la guía como tal, será una especie de encuesta que se grabará, los videos además de servir de evidencia, motivan a los estudiantes y fortalecen el proceso reflexivo.

Documentación: Los estudiantes deben organizar en el portafolio los documentos utilizados en esta tercera ficha, junto con la solución del reto socializada en clase.

Actividad de Profundizacion:

1. *¿Qué áreas trabajan en nanotecnología?*
2. *Consulta aplicaciones en nanotecnología que incluyan nanomateriales de carbono.*

8. Referencia Bibliográficas

Agudelo, L. N. R., Agudelo, L. N. R., Urbina, V. S., & Gutiérrez, F. J. M. (2010). Estilos de aprendizaje basados en el modelo de Kolb en la educación virtual. *Apertura*, *2*(1), 72–85.

Alegría, J. (2013). *La exploracion y experimentacion del entorno natural: una estrategia didactica para la enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales* (Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira). Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/12768/

Aliberas, J. (2005). *¿Qué conocimiento científico enseñar en la escuela obligaoria?* 1–5.

Alonso, B., López, A., Rodríguez, C., & Lázaro, D. (2015). La nanotecnología a 40 años de su aparición: logros y tendencias. *Ingenierías*, *18*(66), 13–23. Retrieved from http://eprints.uanl.mx/10563/1/66_la_nanotecnologia.pdf

Andrade, M., Itzel, L., & Saenz, A. (2012). *Nanotubos de carbono: funcionalización y aplicaciones biológicas*. 9–18.

Apple-INC. (2010). Challenge Based Learning: A Classroom Guide. In Apple (Ed.), *Challenge Based Learning: A Classroom Guide*. Apple INC.

Ávila, O. R. (2013a). *Construcción de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos y términos más usados en nanociencia a través de la indagación y la investigación*.

Ávila, O. R. (2013b). *Construcción de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos y términos más usados en nanociencia a través de la indagación y la investigación*. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/39646/1/1186779-2013.pdf

Baac, H., Hajós, J., Lee, J., Kim, D., Kim, S., & Shuler, M. (2006). Antibody-based surface plasmon resonance detection of intact viral pathogen. *Biotechnology and Bioengineering*, *94*(4), 815–819. https://doi.org/10.1002/bit.20882

Basheer, A. A. (2018). New generation nano-adsorbents for the removal of emerging contaminants in water. *Journal of Molecular Liquids*, *261*, 583–593. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.04.021

Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *19*(1), 123–134.

Betancourt, M. (2017). Perspectivas para la innovación en educación con nanociencia y

nanotecnología. *Revista de Educación y Desarrollo*, *41*(2), 93–101. Retrieved from http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/41/41_GarciaBetancourt.pdf

Camacho, Á., Duarte, Á., Dubay, D., Forero, E., González, E., Jaramillo, F., … Urquijo, W. (2016). Definición de nanomateriales para Colombia. *Revista Colombiana de Química*, *45*(1), 15–20. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n1.58955

Campanario, J., & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *18*(2), 155–169.

Campo, T. (2012). *Síntesis y caracterización de nanotubos de carbono y nanohilos de silicio : Aplicaciones tecnológicas* .

Cañada, F., Melo, L., & Álvarez, R. (2013). ¿Qué saben los alumnos de Primaria sobre los sistemas materiales y los cambios químicos y físicos? *Campo Abierto*, *32*(1), 11–33. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/284154330_Que_saben_los_alumnos_de_Primaria_sobre_los_sistemas_materiales_y_los_cambios_quimicos_y_fisicos_What_do_students_of_Primary_know_about_material_sys-_tems_and_chemical_and_physical_changes

Carrillo, C. (2012). Enseñanza para el desarrollo del pensamiento científico desde la escuela. In M. Rodríguez, A. López, C. Fajardo, S. Gabriel, I. Mendez, J. Lopez, … Y. Sánchez (Eds.), *Desarrollo del pensamiento científico : proyecto innovación en formación científica* (Editorial, pp. 15–34). Retrieved from http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/idep/20151026052301/DesarrolloPensamientoCientifico.pdf

Castro, H. (2010). *Manual de implementación escuela nueva*. Retrieved from www.mineducacion.gov.co

Chavan, A. A., Li, H., Scarpellini, A., Marras, S., Manna, L., Athanassiou, A., & Fragouli, D. (2015). Elastomeric Nanocomposite Foams for the Removal of Heavy Metal Ions from Water. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, *7*, 14778–14784. https://doi.org/10.1021/acsami.5b03003

Chen, J., & Park, B. (2016). Recent Advancements in Nanobioassays and Nanobiosensors for Foodborne Pathogenic Bacteria Detection. *Journal of Food Protection*, *79*(6), 1055–1069. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-516

Christoph, R., & Muñoz, R. (2015). Nanotecnología Parte 1: Sobre el contexto de las dimensiones nanométricas. *Nanotecnia: Boletín Mensulal Divulgativo*, (Agosto). Retrieved from http://nanotecnialab.ufg.edu.sv/frm/newsletters/Nanoboletin_Agosto-2015.pdf

Cipriani, E. (2019). Nanopartículas: El tamaño si importa. *Nuestra Ciencia*, pp. 47–50.

Cohen, L., Lawrence, M., & Morrison, K. (2007). Research methods in education. In R. T. & F. Group (Ed.), *Professional Development in Education*.

https://doi.org/10.1080/19415257.2011.643130

De Rivas, T., Martin, C., & Venegas, M. A. (2003). Conocimientos que intervienen en la practica docente. Praxis educativa. *Red Universidad Nacional de La Pampa*, (4), 27–34. Retrieved from https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecautplsp/reader.action?docID=3210768

Díaz, F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo* (McGraw-Hill, Ed.). Mexico: Interamericana McGraw-Hill.

Farías, L., Flores, J., Rosales, L., Sáenz, A., & López, L. (2017). *Grafeno, el material del futuro. Síntesis y propiedades*. 1–7.

FECYL, F. E. para la C. y la T. (2010). *Nanociencia y Nanotecnología: entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro* (F. E. para la C. y la Tecnología, Ed.). Madrid-España: Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Fraceto, L., Grillo, R., de Medeiros, G., Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in Agriculture: Which Innovation Potential Does It Have? *Frontiers in Environmental Science*, *4*, 20. https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00020

Galagovsky, L. (2008). *2008:el añ de la enseñaa de las ciencias naturales en la Argentina*. (January 2008).

Galagovsky, L., & Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *19*(2), 231-242–242.

Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de “reacción química” a partir del concepto de “mezcla.” *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *21*(1), 107–121.

Galera, A. (2015). *El impacto de la nanotecnología sobre la seguridad y la salud laboral.* (April).

Gamo, J., & Tutor-Sánchez, J. (2015). Enseñar nanotecnología a través de nuestros antepasados. *Revista de Física -Momento-*, *50*(2), 56–67.

García, J. (2008). *La metodología del Aprendizaje Basado en Problemas*. España: Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia.

Gaviria, D. R., Caballero, I. T. De, & Colmenares, E. (n.d.). *El trabajo en equipo en el Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental*.

Gibert, R., Rojo, M., Torres, J. ., & Becerril, H. (2018). Aprendizaje Basado en Retos. *Revista Electrónica Anfei Digital*, *9*(2), 1–11. Retrieved from www.anfei.org.mx/revista

Gispert, I., PPuntes, V., & Gonzalez, E. (2020). Nanocolorea, En tiempos del coronavirus 2. *Nanocitec*, *2*(9).

Graphenano. (2017). El grafeno: Propiedades y aplicaciones. *Nanotechnologies*, *8*(38), 6.

Grillo, R., Chirakkuzhyil, P., & Fernandes, L. (2016). Nanotechnology Applied to Bio-Encapsulation of Pesticides. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *16*(1), 1231–1234. https://doi.org/10.1166/jnn.2016.12332

Hernández-Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 Edición; McGraw Hill Education, Ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.

Herráez, A. (2011). Las asombrosas estructuras del carbono: fullerenos, grafenos y nanotubos. *Apuntes De Ciencias*, *Nov-Dic.*, 22–25. https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2009.03.080

Huang, H., Pavel, I., Higgins, S., & Deibel, J. (2016). Experimental Nanomaterials and Nanoscience: Synthesis, Characterization, and Applications—Teaching Nanotechnology Through an Interdisciplinary Laboratory Course. *Journal of Nano Education*, *8*(1), 52–62. https://doi.org/10.1166/jne.2016.1084

Ibáñez, X., Arteta, J., Fonseca, G., Martínez, S., & Pedraza, M. (2005). Desarrollo de actitudes y pensamiento científico a través de proyectos de investigación en la escuela. *Enseñanza de Las Ciencias*, *Número ext*, 1–6.

Immordino-Yang, M., & Damasio, A. (2007). We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Journal Compilation*, *1*(1), 115–131. https://doi.org/10.36510/learnland.v5i1.535

Iño, W. (2018). Investigación educativa desde un enfoque cualitativo : La historia oral como método. *Voces de La Educación*, *3*(6), 93–110.

Jackman, J. A., Cho, D.-J., Lee, J., Chen, J. M., Besenbacher, F., Bonnell, D. A., … Cho, N.-J. (2016). Nanotechnology Education for the Global World: Training the Leaders of Tomorrow. *ACS Nano*, *10*(6), 5595–5599. https://doi.org/10.1021/acsnano.6b03872

Johnson, L., & Adams, S. (2011). *The Report from the Implementation Project* (The New Media Consortium, Ed.). Retrieved from file:///C:/Users/ASUS X200M/AppData/Local/Mendeley Ltd/Mendeley Desktop/Downloaded/Johnson, Adams S - 2011 - The Report from the Implementation Project.pdf%0D

Junco, I. (2012). La motivación en el proceso ensenanza-aprendizaje. *Revista Digital Para Profesionales de La Enseñanza*, *9*(1), 1–14.

Justel, N., Psyrdellis, M., & Ruetti, E. (2013). Modulación de la memoria emocional : Una revisión de los principales factores que afectan los recuerdos. *Suma Psicológica*, *20*(2), 163–174. https://doi.org/10.14349/sumapsi2013.1276

Kemmis, S., & MacTaggart, R. (1988). Cómo planificar la investigación acción. In *Dialnet plus* (Vol. 53). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Kharissova, O., & Ortiz, U. (2002). La estructra del Fullereno C60 y sus aplicaciones. *Ciencia UANL*, *5*(004), 475–479. https://doi.org/10.1099/00221287-1-3-353

Kolb, D. (1984). Experiential learning: experience as the source of learning and development. In P.- Hall (Ed.), *Experiential Learning* (Englewood, pp. 20–38). USA: Case Western Reserve University.

Latorre, A. (2005). La Investigaciópn-Acción, conocer y cambiar la práctica educativa. In *La investigación-acción*.

Llamosa, D. (2018). *Nanomundo-con Nani y Nano*.

Lopez, D., Suarez, E., Hernandez, C., Archila, A., Pérez, E., & Osorno, V. (2017). *Aprendizaje de las matemáticas basada en retos, concebidos desde un juego de realidad alternativa*. Cartagena- Colombia.

López, W., & Vivas, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de 9º grado. *Educere: Revista Venezolana de Educación*, *13*(45), 491–499.

Maquilón, J., Sanchez, M., & Cuesta, J. (2016). Enseñar y aprender en las aulas de educación primaria. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, *18*(2), 144–155.

Márquez, C., & Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, *18*(45), 63–71.

Martí, J., & Amat, A. (2017). La comunicación científica en la educación primaria. *Aula*, 12–16. Retrieved from https://consejoescolar.educacion.navarra.es/web1/wp-content/uploads/2017/04/1131.pdf

Martí, Joel. (2002). *La investigacion participativa*. Madrid.

Martí, José, Heydrich, M., Rojas, M., & Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, *46*(158), 11–21.

Martín, N. (2011). Sobre Fullerenos, Nanotubos de Carbono y Grafenos. *Arbor*, *187*(Extra_1), 115–131. https://doi.org/10.3989/arbor.2011.extran1117

Martin, R., & Ochsner, K. (2016). The neuroscience of emotion regulation development: Implications for education. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *10*, 142–148. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.006

Martinic, S. (2015). El tiempo y el aprendizaje escolar la experiencia de la extensión de la jornada escolar en Chile. *Revista Brasileira de Educacao*, *20*(61), 479–499. https://doi.org/10.1590/S1413-24782015206110

Maurer, M., Love, S., Meierhofer, S., Marquis, B., Liu, Z., & Haynes, C. (2013). *Toxicity of Nanoparticles to Brine Shrimp: An Introduction to Nanotoxicity and Interdisciplinary Science*. *90*(1), 475–478. https://doi.org/10.1021/ed3005424

Mendoza, G., & Rodríguez, J. (2007). La nanociencia y la nanotecnología: una revolución en curso. *Revista Perfiles Latinoamericanos*, *14*(29), 161–186.

Ministerio de Educación Nacional. (2004). Formar en Ciencias:¡El Desafío! Lo que necesitamos Saber y Saber Hacer. In M. de E. N. de C. (MEN) (Ed.), *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Colombia.

Ministerio de Educación Nacional. (2019). Decreto 1290 De 2009. *Departamento Administrativo de La Función Pública*, p. 12. Retrieved from http://www.suin-

juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1260109

Mora, F. (2013). *Neuroeducacion "Solo se puede aprender aquello que se ama."* Madrid-España: Alianza Editorial.

Morales, C. (2017). Nanotecnología en Medicina. In *UBO Healt Journal* (Vol. 4). https://doi.org/10.23854/07198698.20174morales44

Mulvaney, P. (2015). Nanoscience *vs* Nanotechnology—Defining the Field. *ACS Nano*, *9*(3), 2215–2217. https://doi.org/10.1021/acsnano.5b01418

Núñez, J. (2017). Los métodos mixtos en la investigación en educación: Hacia un uso reflexivo. *Cadernos de Pesquisa*, *47*(164), 632–649. https://doi.org/10.1590/198053143763

Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Didáctica de La Química*, *25*(1), 46–55. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(14)70523-3

Ortíz, G., & Cervantes, M. (2016). La formación científica en los primeros años de escolaridad. *Panorama*, *9*(17), 10. https://doi.org/10.15765/pnrm.v9i17.788

Ortíz, & Tomas. (2009). *Neurociencia y Educación* (Alianza Ed). Madrid-España.

Parra, K. (2014). El docente y el uso de la mediación en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Revista de Investigación*, *38*(83), 155–180.

Pavía-Sanders, A., Zhang, S., Flores, J. A., Sanders, J. E., Raymond, J. E., & Wooley, K. L. (2013). Robust magnetic/polymer hybrid nanoparticles designed for crude oil entrapment and recovery in aqueous environments. *ACS Nano*, *7*(9), 7552–7561. https://doi.org/10.1021/nn401541e

Peña, A., Gómez, P., & Luque, A. (2003). *Aprender con Mapas Mentales* (5a ed.). Madrid-España: Narcea Ediciones.

Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, *15*(1), 15–29. Retrieved from http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/867

Pérez, M. (2019). La investigación acción en la práctica docente. Un análisis biblométrico (2003-2017). *Magis*, *12*(24), 177–192. https://doi.org/10.11144/Javeriana.m12-24.ncev

Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *16*(1), 175–185.

Pozner, P. (2018). Trabajo en equipo. In M. de E. de la Nación & U. I. B. Aires (Eds.), *Competencias para la Profesionalización de la Gestión Educativa* (Vol. 41, pp. 1–28). https://doi.org/10.21772/gco.ibe.c07

Pozo, J. I., & Gómez, M. Á. (1998). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento. In *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Retrieved from

http://books.google.com/books?id=aTo6TMfVEIgC&pgis=1

Quaranta, G., & Neiman, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. In *I. Vasilachis (Coord.) Estrategías de investigación cualitativa* (Gedisa, pp. 213–237). Barcelona, España.

Quintili, M. (2012). Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. *Centro de Estudios En Diseño y Comunicación*, 125–155. Retrieved from http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n42/n42a10.pdf

Rafael, L. (2008). Master en Paidopsiquiatría Módulo I Desarrollo Cognitivo : Las Teorías. *Master En Paidopsiquiatría. Bienio 07-08*, *I*, 29.

Ren, C., Hu, X., & Zhou, Q. (2016). Influence of environmental factors on nanotoxicity and knowledge gaps thereof. *NanoImpact*, *2*, 82–92. https://doi.org/10.1016/j.impact.2016.07.002

Restrepo, A., & Pérez, R. (2017). *La ciencia , el conocimiento científico y el pensamiento complejo . El camino para la formación por competencias*. 9–16.

Reyes, S., & Carpio, A. (2018). El aprendizaje basado en retos, un modelo de formación corporativa. In *Universitat Oberta de Catalunya*. Retrieved from https://encuentros.virtualeduca.red/storage/ponencias/argentina2018/cr29tejMANE0oeUHplM0WJBHd0WOQh9mOGiV4Ecq.pdf

Ribeiro, A., Ghirardello, D., Amarante, L., Bruno, A., & De Souza-Filho, M. (2017). *El juego caza-nano y la enseñanza de nano conceptos: actividades lúdicas en la educación secundaria*. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/68358/1/63274-320962-1-PB.pdf

Ribeiro, A. V, de Souza-Filho, M. P., & Bruno-Alfonso, A. (2016). Formación en nanotecnología para la educación secundaria: acciones Y perspectivas del proyecto lifenano-Ifsp. *Revista de Física -Momento-*, (51E), 17–31. Retrieved from http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=116755338&lang=es&site=ehost-live

Rivas, M., Román, J., & Luisa, C. (2007). *Aplicaciones actuales y futuras de los nanotbos de carbono*.

Rivera, A. M. (2016). *La experimentación como estrategia para la enseñanza aprendizaje del concepto de materia y sus estados* (Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/56352/1/24687889.2016.pdf

Rivera, J. (2004). El aprendizaje significativo y la evaluación de los aprendizajes. *Investigación Educativa*, *8*(14), 47–52.

Rodríguez, D., & Ávila, A. (2011). *Experiencias en micro y nano escalas para niños y jóvenes*. *4*(2), 121–128.

Rodríguez, L. (2008). *Aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva* (1era ed.; E. Octaedro, Ed.). Barcelona, España.

Romero, J. (2015). El Mapa Conceptual Como Herramienta En La Educación Del Siglo

XXI. In M. Homrani, A. Conde, & D. Báez (Eds.), *La Educación actual: nuevos retos, nuevas tareas* (pp. 168–178). Granada- España: Ediciones Adeo.

Romero, M. (2010). El aprendizaje experiencial y las nuevas Demandas formativas. *Revista de Antropología Experimental*, *10*(Especial 8), 89–102. Retrieved from https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODS/undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf

Ruano, C., & Hernández, Y. (2016). Nanobox: un material educativo en nanomateriales que promueve la creatividad científica. *Revista de Física -Momento-*, *51*(E), 32–45. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/68377/1/55979-284922-1-PB.pdf

Rubiano, O. (2013). *Construcción de una unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos y términos más usados en nanociencia a través de la indagación y la investigación*. Universidad Nacional de Colombia.

Ruíz, F. (2006). *Ideas de ciencia y su incidencia en el roceso de enseñanza-aprendiaje*.

Sánchez, M., & Tagüeña, J. (2014). El manejo de las escalas como obstáculo epistemológico en la divulgación de la nanociencia. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencias y Nanotecnología*, *4*(2). https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2011.2.45011

Santhosh, C., Velmurugan, V., Jacob, G., Jeong, S. K., Andrews, G., & Bhatnagar, A. (2016). Role of nanomaterials in water treatment applications: A review. *Chemical Engineering Journal*, *306*, 1116–1137. https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.08.053

Schon, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un diseño de la enseñanza de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona, España: Editorial Paidos.

Serena, P., Giraldo, J., Takeuchi, N., & Tutor, J. (2014). *Guía Didáctica para la enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria* (Red NANODYF-CYTED, Ed.). Retrieved from https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf

Serena, Pedro. (2002). Nanociencia y Nanotecnología: Aspectos generales. *Encuentros Multidisciplinares*, *4*(12), 2–14.

Serena, Pedro. (2009). La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y algunas sombras. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria En Nanociencia y Nanotecnología*, *2*(2), 74–90. Retrieved from www.mundonano.unam.mx%0ALa

Serena, Pedro. (2013). Una Experiencia en Nanoeducación : El Taller " Explorando el Nanomundo ." *Revista de Física*, *46*(3), 63–73. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/38752/1/41986-192818-1-PB.pdf

Serena, Pedro. (2015). *La Nanotecnlogía llega a nuestras vidas: Cómo responder desde las aulas?* (1st ed.). Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid Consejo.

Serrano, J. (2008). Fácil y divertido: estrategias para la enseñanza de la ciencia en Educación Inicial. *Sapiens: Revista Universitaria de Investigación*, *9*(2), 129–152.

Silvestris, M., Alassia, S., & Reviglio, S. (2014). *Nanotecnología hoy: el desafío de conocer y enseñar*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.11.002

Stake, R. (2012). Estudios de caso cualitativos. In *Manual de investigación cualitativa* (Gedisa, pp. 443-466)). España.

Stake, R. E. (1999a). *Investigacion con estudio de casos*.

Stake, R. E. (1999b). *Investigación con estudio de casos* (p. 19). p. 19.

Tec-Monterrey. (2015). Aprendizaje Basado en Retos. In *Reporte Edu Trends*. Retrieved from OBSERVA TORIO de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey website: https://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr%0Ahttp://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr%0Ahttp://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/edutrends-aprendizaje-basado-en-retos.pdf

Tecnológico de Monterrey. (2015). Aprendizaje Basado en Retos. In T. de Monterrey (Ed.), *Reporte Edu Trends*. Retrieved from https://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr%0Ahttp://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr%0Ahttp://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/edutrends-aprendizaje-basado-en-retos.pdf

Torres, J. (2018). *Docente-nano: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media* (Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/63458/1/1013622015.2018.pdf

Torres, Lady, & Duarte-Ruiz, Á. (2018). Docente-nano: una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media. *Revista de Física -Momento-*, *56*(E), 81–95. Retrieved from http://bdigital.unal.edu.co/68336/1/71652-379175-2-PB.pdf

Tutor-Sánchez, J. (2013a). Actualidad y perspectivas de la divulgación Y formación de la Nanotecnología En Iberoamérica : Red Nanodyf – Cyted. *Revista Digital Universitaria*, *14*(3), 1–16.

Tutor-Sánchez, J. (2013b). Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en iberoamerica. *Revista de Fisica -Momento-*, *46*(E), 42–53. Retrieved from http://www.nano.edu.tw/en_US/

Tutor-Sánchez, J. (2013c). Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en iberoamerica nanoscience and nanotechnology training: an iberoamerican challenge. *MOMENTO Revista de Física*, *46*(E), 42–53. Retrieved from http://www.nano.edu.tw/en_US/

Tutor-Sánchez, J., & Takeuchi, N. (2015). ¿Por qué es necesaria la divulgación y la formación en nanotecnología? *MOMENTO Revista de Física*, *51*, 45–58. Retrieved from www.nanodyf.com

Vamvakaki, V., & Chaniotakis, N. A. (2007). Pesticide detection with a liposome-based nano-biosensor. *Biosensors and Bioelectronics*, *22*, 2848–2853. https://doi.org/10.1016/j.bios.2006.11.024

Vasilachis, I. (2006). Investigacion cualitativa - Vasilachis. In *Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki*. https://doi.org/978-84-9784-374-4

Vidal, M., Vialart, N., & Ríos, D. (2007). Resumen Introducción Construcción y uso de mapas conceptuales. *Educación Médica Superior*, *21*(3), 1–6.

Wittrock, M. C. (1989). *La Investigación de la enseñanza 1* (1st ed.). https://doi.org/10.1016/0039-6028(94)90971-7

Yunus, I., Kurniawan, A., Adityawarman, D., & Indarto, A. (2012). Nanotechnologies in water and air pollution treatment. *Environmental Technology Reviews*, *1*(1), 136–148. https://doi.org/10.1080/21622515.2012.733966

Zanella, R. (2005). Metodologías para la síntesis de nanopartículas: controlando forma y tamaño. *Conservation Biology*, *19*(6), 2039–2039. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00323_1.x

Zuleta, O. (2005). La pedagogía de la pregunta. Una contribución para el aprendizaje. *Educere: Revista Venezolana de Educación*, *28*(1), 115–119. Retrieved from https://www.redalyc.org/pdf/356/35602822.pdf

Zuluaga, A. (2018). *Enseñanza de las propiedades de la materia en básica primaria a partir del aprendizaje por descubrimiento.* Universidad Nacional de Colombia Maestría.