



Universidad de Valladolid



PROGRAMA DE DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN  
TRANSDISCIPLINAR EN EDUCACIÓN

TESIS DOCTORAL:

**LAS PRUEBAS PISA COMO INSTRUMENTO DE  
ORIENTACIÓN DOCENTE PARA DESARROLLAR LA  
COMPETENCIA CIENTÍFICA EN ALUMNOS DE SECUNDARIA**

Presentada por Javier Ignacio Muñoz Martínez para  
optar al grado de  
Doctor por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:  
Elena Charro Huerga

2022

La presente tesis doctoral ha sido financiada por la Secretaría de Educación Distrital, Bogotá – Colombia mediante el otorgamiento de una comisión de estudios en los términos de la Resolución 2898 del 30 de Noviembre del 2012 y la Resolución 417 del 08 de Septiembre de 2014, así como también una beca parcial otorgada EURICA Erasmus Mundos Acción 2 durante los periodos 2014-2015 y 2015-2016.

*A mis padres  
Servio Julio Muñoz (+) y Blanca Fanny Martínez,  
¡Le logramos mis viejitos hermosos!*

# AGRADECIMIENTOS

En este pequeño escrito, quiero hacer un recorrido en mi vida que me ha traído a este momento en donde he alcanzado mi mayor sueño. En ella han aportado valiosas personas que iré nombrando poco a poco. Vida que puede ser considerada de lucha y esfuerzo ya que en nuestro país todo se romantiza y se esconde el verdadero problema que radica en la falta de oportunidades para la juventud y en la que muy pocos tienen la oportunidad de llegar tan lejos.

Durante 17 años, ejerciendo como docente de ciencias naturales, he pasado por muchas aulas de clase y siempre me encuentro con jóvenes que tienen enormes sueños y que pueden llegar muy lejos, pero la falta de oportunidades los detiene una y otra vez.

Así empezó este sueño, el de llegar a ser doctor, en medio de la escasez, de la falta de oportunidades, en un hogar muy humilde con un padre carpintero que me enseñó a trabajar y al que le debo lo que ahora soy y una madre, ama de casa, que nunca dejó que faltara nada en el hogar, así sea un agua panela y un pan, pero sobre todo amor, personas maravillosas a quien dedico esta memoria y puedo decirles ¡LO LOGRAMOS!

Si bien hubo muchas cosas que no tuve, fui afortunado al tener un padre y una madre que me supieron guiar en un país donde los niños crecen solos y mueren de hambre. Así, al terminar mi colegio no tenía la oportunidad de seguir estudios universitarios, porque simplemente no teníamos ni para comprar el formulario de inscripción, pero Dios es muy grande y pone a personas en tu camino que se convierten en tus ángeles, es ahí donde apareciste tú, Diego Armando Sánchez Montenegro, un amigo incondicional que me regaló el formulario para la universidad y me abrió una puerta maravillosa en el mundo de la academia, ¡mil gracias mi hermano!

Con este regalo tan maravilloso tuve la oportunidad de estudiar Química en la Universidad de Nariño, en donde estuve a punto de desistir, no por no tener las capacidades académicas sino porque acostarse cada noche sin comer en una ciudad lejos de tu familia es una prueba que puede quebrantar a cualquiera, y por eso entiendo lo duro que les toca a mi estudiantes

cuando deciden recorrer este camino en un país como Colombia. Pero Dios todo lo puede y volvió a poner ángeles en mi camino, gracias Jhon Lenon Muñoz por brindarme techo y comida cuando más lo necesite.

Estudiar en Colombia es un reto que pocos alcanzan y si no se quiere desistir del sueño no hay nada más que endeudarse con el ICETEX, que si bien sabemos no es una ayuda, no hay más de otra. En este recorrido y finalizados mis estudios quería hacer parte de un grupo de investigación y seguir por esta línea, pero la vida me llevó por el camino de la educación ya que no tenía más opciones y con una deuda que no espera, inicie esta aventura de ser educador en Villagarzón Putumayo durante 4 años, donde la Hermana Sara Jerez Valero fue mi mentora y aprendí a ser educador con su ejemplo, ¡muchas gracias Hermana Sara!

Las ganas de seguir con mi sueño me llevaron a salir de ese hermoso pueblo y llegar a la capital, Bogotá, donde inicie estudios de Maestría en la mejor universidad de Colombia, la Universidad Nacional, nuevamente endeudado con el ICETEX pero con la esperanza de algún día poder pagarlo, un suplicio que muchos de nuestros jóvenes sufren y terminan desistiendo al enfrentarse a una deuda impagable. En mi caso se me presentaron las oportunidades y después de tres intentos por una beca doctoral, finalmente se me dio, donde agradezco al Doctor Carlos Javier Mosquera y a la Doctora Sandra Soler que me brindaron su apoyo y sin su ayuda no hubiese podido cumplir con los requisitos solicitados. ¡Mil gracias mis estimados profes!

Esta beca, otorgada por Eurica del programa Erasmus Mundus, y a la cual agradezco enormemente, fue el inicio de esta aventura doctoral sumado al apoyo de la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá, quien me otorgó una comisión de estudios con la que pude viajar al otro lado del charco, como decimos en Colombia y con lo cual sueñan muchos de mis estudiantes, para llegar a un lugar maravilloso, la ciudad de Valladolid, que me abrió sus puertas y durante dos años en su Universidad me enriquecí académica, profesional y personalmente.

Durante estos años de estudios de doctorado agradezco a mi tutora y directora Elena Charro por sus acertadas recomendaciones, a los profesores del departamento de enseñanza de las ciencias, a los compañeros con los que compartimos clases, seminarios, congresos, risas y

cenar, y por supuesto a la Doctora Rocío Anguita por la paciencia y por responder a mis dudas en este proceso.

Este tiempo de estudios también fue un tiempo para la familia en donde mis hijas Danna Isabel, Dayan Sofía y Lyanna Evangelin fueron mi inspiración y el motivo de levantarme día a día para culminar este gran paso, que no hubiese sido posible sin el apoyo incondicional del amor de mi vida, mi querida esposa, July Maricela Sepúlveda Sánchez, quien estuvo conmigo en todo momento, me apoyó, me brindó sus valiosas ideas y sobre todo me ayudó a finalizar esta memoria. ¡Gracias esposita mía y Dios te bendiga por ser una mujer tan maravillosa!

Finalmente, quiero agradecer a mis hermanos, Miriam, Mayrita y Hernán por ese apoyo incondicional. A mis estudiantes y ex estudiantes y todas esas personas que de alguna u otra manera aportaron en el cumplimiento de esta meta. ¡Mil y mil gracias a todos!

Valladolid, Enero de 2022.



# RESUMEN

Un adecuado desarrollo de la competencia científica en los alumnos de secundaria es una necesidad urgente para el futuro avance de cualquier sociedad. Por tanto, siendo el docente un participante activo en su proceso de formación, debe estar a la vanguardia de los requerimientos nacionales e internacionales sobre las habilidades científicas que debe potenciar en sus alumnos. Con este fin, en primer lugar, se analizaron, utilizando una metodología cualitativa de análisis de contenido, los marcos teóricos propuestos por PISA, realizando un seguimiento detallado de cada una de las subcompetencias que componen la competencia científica. Se contrastaron los 164 ítems liberados de PISA con las subcompetencias, lo que permitió categorizar cada una de las habilidades científicas que se evalúan en estas pruebas. Tras esta primera etapa, que permitió una comprensión adecuada de la competencia a partir de sus ítems, se procedió, en segundo lugar, a realizar una propuesta de intervención con estudiantes de secundaria en Bogotá-Colombia. Utilizando una metodología cuasi-experimental basada en investigación-acción, se siguió el esquema de pre-test-intervención-pos-test. Los ítems PISA se utilizaron como instrumento de evaluación diagnóstica inicial y final. La evaluación inicial sirvió para contextualizar las debilidades y fortalezas del grupo de estudiantes bajo estudio, y diseñar seguidamente una propuesta de intervención docente en el aula. La propuesta se extendió a lo largo de un curso académico, y que consistió en el diseño de actividades y talleres basados en los ítems liberados de PISA, donde se pretendía hacer hincapié en las habilidades menos desarrolladas por los estudiantes. Los resultados obtenidos muestran la eficacia de la intervención ya que se percibió un desarrollo de la competencia científica en los grupos de estudiantes intervenidos.

# ABSTRACT

The development of the scientific competencies in high school students is necessary regarding the progress of any society. Therefore, the teacher must be at the forefront of national and international requirements of the scientific skills that their students need. To this end, in the first place, this study used a qualitative content analysis methodology to analyze the theoretical frameworks proposed by PISA and detailed monitoring of each of the sub-competencies that make up the scientific competence. Then, it contrasted the 164 items released from PISA with the sub-competencies; this allowed to categorize each of the scientific skills evaluated in these tests. This first stage provided an adequate understanding of the competition from its items. Then, secondly, the present work intervened with high school students in Bogotá-Colombia. For this purpose, it used a quasi-experimental methodology based on action research; and the pre-test-intervention-posttest scheme. This study used the PISA items as a resource for the initial and final diagnostic evaluation. The starting evaluation served to contextualize the strengths and weaknesses of the students involved in the study and design a proposal for teaching intervention in the classroom. The study used an academic year to extend the proposal; it used activities and workshops designed with the items released from PISA. The intention was to emphasize the less developed skills of the students. The results obtained show the efficacy of the intervention; they showed the development of scientific competence in the groups of intervened students.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Justificación y planteamiento de la investigación .....	1
Preguntas y Objetivos de la investigación.....	2
Estructura de la tesis doctoral.....	6
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	9
Introducción .....	11
1.1 Antecedentes .....	11
1.2 Estado actual y contribuciones de los ítems PISA.....	17
1.3 La competencia científica en PISA.....	21
1.3.1 Evolución del Concepto de Competencia en PISA.....	26
1.3.2 Contextos científicos propuestos por PISA .....	31
1.3.3 Conocimientos y conceptos científicos.....	34
1.3.4 Los ítems liberados de PISA.....	42
<b>CAPITULO 2. METODOLOGÍA</b> .....	47
2.1 La investigación-acción en educación .....	49
<b>CAPITULO 3. ANÁLISIS DOCUMENTAL</b> .....	55
Introducción .....	57
3.1 Criterios y Procedimientos del Análisis de Contenido .....	57
3.2 Subcompetencia Científica: Evaluar y diseñar la Investigación Científica. ....	59
3.2.1 Aspectos generales de la subcompetencia .....	59
3.2.2 Aspectos particulares de Subcompetencia “Evaluar y diseñar la investigación científica”.....	68

3.3	Subcompetencia Científica: Interpretar datos y pruebas científicas. ....	70
3.3.1	Aspectos generales de la subcompetencia .....	70
3.3.2	Aspectos particulares de la subcompetencia Interpretar datos y pruebas científicas.....	89
3.4	Subcompetencia Científica: Explicar fenómenos científicamente. ....	93
3.4.1	Aspectos generales de la subcompetencia .....	93
3.4.2	Aspectos particulares de la subcompetencia Explicar fenómenos científicamente.....	96
<b>CAPITULO 4. INTERVENCIÓN PEDAGÓGICA .....</b>		<b>99</b>
	Introducción .....	101
4.1	El Enfoque por Competencias y el Contexto de Colombia .....	101
4.2	Uso de ítems PISA como herramienta de evaluación diagnóstica.....	104
4.3	Proceso de intervención en el aula.....	106
4.3.1	Línea de Saberes .....	106
4.3.2	Diseño de la propuesta Didáctica.....	108
4.4	Diseño cuasi-experimental de la Intervención en Aula .....	114
4.4.1	Elección de la muestra para el estudio.....	114
4.4.2	Instrumento de recogida de datos. ....	116
4.4.3	Sistematización de los ítems liberados de PISA en la plataforma Moodle.....	119
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>121</b>
5.1	Análisis inicial de la muestra (grupos de alumnos) .....	123
5.2	Evaluación diagnóstica inicial: Pre-test .....	126
5.3	Análisis cualitativo de la intervención en el aula.....	133
5.3.1	Actividad inicial.....	133
5.3.2	Actividades asociadas a la línea del Saber – Saber.....	134

5.3.3	Actividades asociadas a la línea del Saber – Hacer .....	136
5.3.4	Actividades asociadas a la línea del Saber – Pensar .....	137
5.3.5	Actividades asociadas a la línea del Saber – Actuar.....	139
5.4	Análisis de los resultados del Pos-test .....	141
5.4.1	Análisis transversal .....	141
5.4.2	Análisis longitudinal .....	145
5.5	Implicaciones didácticas .....	149
<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES.....</b>		<b>151</b>
6.1	Conclusiones según los objetivos propuestos .....	153
6.2	Reflexión final .....	167
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>169</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>		<b>185</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>		<b>187</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>		<b>189</b>



# INTRODUCCIÓN

## **Justificación y planteamiento de la investigación**

La formación de personas con la capacidad para utilizar sus conocimientos científicos con el fin último de generar cambios positivos en la sociedad tanto a nivel personal, local y nacional, es el principal reto propuesto por las naciones desarrolladas, ya que tienen claro que una persona científicamente desarrollada es altamente competente en la propuesta y/o solución de ideas de investigación que pueden llevar a descubrimientos de gran importancia, de esta manera entre más personas aporten al país, este tendrá más opciones de generar desarrollo científico, el cual es uno de los principales pilares en la economía de un país.

En este mismo sentido, también se puede destacar que una persona con las competencias científicas necesarias, puede tomar decisiones responsables que aporten al desarrollo de su país, es decir, además del desarrollo científico que pueden llegar a aportar también pueden generar un cambio desde el punto de vista sociocientífico, al elegir líderes que representen ideas que conlleven a una sociedad responsable en todos los ámbitos, entre otros aspectos.

Esta fortaleza científica que puede alcanzar una sociedad no se deja al azar y es por eso que otros países con ideas de progreso y desarrollo han intervenido desde la escuela para que sus estudiantes tengan una formación en ciencias que lleve al desarrollo de competencias científicas concretas. Este interés particular surge entre diferentes países, principalmente los que pertenecen a la organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que tiene como objetivo promover políticas destinadas al crecimiento económico sostenible, contribuir a una sana expansión económica y del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria tanto de países miembros como no miembros (OCDE 2015a).

Esta organización, a través de su Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), monitorea trianualmente los cambios que están teniendo los países participantes en sus sistemas educativos, de tal manera que se supervisa su propuesta educativa en términos del logro de sus estudiantes, centrándose en la búsqueda de preguntas como ¿Qué tan bien

preparados están los jóvenes adultos para afrontar los retos del futuro?, ¿Son capaces de analizar, razonar y comunicar sus ideas de manera efectiva?, ¿Tienen la capacidad de seguir aprendiendo a lo largo la vida?, respuestas que pueden permitir comprender y predecir cuál será el futuro de una sociedad a partir de conocer cuál es el nivel de preparación de su capital humano y su posible aporte a la sociedad y la democracia en su vida adulta (OCDE 2018).

Para este fin, PISA evalúa a estudiantes de 15 años de edad que estén a punto de terminar la educación básica obligatoria de más de 72 países, en áreas como las ciencias, lectura, matemáticas, resolución de problemas y competencia financiera, analizando el nivel de conocimiento y habilidades adquiridas consideradas como esenciales para aportar activamente a la sociedad.

Es aquí donde surge el problema objeto de esta investigación, ya que Colombia ha venido participando de esta prueba desde el año 2006, presentando hasta el momento 5 versiones con resultados desalentadores que nos ubican en los últimos lugares de la tabla de posiciones y que nos dice que nuestro sistema educativo no está preparando estudiantes con el suficiente nivel para que puedan aportar al desarrollo y mejoramiento de nuestra sociedad, dejando ver un oscuro panorama en el futuro del país.

Adicionalmente, los resultados de estas pruebas hacen que se genere una polémica mediática cada vez que salen a la luz ya que se termina descargando toda la responsabilidad en los docentes, de tal manera que, si bien sabemos que el proceso educativo es responsabilidad de todos, gobierno, padres de familia, docentes y sociedad en general, los docentes estamos llamados a proponer alternativas educativas que permita aportar a la sociedad. En este sentido se han planteado las siguientes preguntas y objetivos de investigación.

## **Preguntas y Objetivos de la investigación**

Bajo el espejo de una autoevaluación y desde el punto de vista docente se han establecido cuatro **preguntas de investigación** que se enumeran a continuación:

*Pregunta a-* ¿Cuáles son las características y fundamentos teóricos de las pruebas PISA?

*Pregunta b-* ¿Cómo se contrastan los marcos teóricos de las pruebas PISA propuestos con los ítems utilizados?

*Pregunta c-* ¿Cómo podemos utilizar el conocimiento generado tanto de los marcos teóricos de las pruebas PISA como de sus ítems para ser utilizados en clase?

*Pregunta d-* ¿Cuáles son los posibles aportes de dichas pruebas y sus ítems al proceso de formación docente y como afecta la didáctica en la escuela?

Para responder a cada una de estas preguntas de investigación se han establecido sendos **objetivos generales**:

Objetivo 1.- Realizar una revisión detallada de los marcos teóricos de PISA que permitan comprender el trasfondo de las competencias científicas propuestas y las habilidades específicas que las componen.

Objetivo 2.- Dilucidar cada una de las habilidades que componen la competencia científica a través de la clasificación de 50 unidades que contienen 157 reactivos de ciencias naturales liberados por PISA, según sus competencias y subcompetencia, en pro de evaluar, identificar y retroalimentar el desarrollo de competencias científicas de manera Transdisciplinar como herramienta de orientación en la labor docente.

Objetivo 3.- Diseñar una intervención apropiada que permita fortalecer las debilidades encontradas entre el alumnado en torno a las competencias científicas evaluadas por PISA.

Objetivo 4.- Evaluar el impacto de la propuesta y sus efectos en la didáctica en la escuela y sus aportes en los procesos de formación docente.

Para este fin hemos generado unos **objetivos específicos** o propósitos más concretos que nos indican el camino a seguir con cada uno de los objetivos propuestos, ya que para generar una eficiente intervención docente es primordial conocer en detalle el tema a tratar y valerse tanto de la información como de los recursos necesarios para abordar paso a paso la construcción de una propuesta que genere un verdadero impacto dentro del grupo de estudio.

Dentro del **Objetivo 1**, los objetivos específicos establecidos serán:

- i.- Analizar los marcos teóricos de PISA 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015 y 2018 para hacer un seguimiento detallado de sus respectivas dimensiones y su evolución.

- ii.-Caracterizar cada una de las habilidades que componen las subcompetencias científicas propuestas por PISA.

Para ello se llevará acabo:

- Una revisión bibliográfica sistemática y crítica sobre la investigación acerca de los estudios sobre pruebas PISA.
- Un examen de las pruebas liberadas PISA, analizando el tipo de pregunta y las competencias y subcompetencias que involucra.

Dentro del **Objetivo 2**, los objetivos específicos establecidos serán:

- i.- Comparar diferentes fuentes bibliográficas para organizar una base de ítems PISA confiable.
- ii.- Categorizar cada uno de los ítems PISA de acuerdo a las habilidades exploradas en los marcos teóricos.
- iii.- Recoger un conjunto de conclusiones novedosas acerca de las implicaciones educativas del uso de las pruebas PISA para el diseño de intervenciones en el aula.

Para ello se llevará acabo:

- Una revisión de diferentes fuentes donde se hayan publicado los ítems PISA, tanto fuentes oficiales de la OCDE como fuentes secundarias donde utilizan estos ítems para el apoyo de maestros o en artículos donde hacen la revisión de algunos.
- Una clasificación inicial de cada ítem con respecto a la subcompetencia a la cual pertenezca y después una clasificación según la habilidad específica que pretende evaluar.

Dentro del **Objetivo 3**, los objetivos específicos establecidos serán:

- i.- Analizar el contexto de los estudiantes en torno a las debilidades encontradas en la evaluación diagnostica para organizar el proceso de intervención en aula.

- ii.- Organizar los diferentes ciclos y microciclos dentro de la investigación acción que permitan avanzar en el desarrollo de competencias de forma progresiva.
- iii.- Diseñar a partir de los ítems liberados de PISA actividades y talleres que conlleven al trabajo por competencias en el aula.

Para ello se llevará a cabo:

- Un diagnóstico inicial usando una prueba PISA con alumnos de secundaria para identificar los puntos débiles (pre-test).
- Diseñar una intervención en el aula longitudinal en el tiempo basado en planificar una secuencia de actividades y proponer problemas contextualizados para trabajar las debilidades encontradas y que permita desarrollar las competencias seleccionadas.
- Implementar las actividades y talleres propuestos en el aula.

Dentro del **Objetivo 4**, los objetivos específicos establecidos son:

- i.- Evaluar el proceso de intervención mediante un diseño cuasi-experimental que permita ver el impacto generado en los estudiantes en un estudio de caso con alumnos de grado octavo de la Institución Educativa Alfredo Iriarte en Bogotá Colombia.
- ii.- Evidenciar los principales aportes de estas pruebas censales en los procesos de formación docente.

Para ello se llevará a cabo:

- Determinar la influencia de la intervención a través de la evaluación de resultados del alumnado y deducir el nivel competencial del alumnado derivado de esta intervención.
- Mostrar cómo este tipo de pruebas pueden aportar a los procesos de formación docente y apoyar sus prácticas.

Para perseguir los objetivos descritos, esta investigación se llevará a cabo siguiendo una metodología mixta puesto que se llevará a cabo una fase *cualitativa* consistente en un análisis de contenido que permita una comprensión con alto grado de detalle de los marcos teóricos y los ítems liberados de PISA para que, a partir de ello, se genere un proceso de orientación

docente que conlleve a construir una propuesta metodológica enfocada en mejorar el desarrollo de la competencia científica en los estudiantes, y una fase *cuantitativa* donde se propone un diseño cuasi-experimental para hacer seguimiento y evaluar la propuesta didáctica y su alcance a partir del nivel de rendimiento en ciencias alcanzado. Todo este proceso bajo el modelo de investigación-acción con la que se busca dar respuestas a las preguntas problema planteadas y cuyos resultados aporten a la solución de los problemas sociales que se plantean en este trabajo.

## **Estructura de la tesis doctoral**

En este apartado se presenta la estructura de la presente memoria y la relación de cada uno de los capítulos con el tema de investigación propuesto. Esta tesis se ha estructurado en dos partes, y seis capítulos. La primera parte se dedica a realizar un análisis pormenorizado de las pruebas PISA y sus ítems, y en la segunda parte se da cuenta del proceso llevado a cabo para poder mejorar la competencia científica en alumnos de secundaria usando los ítems PISA como herramienta para dilucidar los puntos débiles sobre los que hay que trabajar en el aula.

El Capítulo 1 se dedica a analizar los antecedentes de las pruebas PISA y sus resultados, haciendo hincapié en el estado actual de las mismas. Así también, se expone el marco teórico, en el cual se presenta el seguimiento a cada una de las Dimensiones que hacen parte de la competencia científica y de la estructura de los ítems que se utilizan.

El Capítulo 2 se dedica a describir la metodología empleada centrada en la investigación-acción, describiendo las fases realizadas en el presente trabajo.

La **primera parte** recoge lo que ha sido la primera fase de esta investigación y se centró en el estudio y análisis de los marcos teóricos de PISA con el fin de profundizar en la competencia científica y categorizar las habilidades que la componen y contrastarlas con los ítems liberados. Esta parte se desarrolla en el capítulo 3 y se ha elaborado en base a tres artículos publicados (Muñoz y Charro 2017a, 2017b, 2018)

El Capítulo 3 estudio y análisis de contenido que llevo a la categorización y clasificación de 50 unidades que contenían un total de 157 reactivos de ciencias naturales liberados de estas evaluaciones, según sus competencias y subcompetencias, evaluando, identificando y

retroalimentando el concepto de competencias. El proceso de análisis e investigación de los marcos teóricos y sus ítems permitió reconocer las tres subcompetencias que conforman la competencia científica propuesta por PISA.

La comprensión de cada una de las habilidades que componen las tres subcompetencias y hacen parte de la competencia científica y el uso de los ítems liberados de PISA llevaron a la construcción de una propuesta didáctica, que como lo menciona Tobón (2006), involucró la interacción del proceso instructivo, el proceso desarrollador, la concepción curricular, la concepción didáctica y el contexto de los estudiantes, a fin de desarrollar la competencia científica en el aula, lo cual constituye la segunda parte de la tesis.

La **segunda parte** contiene los Capítulos 4 y 5 donde se aborda de forma pormenorizada el proceso de intervención en aula de secundaria durante el año natural y curso académico 2019. Esta parte se corresponde con un artículo de investigación que en el momento de redactar esta tesis se encontraba en proceso de revisión en la Revista Eureka. titulado *“El desarrollo de las competencias científicas a través de una línea de saberes: Un análisis experimental en el aula”*.

El Capítulo 4 presenta el proceso de intervención pedagógica en el aula. Así mismo, en este capítulo se describe el diseño cuasi-experimental propuesto y analiza estadísticamente la idoneidad de los grupos de alumnos sobre los que se va a realizar la intervención.

El Capítulo 5 recoge los resultados obtenidos en el proceso de intervención, en donde se aborda el análisis inicial de la muestra, los resultados de la evaluación diagnóstica, el proceso de saberes propuesto y el análisis transversal y longitudinal del pos-test.

Finalmente la tesis concluye con el capítulo 6 dedicado a exponer las conclusiones más relevantes extraídas de esta investigación y que son expuestas siguiendo la relación de los objetivos enumerados en el inicio de esta memoria.



**CAPÍTULO 1.**  
**REVISIÓN DE LA LITERATURA**



## **Introducción**

Los diferentes tipos de evaluaciones estandarizadas, tanto nacionales como internacionales, se han convertido en el presente en la forma de medir los rendimientos alcanzados por los estudiantes, lo cual es un indicativo del nivel de educación que puede tener un grupo de personas ya sea pertenecientes a una institución, ciudad, país o región según el tipo de prueba aplicada (Martínez-Rizo, 2016).

Si bien por un lado estas pruebas pueden ser un instrumento de análisis que implique una retroalimentación para seguir mejorando en los procesos de calidad de la educación, en otros casos se genera un reduccionismo conceptual que se queda en los límites inferiores de la mera comparación de resultados entre instituciones, países o regiones donde se los clasifica y después se los cuestiona fuertemente con ayuda de los medios de comunicación.

En este sentido, en el presente capítulo se pretende dar un recorrido desde los antecedentes que dieron origen a esta investigación y cómo en vez de ver estas pruebas desde la mera comparación de los datos se empieza a trabajarla como una herramienta que puede aportar al crecimiento profesional del docente y que ello puede redundar en generar mejores prácticas de aprendizaje en los estudiantes, coincidiendo así con muchos autores a los que se aludirá a continuación.

Así también se profundizará en el concepto de competencia propuesto por PISA y las dimensiones que se evalúa en esta prueba, seguido de una visión estructural de los ítems liberados y el marco conceptual que los soporta.

### **1.1 Antecedentes**

Colombia es uno de los países que ha enmarcado su sistema educativo bajo el enfoque por competencias, en el que el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (de ahora en adelante MEN), ha propuesto una serie de estándares para cada nivel en la escuela que permiten orientar al docente en las capacidades que deben alcanzar los estudiantes (MEN, 2003). Mediante el Instituto para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), se evalúa constantemente el sistema educativo a partir de los resultados de pruebas nacionales

estandarizadas conocidas como SABER, las cuales se enfocan en analizar el grado de competencias desarrolladas en los alumnos de grados tercero y quinto de primaria, noveno de secundaria y grado undécimo de educación media, tal como se enuncia en el literal *a* del artículo 7 de la ley 1324 del 13 de Julio de 2009 y el literal *a* del artículo 1 del decreto 869 del 17 de marzo de 2010.

De las anteriores evaluaciones se considera más relevante la llamada SABER 11, que evalúa a los alumnos en su último nivel de educación obligatoria y de la cual se desprenden situaciones especiales para: i) Los alumnos que dependerán de un puntaje muy alto si aspiran a ingresar a una universidad pública, de lo contrario se cierran muchas puertas que les impedirán seguir con su formación profesional. ii) Los docentes que ven reflejado su trabajo y esfuerzo en el nivel alcanzado por sus alumnos. iii) Para las Instituciones educativas, que son clasificadas de acuerdo a sus puntajes, etiquetándose así su calidad y iv) Para el mismo ministerio el cual utilizará los datos para sus propios fines en la implementación de proyectos o políticas en pro de mejorar la educación.

Algunos análisis como los realizados por Silva (2014), donde se estudió los resultados de la prueba SABER entre los años 2001 a 2011 y el de Jola (2011), muestran que aproximadamente el 60% de los colegios colombianos se encuentran entre los niveles inferior, bajo y medio, dando a entender que el desarrollo de las competencias en los estudiantes no son lo suficientemente adecuadas en la mayoría de los centros educativos.

Por tal motivo partiendo de esta realidad y con la curiosidad de conocer esta prueba, en 2006 a manera personal, se empezó a analizar su estructura y los ítems que son aplicados por el ICFES en la evaluación en ciencias naturales – química, los cuales fueron utilizados en un grupo de alumnos llevando a cabo procesos de evaluación diagnóstica, de revisión y análisis de los resultados y retroalimentación constante a partir de los problemas propuestos en cada ítem. Después de 8 años de trabajo con estos ítems en dos instituciones educativas públicas, la primera entre 2006 – 2010 y la segunda entre 2011-2014, se nota un éxito en el proceso, pasando en cada caso de un nivel medio a un nivel superior en ciencias naturales – química, según los reportes publicados por el ICFES.

De esta experiencia se puede mencionar que el trabajo con estos ítems fortaleció principalmente la labor docente, en donde se corrigió conceptos erróneos, se acercó a la solución de los problemas planteados en ellos, llevó al docente al fortalecimiento de sus propias competencias y a proponer herramientas didácticas que permitieran corregir las debilidades encontradas a partir de la prueba diagnóstica, se optimizó el tiempo y se encontró que cada generación de estudiantes presenta debilidades diferentes que fueron fortalecidas a partir de una retroalimentación constante. Este proceso de aprendizaje del docente desembocó en mejores resultados en los estudiantes donde fue notorio el incremento de nivel en cada generación y aumento de oportunidades de ingreso a la educación superior (Muñoz, 2013).

Sin embargo, la prueba SABER 11 desde el segundo periodo del 2014 fue reestructurada, pasando de evaluar materias de forma separada como física, química y biología a evaluar en una sola área el conocimiento que son las ciencias naturales. Por tal motivo, sus ítems empiezan a tener un cambio relevante donde se propone el desarrollo de competencias científicas conjuntas. Al indagar sobre estos nuevos ítems y sumado a la coyuntura mediática que estalló en 2013 a partir de los pobres resultados obtenidos por Colombia en las pruebas PISA (Caamaño, 2008; Casas, 2013), se cuestiona la labor docente y la calidad de la educación en el país, dirigiéndose así la atención a este tipo de evaluaciones internacionales. Encontrándose que Colombia hace parte de estas pruebas desde el año 2006 como país asociado, participando hasta el momento en 5 versiones de PISA: 2006, 2009, 2012, 2015 y 2018.

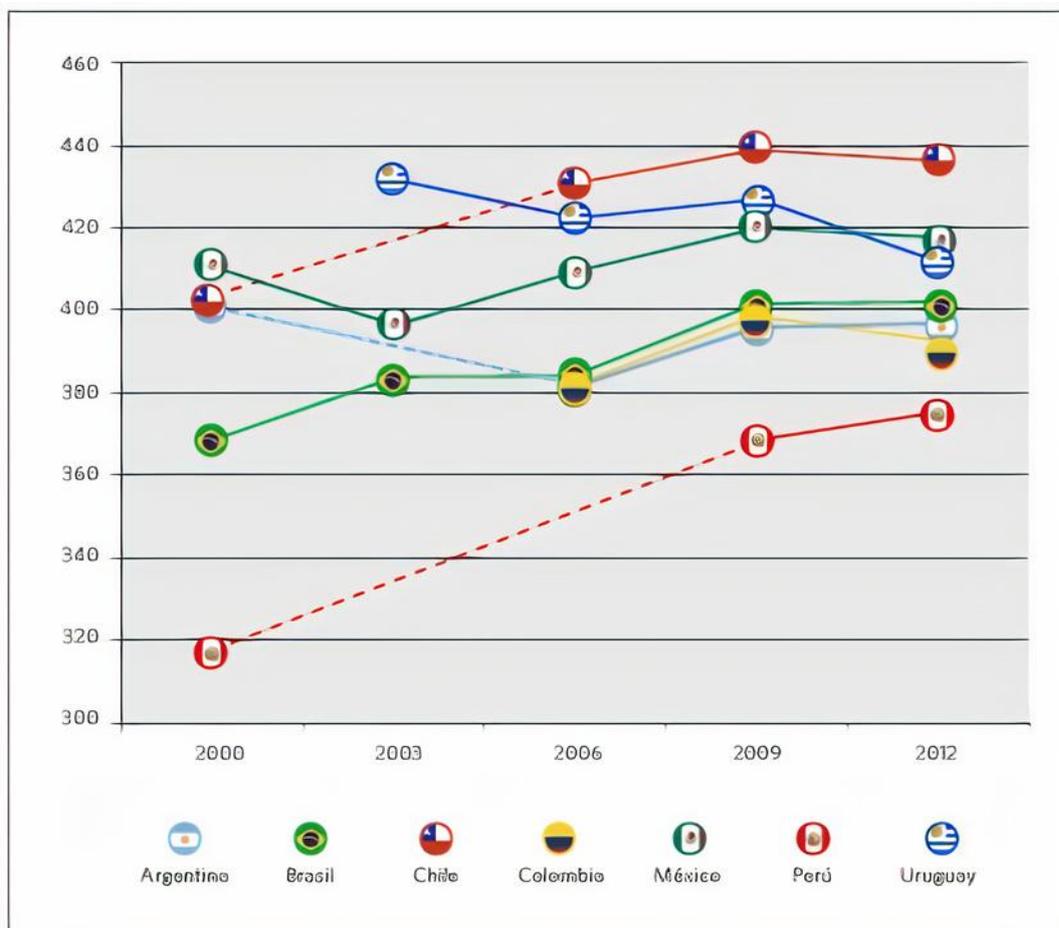
Colombia ha tenido una participación muy sombría, siendo siempre el penúltimo de la lista de países participantes, de tal manera que el rendimiento de los estudiantes colombianos se ubica en los niveles más bajos de estas pruebas, considerándose que sus aportes serán mínimos a la sociedad del futuro (Castelblanco, 2008; Gutiérrez, 2008), superando solo a Perú el cual entre los años 2000 y 2012 presentó una excelente mejora en comparación a los países latinoamericanos que presentan estas pruebas según la investigación de Rivas (2015). Estos datos se pueden visibilizar en la figura 1. Sin embargo, desde el 2012 hasta el 2018 se ha generado un estancamiento donde la variación de los resultados ha sido mínima.

Estos resultados siempre han generado fuertes cuestionamientos al sistema educativo colombiano y sobre todo al gremio docente. Es de aclarar que este tipo de pruebas masivas no

tienen como objetivo orientar puntualmente a las instituciones educativas, sino más bien obtener una información general del sistema educativo de cada país para que puedan tomar las medidas correspondientes a nivel de políticas educativas. Este es el caso del trabajo de Jola (2011), que se basa en los resultados de PISA 2006 para evaluar la calidad de la educación en Colombia y defender el plan sectorial de Educación “Revolución Educativa” que funcionó en el periodo 2002-2010.

**Figura 1.**

*Evolución del puntaje PISA en Matemáticas, Lectura y Ciencias en Latinoamérica.*



*Nota:* Reproducida de Rivas (2015)

El trabajo de Barrera et al. (2012), también tienen en cuenta estos resultados para hacer un diagnóstico de la educación en el país y realizar una propuesta de política educativa para el mejoramiento de la misma. Todas estas recomendaciones han afectado al sistema educativo colombiano. El resultado ha sido que el MEN (2006), las ha involucrado al currículo y evalúa mediante los estándares de competencia con las pruebas nacionales SABER 11 (Rivas, 2015).

Dichos resultados internacionales nos han venido diciendo que nuestra población estudiantil de edad de 15 años, no alcanzan en su mayoría ni el nivel 2 de los 6 niveles propuestos en PISA, es decir, menos del 50% de nuestros estudiantes se encuentran en el nivel 2 y un poco más del 50% se ubican en el nivel 1 de dicha clasificación, siendo tan solo el 1% los que alcanzan los niveles más altos 5 y 6 (OCDE, 2019a; OCDE, 2019b; OCDE, 2019c).

Pero ¿Qué quiere decir esto? En términos de la competencia lectora propuesta por PISA, la cual basa su evaluación en tres categorías 1) acceder y obtener información, 2) integrar e interpretar la información y 3) reflexionar y valorar la información, tenemos que nuestro 50% de estudiantes más avanzados apenas localiza uno o más fragmentos de información, reconoce la idea principal de un texto o interpreta su significado en textos limitados y hacen una mínima reflexión y valoración sobre la información y su relación con el exterior (OCDE, 2017).

Esto permite entender por qué estamos en la cola de los 74 países evaluados, en donde nuestra competencia lectora es dos veces más baja de lo reportado por países de la OCDE y cuatro veces menor de los países con mejores resultados. Esto equivale a un rezago de dos años de escolaridad con respecto a los países de la OCDE y 4 años con respecto a los países con mejores resultados. (Bos et al., 2019).

En términos de la competencia matemática, centrada en tres categorías: 1) Formular las situaciones matemáticas, 2) Emplear conceptos, datos, procedimientos y razonamientos matemáticos, y 3) Interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos, tenemos que mientras el 76% de los estudiantes de países de la OCDE superaron el nivel 2, en Colombia solo lo hicieron el 35% de nuestros estudiantes, estando la mayoría por debajo de este nivel y solo el 1% alcanza el nivel 5 o superiores, traduciéndose estos resultados para el nivel 2, en que los alumnos solo llegan a interpretar y reconocer situaciones en contextos que solo requieren una inferencia directa, es decir será difícil formar conceptos a partir de investigaciones o problemáticas complejas o relacionar diferentes tipos de información.

Estos alumnos solo pueden extraer información de una única fuente y usar un solo modo de representación, sin llegar a utilizar un pensamiento matemático avanzado que le permita desarrollar nuevos enfoques y estrategias para abordar situaciones nuevas. Finalmente, estos

alumnos solo pueden utilizar algoritmos básicos, fórmulas procedimientos o conversiones para resolver problemas con números enteros y hacer interpretaciones literales de los resultados. (OCDE, 2019b)

Finalmente, desde la competencia científica, objeto de esta investigación, sus categorías son: 1) Explicar fenómenos científicamente, 2) Interpretar datos y pruebas científicamente y 3) Evaluar y diseñar la investigación científica. Para las cuales solo el 50% de los estudiantes alcanzan el nivel 2 o superiores frente a una media de la OCDE del 78%, que nos dice, que estos alumnos son capaces de utilizar sus conocimientos de contenido y procedimentales para identificar una explicación científica adecuada, mas no utilizan conocimientos científicos interrelacionados, conceptuales, procedimentales y epistémicos para proponer hipótesis explicativas o predicciones de nuevos fenómenos.

Estos alumnos pueden hacer interpretaciones de datos de diseños experimentales simples, sin llegar a diferenciar información relevante de la que no y recurrir a información externa que no se ha dado en su sistema educativo. Y muestran conocimientos epistémicos básicos que les permiten identificar cuestiones que pueden ser investigables científicamente, pero no pueden evaluar entre complejos diseños experimentales utilizados para investigar un mismo problema y justificar el uso de uno de ellos (OCDE, 2019).

Lo anterior nos enfrenta a un oscuro panorama a nivel de desarrollo de competencias, sumándose a esto la desigualdad social que es uno de los factores que más afecta al proceso educativo en los estudiantes de América Latina (Cingano, 2014; OCDE, 2015c; 2018; 2019b), siendo Colombia uno de los países donde el factor social marca una amplia diferencia en el nivel académico entre colegios con condiciones socioeconómicas altas y los más desfavorecidos (OCDE, 2019b; Sánchez et al. 2019), los cuales se encuentran en el nivel 1 de los datos por PISA.

Es por esto que no se puede generalizar la educación y las estrategias de mejora, que pueden variar según las necesidades y/o debilidades de los estudiantes, de allí que resulte importante realizar una adecuada lectura del contexto que lleve al docente a proponer estrategias que permitan el desarrollo de las competencias adecuadas, a fin de que puedan contribuir a su vida personal, su ámbito social y el desarrollo de su contexto (De Pro, 2012).

En este sentido, ¿Qué podemos hacer para mejorar estos procesos de aprendizaje y generar un adecuado desarrollo de las competencias?, esta es una de las preguntas que dieron origen a este trabajo, específicamente en el desarrollo de la competencia científica, tratando de entender a fondo el concepto de competencia científica propuesto por PISA y cómo puede ser desarrollada desde el aula de manera eficiente en nuestro contexto, puesto que como lo dice Bueno-Blanco (2009) los docentes no están preparados para adoptar una reforma por competencias ya que desconocen su fundamentación.

Atendiendo a lo anterior, se propone que los ítems liberados de PISA pueden servir de apoyo al docente en la comprensión de las diferentes habilidades que un estudiante debe desarrollar, así como también servir de ejemplo para el docente en la construcción de unidades didácticas, actividades o talleres que lleven al desarrollo de competencias científicas y finalmente utilizar los ítems en procesos de evaluación diagnóstica que permitan tener un acercamiento real al contexto y necesidades de los estudiantes, tal como se sustenta en el desarrollo de esta investigación. Ideas que nacieron bajo una reflexión personal pero que cada vez se fueron fundamentando y coincidiendo con las propuestas de otros autores que han venido trabajando alrededor de los ítems de PISA.

## **1.2 Estado actual y contribuciones de los ítems PISA**

Las pruebas PISA desde sus inicios en el año 2000, han generado gran controversia dando origen a variados estudios que buscan recabar tanto en sus bondades como en sus debilidades ya que si bien han sido construidas por expertos de diferentes países, no implica que no sean susceptibles de mejora, por tanto algunas investigaciones se han dirigido a cuestionar aspectos como: la cuestión lingüística y cultural en el momento de traducción de los ítems del inglés o francés a otras lenguas, lo cual puede ocasionar un cambio en el nivel de dificultad del ítem y dejar de tener las mismas connotaciones significativas que el original, afectando así los resultados psicométricos de la evaluación (Bonnet, 2006).

Otras se han centrado en visibilizar la descontextualización de los informes ya que generan una fuerte crítica sobre la idoneidad de sus datos que pueden ser sesgados, acrílicos y simplificadores, donde debe eliminarse el efecto ranking que solo moviliza cuestiones a nivel político y periodístico pero no generan un cambio real al sistema educativo (Barquín et al., 2011).

Otros se han enfocado en sus ítems y escalas, encontrando que sus ítems no miden los diferentes niveles del conocimiento tal como se propone en los marcos teóricos de PISA (Gallardo-Gil et al., 2010) y (Yus et al., 2013).

Finalmente, se encuentran los estudios que cuestionan su validez, postura en la que destacan trabajos como el de Drechsel (2011) concluyen que un modelo que incluya mas unidades de evaluación puede permitir mejorar la medición de una dimensión dándole mayor potencia y estabilidad a los resultados, o el trabajo de Lau (2009) que pone en duda la validez de PISA ya que evalúa en mayor cantidad los conocimientos científicos y procedimentales de la ciencias y muy poco la naturaleza de la ciencia o alfabetización científica multidimensional.

Por el contrario, autores como Acevedo (2005) han invitado a los docentes a realizar una lectura de los resultados de estas pruebas para que tengan una visión informada y crítica que puede aportar a su labor y dejando de lado interpretaciones y atribuciones de causalidad generada en los medios de comunicación donde se suele presentar una importante intencionalidad política, que pueden oscurecer el debate, considerando que estos estudios comparativos pueden servir para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, la enseñanza practicada por el docente y la eficiencia de centro educativos (Acevedo, 2007).

En la misma línea, Alcañiz y Cervera (2014) proponen que los métodos y técnicas que sustentas dichas evaluaciones, se pueden introducir en el aula, adaptándolos a cada materia y permitiendo que los alumnos se acerquen al desarrollo de competencias internacionales. Así también, Gil y Vilchez (2006) dejaron ver la importancia de superar el escaso conocimiento por parte del profesorado sobre el proyecto PISA, comentando que ello ha impedido que se ejerzan influencias positivas y por tanto es necesario mostrar las virtudes del proyecto y su relación con las aportaciones de investigación educativa.

En terminos generales, los ítems de PISA han sido utilizados en variadas investigaciones ya que permiten contrastar las habilidades propuestas con los conocimientos utilizados dentro de la competencia científica, responiendo a la solicitud que hacian Gil y Vilches en 2006, quienes visibilizaban la necesidad de llegar a los docentes a través de investigaciones que permitan comprender los conocimientos teóricos de la misma. Con esta misma idea, autores como Harlen (2002), Rubio (2008) y Sadler y Zeidler (2009), entre otros, iniciaron con

investigaciones dando a conocer cómo el proyecto PISA evalúa la alfabetización científica y cómo los ítems planteados se relacionan con ella y las cuestiones sociocientíficas, generándose una corriente de investigaciones que buscaron abordar las diferentes capacidades y habilidades que hacen parte de la competencia científica propuesta por PISA para servir de ejemplo, facilitar y orientar a los maestros en su abordaje desde el aula.

Este ha sido el horizonte de la investigación propuesta, en donde se deja de ver estas pruebas masivas desde un reduccionismo conceptual y se empieza a verlas como una oportunidad de aprendizaje, debido a que su constructo teórico se relaciona con aportaciones valiosas de autores como Gott y Duggan (1996), National Research Council (2012), Osborne et al. (2003), Osborne (2013), Postigo y Pozo (2000) y Schalk y Schee (2008) proponiendo que la competencia científica involucra, además del conocimiento de contenido, habilidades y capacidades que permitan el reconocimiento y control de variables, elegir el tamaño de la muestra, la identificación de la pregunta de investigación, construcción de tablas y gráficos, análisis e interpretación de los datos y la obtención de conclusiones, habilidades que involucran el uso de un conocimiento procedimental y hacen parte de las subcompetencias de evaluar y diseñar la investigación científica e interpretar datos y pruebas científicamente.

Sin embargo, es en el proyecto PISA, donde se recogen todas estas aportaciones a lo largo de los diferentes marcos teóricos y se han venido refinando conceptos que se ampliarán más adelante. En este sentido, después de la primera década del nacimiento de PISA caracterizada por las fuertes críticas en torno a sus marcos teóricos y sus ítems; se empieza, desde el 2010, a generar una corriente de investigaciones que buscan abordar las diferentes capacidades y habilidades que hacen parte de la competencia científica propuesta por PISA para servir de ejemplo, facilitar y orientar a los maestros en su abordaje desde el aula.

Trabajos como el de Ferrés-Gurt (2017), Joglar-Campos (2015), Sanmartí y Márquez (2012) que han orientado al maestro al desarrollo de la habilidad de plantear preguntas científicamente investigables utilizando como mediadores dichos ítems, o los trabajos de Crujeiras y Gallástegui (2013), Crujeiras-Pérez (2015; 2017), Crujeiras y Jiménez-Aleixandre (2012; 2015), González-Rodríguez y Crujeiras-Pérez (2016) Pérez-Vidal y Crujeiras-Pérez (2019) y Franco-Mariscal (2015) que se centran en desarrollar los procesos de indagación y en la construcción de diseños experimentales desde el laboratorio, permitiendo abordar

diferentes habilidades como el manejo de la información, planificación y diseño de la investigación, recogida y procesamiento de datos, análisis de datos, emisión de conclusiones, y comunicación de resultados.

Otros autores como Berciano et al. (2015), García y Perales (2006), Perales y Vilchez (2015), Solar et al. (2015) enfocan sus estudios en las dificultades que presentan los estudiantes en la construcción, representación y análisis de tablas y gráficas y sus propuestas didácticas de solución. En cambio, García-Rodeja et al. (2020), Blanco-Anaya y Díaz (2017) y Caamaño (2017) centran su interés en la competencia “explicar fenómenos científicamente” buscando a partir de modelos o del desarrollo de patrones de razonamiento complejo desarrollar en los alumnos mejores explicaciones de dichos fenómenos.

O los que buscan el desarrollo de procesos de pensamiento de orden superior como la justificación y argumentación a partir del análisis de las pruebas en contextos variados como los trabajos de Crujeiras-Pérez y Jimenez-Aleixandre (2015), Jiménez-Aleixandre y Puig (2013), Custodio y Marquez (2015), Bravo y Jiménez-Aleixandre (2015), Jiménez-Aleixandre (2003) y Sales et al. (2015). Y finalmente, los que a partir de contextos significativos buscan el abordaje de las habilidades ya mencionadas utilizando unidades didácticas para trabajar en clase, como los trabajos de Caamaño (2011), Blaco-López et al. (2012), Franco-Mariscal et al. (2014; 2017), y Blanco y Lupión (2015).

Este grupo de autores han marcado el camino en la comprensión de la competencia científica, sin embargo, como podemos notar, cada uno se centró en un apartado específico, debido a la cantidad de habilidades que involucra esta competencia y en donde muchas de estas investigaciones nacen a partir del uso o del análisis de los ítems liberados de PISA y sus marcos teóricos.

Es decir, coincidimos claramente con los anteriores autores en que este tipo de pruebas pueden convertirse en una herramienta de aprendizaje y orientación para el docente y aportar a la mejora del aprendizaje, la enseñanza y los currículos generando una renovación de la enseñanza de las ciencias, en donde nuestro aporte principal se centra en el uso de los ítems o reactivos liberados de PISA como ejemplos tangibles que pueden facilitar en el docente la comprensión de la competencia científica propuesta en estas pruebas, el reconocimiento de su

contexto real de trabajo mediante una evaluación diagnóstica utilizando dichos ítems y la construcción de actividades que contribuyan al desarrollo de una adecuada competencia científica, siendo este el eje principal para exponer la estructura de la investigación que se ha realizado y que se presenta a través de los diferentes capítulos propuestos, en los cuales se ha tratado de dar solución a cada uno de los objetivos planteados.

### **1.3 La competencia científica en PISA**

Las competencias científicas, son los conceptos más mencionados dentro del proceso de educación en las ciencias naturales y muchos países han tomado como guía las presentadas por PISA, estas competencias son evaluadas a partir de unidades de evaluación, o también llamados ítems o reactivos PISA, los cuales han sido planteados por diferentes expertos pertenecientes al proyecto.

Algunas de estas unidades se han liberado como reactivos para servir de ejemplo en la comunidad académica, y en muchos casos se los ha organizado y clasificado para ser utilizados como guías, orientando a los docentes al trabajo por competencias enmarcadas dentro de un conocimiento científico contextualizado en problemas de la vida cotidiana. De ahí que surja gran interés hacia el uso de estos reactivos, como el presentado por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), que hace parte del Ministerio de Educación Español, en donde se puede encontrar la mayoría de dichos reactivos organizados por disciplinas y en formato pdf que además contienen los criterios de evaluación y características de cada pregunta.

Dentro del presente apartado, se aborda el primer objetivo específico, centrando la atención en los marcos teóricos de PISA y sus Ítems, los cuales pueden facilitar la comprensión de las diferentes habilidades que conforman cada competencia, los tipos de conocimiento utilizado y como se relacionan estos con las competencias, los contextos trabajados, y las temáticas abordadas, de tal manera que se conviertan en ejemplos de orientación docente, y que además puede ser utilizados como instrumento de evaluación diagnóstica que lleve a entender las necesidades de sus estudiantes y al mismo tiempo orienten el diseño de actividades y talleres relacionados con las dificultades que presentan los alumnos en cada subcompetencia, permitiendo proponer el mejor camino en la búsqueda y propuesta de prácticas concretas partiendo de las necesidades del grupo.

La comprensión de este concepto debería ser el primer paso para iniciar cualquier proceso de enseñanza – aprendizaje ya que no se puede enseñar lo que no se sabe o no se tiene claro, y el enfoque por competencias a pesar de tener más de dos décadas sigue siendo desconocido por muchos docentes que siguen sumidos en la mera reproducción de contenido, y desconocen la fundamentación por competencias (Bueno-Blanco, 2009).

En los países latinoamericanos si bien se han realizado propuestas curriculares en torno a las competencias, investigaciones como las de Rivas (2015) muestran que los desempeños siguen siendo bajos en comparación a países desarrollados y muchos docentes continúan sin esa preparación que permita abrir nuevos caminos en los procesos educativos en torno a las competencias que tiene como bandera de dicho enfoque, la preparación de personas con habilidades que puedan aportar al desarrollo de la sociedad.

En este sentido actualmente siguen surgiendo preguntas como ¿cuáles son dichas habilidades tan anheladas? y que desde 1997 Gonczi proponía que son una serie de atributos, valores, habilidades y actitudes que se utilizan en diferentes combinaciones para llevar a cabo tareas ocupacionales, tal como el desempeño en el trabajo, sin embargo Dubois, D. (1998) hizo una distinción entre las habilidades desarrollada para el trabajo (*Competence*) y las que debe desarrollar un ciudadano del común (*Competency*), concepto que sigue generando polémica entre algunos docentes que recaen en la discusión de lo laboral en vez de centrarse en las habilidades generales donde se propone que son todas aquellas características, conocimientos, habilidades, patrones de pensamiento y similares que cuando se utilizan ya sea singularmente, o en diversas combinaciones, los resultados dan lugar a un desempeño exitoso (Dubois, 1998).

En este sentido el termino competencia empieza acuñarse y dentro del que hacer educativo también toma forma, proponiéndose que es un proceso de ejecución de saberes, en donde el conocimiento o saber saber, debe traducirse en un saber pensar, saber desempeñar, saber interpretar, saber actuar dentro de un contexto determinado (Argudin, 2001).

De esta manera el término competencia es abordado por varios autores tal como lo presenta Andrade y Hernández (2010) quien hace un seguimiento extenso sobre el concepto de competencia centrandó la idea principal en tres aspectos; a- La movilización de

conocimientos y habilidades, b- para aplicarlos en la solución de situaciones problemáticas y c- en diferentes contextos.

Sin embargo, uno de los conceptos más controvertidos es el dado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), que centra el interés de las naciones en el capital humano y busca evaluar si los estudiantes de 15 años de diferentes países han desarrollado la competencia de utilizar sus conocimientos, habilidades, capacidades y otros atributos que, en conjunto, permitan a la persona resolver problemas y situaciones de la vida, y que influyan de manera significativa en el bienestar personal, social y económico (OCDE, 2006a). Competencias evaluadas mediante PISA y cuyas habilidades planteadas contemplan aspectos interesantes tal como lo recalca De Pro (2012) al señalar la importancia de la utilidad del conocimiento, al conectar la educación formal dada en las escuelas con la vida que hay por fuera de ellas, convirtiéndose el aprendizaje en algo que se extiende a lo largo de toda la vida.

En cada una de las siete versiones de PISA ejecutadas internacionalmente hasta la fecha, se presenta su correspondiente marco teórico, de los cuales tres presentan cambios relevantes en cuanto a la competencia científica (2000, 2006 y 2015). El marco teórico para PISA 2000 generó las bases teóricas y conceptuales de las que se desprende la justificación general de la competencia científica y que fue ampliada y evaluada por primera vez en 2006 en profundidad, volviéndose a generar modificaciones y ser centro de profundización en PISA 2015.

Este concepto ha venido siendo refinado desde el propuesto por la OCDE en 1999, que postula que una persona científicamente alfabetizada debe tener la “competencia de utilizar los conocimientos y habilidades científicas, no solo para entender el mundo natural sino también para intervenir y ayudar en la toma de decisiones que lo afectan y los cambios que se han generado por la actividad humana” (OCDE 1999, 2003, 2004, 2006b, 2015, 2016, 2018). Para este propósito, PISA 2015 y 2018 retoman este principio básico y lo enriquece basándolo en 4 dimensiones interrelacionadas (Ver tabla 1), de las cuales las tres primeras tienen sus orígenes en PISA 2000 y la última nace con la prueba de 2006.

**Tabla 1.***Dimensiones del Marco de la Evaluación Científica en PISA 2015.*

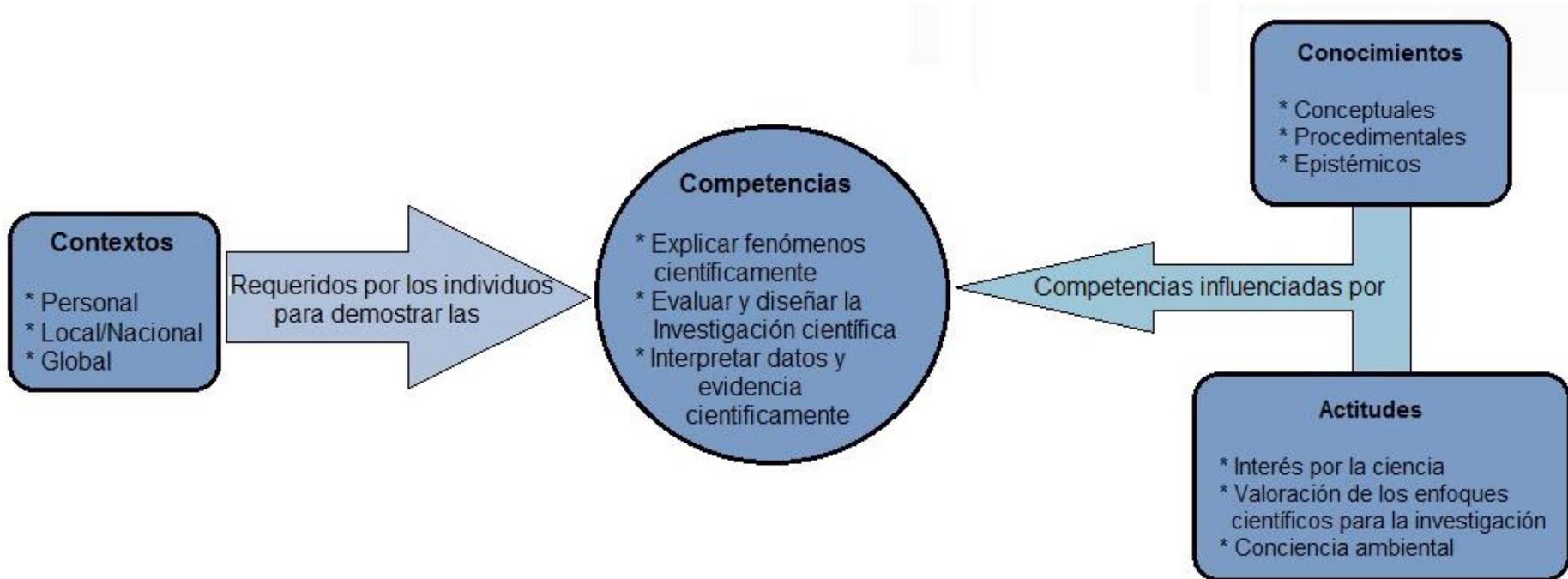
<b>Dimensiones</b>	<b>Enfoque</b>
<i>Contextos</i>	Cuestiones personales, locales, nacionales y globales, tanto actuales como históricos, que exigen una cierta comprensión de la ciencia y la tecnología.
<i>Conocimiento</i>	La comprensión de los principales hechos, conceptos y teorías explicativas que forman la base del conocimiento científico. Este conocimiento incluye tanto el conocimiento del mundo natural y artefactos tecnológicos (conocimientos de contenido), el conocimiento de cómo se producen tales ideas (conocimiento procedimental) y una comprensión de los fundamentos de estos procedimientos y la justificación de su uso (conocimiento epistémico).
<i>Competencias</i>	La competencia de explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica e interpretar los datos y pruebas científicas.
<i>Actitudes</i>	Un conjunto de actitudes hacia la ciencia indica un interés en la ciencia y la tecnología; la valoración de los enfoques científicos a la investigación, en su caso, y una percepción y conciencia de los problemas ambientales.

*Nota:* Adaptado de OCDE (2016)

De esta manera el proyecto PISA propone tres competencias científicas como el eje principal y resultado de la interacción de las otras dimensiones, según se muestra en la figura 2. Sin embargo, a la luz de los ítems presentados en este trabajo, no se abordan aquellos ítems que evalúan la dimensión actitudinal, debido a que sólo en PISA 2006 se vincularon estos ítems a algunas unidades, pero que después fueron retirados en las siguientes versiones y evaluadas por cuestionarios separados que no fueron abordados en esta investigación. De tal manera que los ítems que se presentan, se centran en la interacción de los conocimientos, competencias y contextos científicos.

**Figura 2.**

*Estructura de la Evaluación de Alfabetización Científica en el Marco de PISA 2015.*



*Nota:* Adaptado de OCDE (2016).

### **1.3.1 Evolución del Concepto de Competencia en PISA**

Cada uno de los componentes de PISA indicados en la figura 2, no se dieron espontáneamente, sino que fueron el resultado de un proceso de evolución en donde se tuvieron en cuenta diferentes investigaciones que fueron aportando y enriqueciendo los diferentes conceptos que en esta prueba se presentan hasta tener una base cada vez más consolidada.

De esta manera es en el marco teórico del PISA 2000 donde se inicia utilizando el término de proceso científico y definiéndolo como “acciones mentales (y a veces físicas) utilizadas en la concepción, obtención, interpretación y uso de evidencia o datos para obtener conocimiento o entendimiento” y además se menciona que “se convierten en procesos científicos cuando el sujeto en cuestión extrae de los aspectos científicos del mundo y el resultado de la utilización de los temas para promover conocimiento científico” (OCDE 1999, p.61), de esta manera se propone inicialmente 5 procesos que son:

- i. El reconocimiento de cuestiones científicas
- ii. La identificación de pruebas científicas
- iii. La elaboración de conclusiones
- iv. La comunicación de estas conclusiones y
- v. la demostración de la comprensión de los conceptos científicos

Cada uno de estos procesos enmarca un grupo de capacidades presentadas en la tabla 2.

Ya en el marco teórico de PISA 2003 (OCDE 2003, p. 137) estos 5 procesos se reorganizan en tres que pasan a nombrarse de la siguiente manera:

- i. Describir, explicar y predecir fenómenos científicos
- ii. La comprensión de la investigación científica
- iii. Interpretar la evidencia científica y conclusiones

Las capacidades que nombran en cada uno de ellos recogen las mismas propuestas en los 5 procesos presentados por PISA 2000, con lo cual solo se emplea un cambio de términos que

definen el proceso, pero sus capacidades siguen siendo las mismas, reorganizándose tal como se indica en la tabla 3.

**Tabla 2.**

*Capacidades que Caracterizan cada Proceso Científico propuesto en PISA 2000*

<b>Procesos</b>	<b>Capacidades</b>
<i>i. Reconocer preguntas científicamente investigables</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identificar la pregunta o idea que estaba siendo (o podría haber sido) probada en una investigación determinada.</li> <li>* Distinguir preguntas que pueden ser respondidas por la investigación científica de las que no pueden.</li> <li>* Sugerir más abiertamente una pregunta que sería posible investigar científicamente en una situación determinada.</li> </ul>
<i>ii. Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Identificar la información que se necesita para una prueba válida de una idea determinada.</li> <li>* Identificar o reconocer que cosas deben ser comparadas.</li> <li>* Qué variables se deben cambiar o controlar.</li> <li>* Qué información adicional se necesita.</li> <li>* Qué medidas se deben tomar para que los datos pertinentes se puedan recoger.</li> </ul>
<i>iii. Diseñar o evaluar conclusiones.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sacar o evaluar críticamente conclusiones que se han elaborado a partir de datos dados.</li> <li>* Producir una conclusión a partir de pruebas o datos científicos determinados.</li> <li>* Selección de alternativas a la conclusión que se ajusta a los datos</li> <li>* Dar razones a favor o en contra de una conclusión dada en función de los datos proporcionados</li> <li>* Identificación de los supuestos hechos para llegar a una conclusión</li> </ul>
<i>iv. Comunicar conclusiones válidas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Comunicar a una audiencia específica conclusiones válidas a partir de la evidencia y los datos disponibles</li> <li>* Producir un argumento basado en la situación y los datos dados, o en información adicional relevante, expresada de una manera que sea apropiada y clara para el público.</li> </ul>
<i>v. Demostrar comprensión de los conceptos científicos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aplicar los conceptos apropiados en una situación dada</li> <li>* Explicar relaciones y las posibles causas de los cambios propuestos</li> <li>* Hacer predicciones en cuanto al efecto de los cambios propuestos</li> <li>* Identificar los factores que influyen en un resultado dado, utilizando las ideas científicas y/o información que no se les ha dado</li> </ul>

*Nota:* Reproducido del marco teórico de PISA 2000 (OCDE 1999, p. 61)

**Tabla 3.***Reorganización de los Procesos de PISA 2000 en PISA 2003*

<b>Año</b>	<b>Proceso</b>		
2003	i. Describir, explicar y predecir fenómenos científicos	ii. Comprensión de la investigación científica	iii. Interpretación científica de las evidencias y las conclusiones
2000	v. Demostrar comprensión de los conceptos científicos.	i. Reconocer preguntas científicamente investigables. ii. Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica.	iii. Diseñar o evaluar conclusiones. iv. Comunicar conclusiones válidas.

Nota: Adaptado de OCDE 1999 y 2003

En el marco teórico de PISA 2006 ya no se utiliza el término de procesos científicos sino pasa a utilizarse el término de competencias científicas, entendidas como las capacidades concretas que demuestran los estudiantes tanto en el uso de sus conocimientos y destrezas cognitivas como de sus actitudes, valores y motivaciones al abordar y dar respuesta a las cuestiones relacionadas con la ciencia (OCDE 2006B, p. 29), de este modo se proponen 3 competencias, las cuales son lo más amplias posibles y recogen tanto los procesos de PISA 2000 como de PISA 2003, y otros aspectos que se relacionan con la utilidad personal, la responsabilidad social y el valor intrínseco del conocimiento científico y las cuales se presentan en la tabla 4 junto otros procesos que se mencionan a lo largo del marco teórico 2006.

A partir de PISA 2006 el marco teórico no sufre cambios dentro del dominio de la alfabetización científica en los años siguientes 2009 y 2012 pero nuevamente en 2015 por ser centro de interés del proyecto PISA, su marco teórico es actualizado. En este marco nuevamente se notan pequeños cambios con respecto al nombre que define las competencias propuestas utilizando términos más amplios (OCDE 2015b, p. 15, 16) pero al igual que en los anteriores marcos se vincula las anteriores competencias como sus correspondientes procesos tal como se resume en la tabla 5 y que permanecerían igual en el marco teórico de PISA 2018.

**Tabla 4.***Competencias Científicas en PISA 2006 y los Procesos de PISA 2000 Y 2003*

<b>Año</b>	<b>Competencias y procesos</b>		
2006	<b><i>Explicar fenómenos científicos</i></b>	<b><i>Identificar cuestiones científicas</i></b>	<b><i>Utilizar pruebas científicas</i></b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada</li> <li>•Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios</li> <li>• Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente</li> <li>• Identificar términos clave para la búsqueda de información científica</li> <li>• Reconocer los rasgos clave de la investigación científica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones</li> <li>•Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones</li> <li>•Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos</li> </ul>
2003	<b><i>i. Describir, explicar y predecir fenómenos científicos</i></b>	<b><i>ii. Comprensión de la investigación científica</i></b>	<b><i>iii. Interpretación científica de las evidencias y las conclusiones</i></b>
2000	<b><i>v. Demostrar comprensión de los conceptos científicos.</i></b>	<b><i>i. Reconocer preguntas científicamente investigables.</i></b>  <b><i>ii. Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica.</i></b>	<b><i>iii. Diseñar o evaluar conclusiones.</i></b>  <b><i>iv. Comunicar conclusiones válidas.</i></b>

*Nota:* Adaptado de OCDE (1999; 2003; 2006)

Como consecuencia esta lectura y comparación de las capacidades propuestas en cada uno de los marcos teóricos, permiten detallar que las habilidades que conforman cada subcompetencia se repiten a lo largo de ellos y definen la competencia específica en que se clasifica un determinado ítem. De esta manera la relación general entre estos procesos y competencias se presentan en la tabla 6.

**Tabla 5.***Competencias de PISA 2015-2018 y sus respectivos Procesos.*

<b><i>Explicar fenómenos científicamente</i></b>	<b><i>Evaluar y diseñar la investigación científica</i></b>	<b><i>Interpretar datos y pruebas científicas</i></b>
<p>Reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos que demuestran la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recordar y aplicar el conocimiento científico adecuado;</li> <li>• Identificar, utilizar y generar modelos explicativos y representaciones;</li> <li>• Hacer y justificar predicciones adecuadas;</li> <li>• Plantear hipótesis explicativas;</li> <li>• Explicar las implicaciones potenciales de conocimiento científico en la sociedad.</li> </ul>	<p>Describir y evaluar las investigaciones científicas y proponer formas de abordar las cuestiones que demuestran científicamente la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la pregunta explorada en un estudio científico determinado;</li> <li>• Distinguir las preguntas que son posibles de investigar científicamente;</li> <li>• Proponer una forma de explorar una pregunta determinada científicamente;</li> <li>• Evaluar formas de explorar una pregunta determinada científicamente;</li> <li>• Describir y evaluar una serie de formas que los científicos usan para asegurar la fiabilidad de los datos y de la objetividad y la generalización de las explicaciones.</li> </ul>	<p>Analizar y evaluar los datos científicos, las alegaciones y argumentos en una variedad de representaciones y extraer conclusiones apropiadas que demuestran la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformar los datos de una representación a otra;</li> <li>• Analizar e interpretar los datos y extraer conclusiones apropiadas;</li> <li>• Identificar la hipótesis, las pruebas y el razonamiento en los textos relacionados con la ciencia;</li> <li>• Distinguir entre los argumentos que se basan en la evidencia científica y la teoría y los basados en otras consideraciones;</li> <li>• Evaluar argumentos científicos y la evidencia de diferentes fuentes (por ejemplo, periódicos, internet, revistas).</li> </ul>

*Nota:* Tomado del marco teórico de PISA 2015 (OCDE 2015b, p. 15, 16)

Teniendo en cuenta el presente recorrido se tiene que, a lo largo de las 7 versiones de evaluación ejecutadas, en PISA 2000 se presentaron 5 procesos científicos, siendo reagrupados en 3 procesos en PISA 2003, nombrados en ambas versiones como “*Scientific processes*” y que en las versiones siguientes (PISA 2006 a 2018) pasaron a denominarse competencias (*Competencies*) con pequeños cambios en sus nombres, tal como se resume en la tabla 6. En este trabajo cada una de las tres competencias se trata como una subcompetencia de la competencia científica global para poderlas tratar de forma individual.

**Tabla 6.***Reagrupación y Evolución de los Procesos y Competencias en PISA 2000 a 2018*

<b>Procesos</b>		<b>Competencias</b>	
<b>PISA 2000</b>	<b>PISA 2003</b>	<b>PISA 2006, 2009,2012</b>	<b>PISA 2015, 2018</b>
Reconocer preguntas científicamente investigables.	Comprensión de la investigación científica	Identificar cuestiones científicas	Evaluar y diseñar la investigación científica
Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica			
Diseñar o evaluar conclusiones	Interpretación de la evidencia científica y conclusiones	Utilizar pruebas científicas	Interpretar datos y pruebas científicas
Comunicar conclusiones válidas			
Demostrar la comprensión de los conceptos científicos	Describiendo, explicando y prediciendo fenómenos científicos	Explicar fenómenos científicos	Explicar fenómenos científicamente

Nota: Elaboración propia a partir de los marcos teóricos 2000 a 2015.

Esos pequeños cambios suponen la evaluación de competencias más amplias que requieren mayor número de habilidades, de las cuales, algunas de las habilidades específicas se han cimentado a lo largo de las 7 versiones y se ven reflejadas de forma completa en el marco teórico de PISA 2015 que recoge todas estas habilidades específicas que habían venido definiendo cada una de las subcompetencias en los antiguos marcos teóricos, estas tres subcompetencias recogen los habilidades importantes que aportaran al desarrollo de la competencia científica.

### **1.3.2 Contextos científicos propuestos por PISA**

En marco teórico de PISA 2000, en los contextos se justifica la importancia de relacionar el conocimiento con situaciones de la vida cotidiana y por tal motivo se presentan como asuntos que están relacionados en i. Lo personal o familiar (personal), ii. La comunidad en general (público) y iii. a todo el mundo (Global) (OCDE 1999, p. 65). Contextos que marcan una

distinción con respecto al comportamiento de los estudiantes, ya que con ellos se puede visibilizar en qué nivel puede utilizar el conocimiento científico un estudiante, si solo para su beneficio personal o familiar, lo que nos indica una falta de conciencia e interés por lo que pasa a nuestro alrededor, en el ámbito nacional o público, que nos indica que por lo menos ya existe una preocupación en la sociedad en la que vivimos y que radica en una responsabilidad en la toma de decisiones y finalmente en un ámbito global que sería el ideal para alcanzar un pensamiento enfocado a la protección de nuestro planeta. Siendo este último componente clave en la comprensión del tipo de población que tiene un determinado país, ya que cuando el global o nacional subyacen sobre el particular o personal se tiene una población que defenderá en grupo y bajo un mismo ideal sus recursos y estarán encaminados en la construcción de una sociedad responsable para beneficio general.

En el marco teórico de PISA 2003 se reorganizan las áreas y el apartado de conocimientos y contenidos pasa a ser el de situación y contextos, comentando que tanto los procesos científicos como los conocimientos científicos deben de estar enmarcados en situaciones importantes del mundo real y por tanto se mencionan las áreas en las que los ciudadanos del presente y el futuro deben tomar decisiones sobre ella, de tal manera que tanto los conocimientos y procesos científicos deberán ser aplicados dentro de dichas áreas. Sin embargo, no se amplía la información dada para este componente.

Ya en el marco teórico de PISA 2006 la relación entre las áreas y los contextos se vuelve más visible, insistiendo en la importancia de la articulación del conocimiento en aspectos de la vida diaria. De tal manera que se propone un listado de las aplicaciones de la ciencia dentro de los contextos personales, sociales y globales en función de las áreas que pasan de ser tres en PISA 2000 y 2003 a cinco en PISA 2006 y por lo tanto se definen algunos temas que eran generales en los anteriores marcos. Estas áreas son: la salud, los recursos naturales, el medio ambiente, los riesgos y las fronteras de la ciencia y la tecnología. (OCDE 2006, p. 27). La tabla 7 especifica estas relaciones que orientaran en la clasificación de los ítems o reactivos liberados.

En los marcos teóricos de PISA 2015 y 2018 tanto los contextos como las áreas no sufrieron cambio alguno a excepción del nombre del contexto comunitario o social que se venía trabajando en PISA 2006 por el de local/nacional en PISA 2015. Los temas y contenidos

relacionados con los contextos y áreas se mantienen iguales presentándose la misma información indicada en la tabla 7.

**Tabla 7.**

*Áreas y contexto en PISA 2006*

<b>Contextos Áreas</b>	<b>Personal (yo, familia y compañeros)</b>	<b>Social (la comunidad)</b>	<b>Global (la vida en todo el mundo)</b>
<i>Salud</i>	Conservación de la salud, accidentes, nutrición	Control de enfermedades, transmisión social, elección de alimentos, salud comunitaria	Epidemias, propagación de enfermedades infecciosas
<i>Recursos naturales</i>	Consumo personal de materiales y energía	Manutención de poblaciones humanas, calidad de vida, seguridad, producción y distribución de alimentos, abastecimiento energético	Renovables y no renovables, sistemas naturales, crecimiento demográfico, uso sostenible de las especies
<i>Medio ambiente</i>	Comportamientos respetuosos con el medio ambiente, uso y desecho de materiales	Distribución de la población, eliminación de residuos, impacto medioambiental, climas locales	Biodiversidad, sostenibilidad ecológica, control demográfico, generación y pérdida de suelos
<i>Riesgos</i>	Naturales y provocados por el hombre, decisiones sobre la vivienda	Cambios rápidos (terremotos, rigores climáticos), cambios lentos y progresivos (erosión costera, sedimentación), evaluación de riesgos	Cambio climático, impacto de las modernas técnicas bélicas
<i>Fronteras de la ciencia y la tecnología</i>	Interés por las explicaciones científicas de los fenómenos naturales, aficiones de carácter científico, deporte y ocio, música y tecnología personal	Nuevos materiales, aparatos y procesos, manipulación genética, tecnología armamentística, transportes	Extinción de especies, exploración del espacio, origen y estructura del universo

*Nota:* Tomado del Marco teórico de PISA 2006 (OCDE 2006, p. 27).

### 1.3.3 Conocimientos y conceptos científicos

En el marco teórico de PISA 2000 solo se menciona los conceptos y contenidos, donde los conceptos científicos relacionados con la física, la química, las ciencias biológicas y las ciencias de la tierra y el espacio serán clasificados dentro de tres grandes áreas de aplicación las cuales se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.**

*Conocimientos y áreas en PISA 2000*

Áreas	Temas
<i>i. Las ciencias en la vida y la salud</i>	* Salud, enfermedad y nutrición * Mantenimiento y uso sostenible de las especies * La interdependencia de los sistemas físicos / biológicos
<i>ii. las ciencias en la tierra y el medio ambiente</i>	* polución * Producción y pérdida de suelo * El tiempo y el clima
<i>iii. las ciencias en la tecnología</i>	* biotecnología * El uso de los materiales y la eliminación de residuos * El uso de energía * transporte

*Nota:* Tomada del marco teórico de PISA 2000 (OCDE 1999, p. 65.)

Así también se aclara que los conceptos seleccionados para esta prueba responden a ciertas características que los hace importantes y relevantes entre los planes de estudio de los países participantes y que también responden a la aplicación de estos conceptos en procesos científicos en situaciones importantes que reflejan el mundo real. La tabla 9 presenta algunos temas y conceptos tenidos en cuenta por PISA 2000 dentro de las tres áreas mencionadas (OCDE 1999, p. 64)

En el marco teórico de PISA 2003 empieza a trabajar no solo los conceptos y el contenido sino también se hace referencia al conocimiento, de tal manera que enuncia que los conocimientos y conceptos científicos constituyen los enlaces para la comprensión de los fenómenos relacionados, de tal manera que empieza a ponerle mayor atención al conocimiento. Así mismo empieza a reorganizar este apartado dejando solo los conceptos y pasando las áreas dentro del apartado de situaciones o contextos. Por tal motivo PISA 2003 vuelve a presentar los mismos temas y conceptos que PISA 2000, descritos en la tabla 9.

Es en el marco teórico de PISA 2006 donde se divide el conocimiento científico en dos grandes partes; el conocimiento de la ciencia y el conocimiento sobre la ciencia (OCDE 2006, p. 22), empezándose a definir aspectos importantes en los tipos de conocimiento que se debe desarrollar en los estudiantes, a continuación se presentan esos conocimientos iniciales.

**Tabla 9.**

*Temas y conceptos de la alfabetización científica en PISA 2000*

<b>Temas</b>	<b>Conceptos</b>
<i>Estructura y propiedades de la materia</i>	conductividad térmica y eléctrica
<i>Cambios atmosféricos</i>	radiación, transmisión, presión
<i>Cambios Químicos y físicos</i>	estados de la materia, las tasas de reacción, la descomposición
<i>Transformaciones de energía</i>	conservación de la energía, la degradación de la energía, la fotosíntesis
<i>Fuerzas y movimiento</i>	fuerzas equilibradas / desequilibradas, velocidad, aceleración, impulso
<i>Forma y función</i>	Célula, esqueleto, adaptación
<i>Biología humana</i>	salud, higiene, nutrición
<i>cambio fisiológico</i>	hormonas, electrólisis, las neuronas
<i>Biodiversidad</i>	especie, reserva genética, evolución
<i>Control genético</i>	dominancia, herencia
<i>Ecosistemas</i>	cadena de comida, la sostenibilidad
<i>La Tierra y su lugar en el universo</i>	sistema solar, los cambios diarios y estacionales
<i>Cambios geológicos</i>	deriva continental, a la intemperie

*Nota:* Tomado del marco teórico de PISA 2000 (OCDE 1999, p. 64)

### **1.3.3.a Conocimiento de la ciencia**

Entendido como el conocimiento del mundo natural a través de las principales disciplinas científicas, como la física, la química, la biología, las ciencias de la tierra y el espacio y las ciencias en relación con la tecnología. Este, sigue siendo el mismo que se viene planteando en los dos marcos anteriores, destacando igualmente su importancia para comprender el mundo natural y dar sentido a las experiencias que se presentan en los diferentes contextos personales, sociales y globales. Sin embargo, estos temas y conceptos son clasificados dentro de unos sistemas con el fin de transmitir la idea de que los ciudadanos deben comprender los conceptos relativos a las ciencias físicas y de la vida, las ciencias de la tierra y el espacio y la

tecnología en diferentes contextos (OCDE 2006, p. 33). Por tanto, la nueva presentación de los temas y contenidos dentro de los sistemas se presentan en la tabla 10.

**Tabla 10.**

*Sistemas, Temas y Conceptos del Conocimiento de Contenido en PISA 2006*

<i>Sistemas</i>	<b>Temas</b>	<b>Conceptos - por ejemplo:</b>
<i>Físicos</i>	Estructuras de la materia	Modelo de partículas, enlaces
	Propiedades de la materia	Cambios de estado, conductividad térmica y eléctrica
	Cambios químicos de la materia	Reacciones, transmisión de energía, ácidos/bases
	Movimientos y fuerza	Velocidad, fricción
	La energía y sus transformaciones	Conservación, desperdicio, reacciones químicas
	Interacciones de la energía y la materia.	Ondas de luz y de radio, ondas sónicas y sísmicas
<i>vivos</i>	Células	Estructura y función, ADN, plantas y animales
	Seres humanos	Salud, nutrición, subsistemas [es decir, digestión, respiración, circulación, excreción, y sus relaciones], enfermedades, reproducción
	Poblaciones	Especies, evolución, biodiversidad, variación genética
	Ecosistemas	Cadenas tróficas, flujo de materia y energía
	Biosfera	Servicios del ecosistema, sostenibilidad
<i>de la tierra y el espacio</i>	Estructuras de los sistemas de la Tierra	Litosfera, atmósfera, hidrosfera
	La energía en los sistemas terrestres	Fuentes, clima global
	El cambio en los sistemas terrestres	Tectónica de placas, ciclos geoquímicos, fuerzas constructivas y destructivas
	La historia de la Tierra	Fósiles, orígenes y evolución
	La Tierra en el espacio	Gravedad, sistemas solares
<i>tecnológicos</i>	Papel de la tecnología de base científica	Soluciona problemas, contribuye a satisfacer las necesidades y deseos de los seres humanos, diseña y desarrolla investigaciones
	Relaciones entre la ciencia y la tecnología	Las tecnologías contribuyen al progreso científico
	Conceptos	Optimización, compensaciones, costes, riesgos, beneficios
	Principios importantes	Criterios, limitaciones, innovación, invención, solución de problemas

*Nota:* Tomado del marco teórico de PISA 2006 (OCDE, 2006, p. 33 )

En cada una de estas listas siempre se destaca que tanto los temas como conceptos solo presentan una idea de lo que pueden tener las unidades y sus ítems de evaluación, estos temas y conceptos son escogidos por presentar relevancia en la vida diaria y por tanto una persona alfabetizada científicamente debería utilizarlos adecuadamente dentro de los contextos planteados.

### 1.3.3.b Conocimiento sobre la ciencia

Este en cambio hace referencia al conocimiento de los medios (investigación científica) y las metas (explicaciones científicas) de la ciencia. En la tabla 11 se describen algunas características que permite identificar a cada una.

**Tabla 11.**

*Características entre Conocimiento de la Ciencia y sobre la Ciencia*

<b>Investigación científica</b>	<b>Explicaciones científicas</b>
<p>Se centra en la investigación considerada como uno de los procesos esenciales de las ciencias, así como en los diversos componentes de dicho proceso. La forma en que los científicos obtienen datos.</p>	<p>Las explicaciones científicas son un resultado de la investigación científica. La forma en que los científicos usan los datos obtenidos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Origen (por ejemplo, curiosidad, interrogantes científicos)</li> <li>• Propósito (por ejemplo, obtener pruebas que ayuden a dar respuesta a los interrogantes científicos, las ideas/modelos/teorías vigentes orientan la investigación)</li> <li>• Experimentos (por ejemplo, diversos interrogantes sugieren diversas investigaciones científicas, diseño de experimentos)</li> <li>• Tipos de datos (por ejemplo, cuantitativos [mediciones], cualitativos [observaciones])</li> <li>• Medición (por ejemplo, incertidumbre inherente, reproducibilidad, variación, exactitud/precisión de los equipos y procedimientos)</li> <li>• Características de los resultados (por ejemplo, empíricos, provisionales, verificables, falseables, susceptibles de autocorrección)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos (por ejemplo, hipótesis, teorías, modelos, leyes)</li> <li>• Formación (por ejemplo, representación de datos; papel del conocimiento existente y nuevas pruebas, creatividad e imaginación, lógica)</li> <li>• Reglas (por ejemplo, han de poseer consistencia lógica y estar basadas en pruebas, así como en el conocimiento histórico y actual)</li> <li>• Resultados (por ejemplo, producción de nuevos conocimientos, nuevos métodos, nuevas tecnologías; conducen a su vez a nuevos interrogantes e investigaciones)</li> </ul>

*Nota:* Adaptado de los marcos teóricos de PISA (OCDE 2006, 2009 y 2012)

Los marcos teóricos de PISA 2009 y 2012 mantienen exactamente su estructura en términos de los conocimientos científicos, sin embargo ya en el marco teórico 2015 se presentan pequeños matices que no difiere en gran medida con los conocimientos que se vienen abordando, manteniéndose el conocimiento de contenido (cognitivo), el conocimiento sobre las ciencias que implica el conocimiento sobre la investigación científica (procedimental) y el conocimiento de las explicaciones científicas (epistémico).

### 1.3.3.c El conocimiento de contenido o cognitivo

Sigue haciendo referencia a los conceptos y teorías que los estudiantes deben manejar para entender el mundo natural, estos conceptos y temas se proponen ahora dentro de tres sistemas, dejando de lado el sistema tecnológico puesto que este pasó a ser parte esencial del concepto de alfabetización científica y por tanto está inmerso dentro de cada uno de los sistemas ya que todos tienen que ver con dicho desarrollo tecnológico. De esta manera los sistemas con sus temas y conceptos se presentan en la tabla 12.

Estos temas y contenidos solo son algunos ejemplos dentro de los cuales se basan los reactivos, sin embargo, orientan en gran medida a su clasificación.

**Tabla 12.**

*Sistemas y Contenido en PISA 2015*

<b>Sistemas</b>	<b>Temas</b>	<b>Conceptos</b>
<i>físicos</i>	Estructuras de la materia	por ejemplo, modelo de partículas, enlaces
	Propiedades de la materia	por ejemplo, cambios de estado, conductividad térmica y eléctrica
	Cambios químicos de la materia	por ejemplo, reacciones, transmisión de energía, ácidos/bases
	Movimientos y las fuerzas	por ejemplo, velocidad, fricción y la acción por distancia, por ejemplo, las fuerzas magnéticas, gravitacionales y electrostáticas.
	La energía y sus transformaciones	por ejemplo, conservación, la disipación, las reacciones químicas
	Interacciones de la energía y la materia.	por ejemplo, ondas de luz y de radio, ondas sónicas y sísmicas

## Continuación Tabla 12.

Sistemas y Contenido en PISA 2015

<i>Sistemas</i>	<b>Temas</b>	<b>Conceptos</b>
<i>vivos</i>	Células	por ejemplo, estructura y función, ADN, plantas y animales
	El concepto de un organismo	Por ejemplo, unicelulares y multicelulares
	Los Seres humanos	por ejemplo, salud, nutrición, Los subsistemas tales como la digestión, respiración, circulación, excreción, reproducción, enfermedades y su relación.
	Poblaciones	por ejemplo, especies, evolución, biodiversidad, variación genética
	Ecosistemas	por ejemplo, cadenas tróficas, flujo de materia y energía
	Biosfera	por ejemplo, servicios del ecosistema, sostenibilidad
<i>de la tierra y el espacio</i>	Estructuras de los sistemas de la Tierra	por ejemplo, litosfera, atmósfera, hidrosfera
	La energía en los sistemas terrestres	por ejemplo, fuentes, clima global
	El cambio en los sistemas terrestres	por ejemplo, tectónica de placas, ciclos geoquímicos, fuerzas constructivas y destructivas
	La historia de la Tierra	por ejemplo, fósiles, orígenes y evolución
	La Tierra en el espacio	por ejemplo, gravedad, sistemas solares, galaxias.
	La historia y la escala del universo y su historia	Por ejemplo, años luz, teoría del Big Bang.

*Nota:* Tomado de PISA 2015 (OCDE, 2015)

### 1.3.3.d El conocimiento procedimental

En PISA 2015 recogen muchas de las características de las propuestas en el conocimiento sobre las ciencias dentro de la categoría de las investigaciones científicas propuesto en 2006. El conocimiento de los conceptos y los procedimientos son esenciales para la investigación científica que sustenta la recolección, análisis e interpretación de los datos científicos es decir los procedimientos estándares científicos que se utilizan para obtener datos fiables y válidos (OCDE, 2015, p. 19). Algunas características que permiten identificar este conocimiento se presentan en la tabla 13.

**Tabla 13.***Características del conocimiento procedimental*

<b>Conocimiento Procedimental</b>	<b>Características</b>
<i>El concepto de variables</i>	como variables dependientes, independientes y de control
<i>Conceptos de medida</i>	por ejemplo, cuantitativos [medidas], cualitativos [observaciones], el uso de una escala, las variables categóricas y continuas
<i>Formas de evaluar y minimizar la incertidumbre</i>	como la repetición y un promedio de las mediciones
<i>Mecanismos para garantizar la replicabilidad de los datos</i>	Como el grado de concordancia entre medidas repetidas de la misma cantidad
<i>Mecanismos para garantizar la exactitud de los datos</i>	Como el grado de concordancia entre una cantidad medida y un verdadero valor de la medida
<i>Las formas más comunes de la abstracción y la representación de los datos</i>	mediante tablas, gráficos y diagramas y su uso apropiado
<i>El control de la estrategia de las variables y su papel en el diseño experimental</i>	Como el uso de ensayos controlados aleatorios para evitar resultados enmascarados e identificar posibles mecanismos causales
<i>La naturaleza de un diseño apropiado para una cuestión científica dada</i>	Por ejemplo, experimental o de campo, basado en el patrón que se busca.

*Nota:* Tomado del marco teórico de PISA 2015 (OCDE, 2015, p. 19)

**1.3.3.e El conocimiento epistémico**

Recoge los referentes a las explicaciones científicas y se profundiza en su descripción como un conocimiento importante para construir y definir el conocimiento en la ciencia a partir de sus justificaciones, de tal modo que los que tienen este conocimiento pueden (OCDE, 2015, p. 20):

- ✓ Explicar con ejemplos las diferencias entre una teoría científica y una hipótesis o entre un hecho científico y una observación.
- ✓ Ellos saben que la construcción de modelos ya sea representada directamente de forma abstracta o matemática es una característica importante para la ciencia y que dichos modelos son similares a los mapas en lugar de imágenes precisas del mundo material.

- ✓ Ellos, por ejemplo, reconocen que cualquier modelo de partículas de la materia es una representación idealizada de la materia y por tanto son capaces de explicar que el modelo de Bohr en un modelo limitado en comparación a lo que realmente se conocen del átomo y sus constituyentes.
- ✓ Ellos reconocen que la concepción de una "teoría", como se usa en la ciencia no es la misma que la noción de una "teoría" en el lenguaje cotidiano, donde se utiliza como sinónimo de una "conjetura" o una "corazonada". Las principales características del conocimiento epistémicos se presentan en la tabla 14.

**Tabla 14.**

*Características del conocimiento epistémico*

<b>Conocimiento Epistémico</b>
<p>Las construcciones y rasgos definitorios de la ciencia. Eso es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La naturaleza científica de las observaciones, hechos, hipótesis, modelos y teorías;</li> <li>• El propósito y las metas de la ciencia (para producir explicaciones del mundo natural) cuanto se distinguen de la tecnología (para producir una solución óptima a las necesidades humanas), lo que constituye una cuestión científica o tecnológica.</li> <li>• Los valores de la ciencia, por ejemplo, un compromiso con la publicación, la objetividad y la eliminación de prejuicios;</li> <li>• La naturaleza del razonamiento utilizado en la ciencia, como; deductivo, inductivo, la inferencia a la mejor explicación (abductiva), analógico, y basada en el modelo.</li> </ul> <p>El papel de estas construcciones y las características en la justificación de los conocimientos producidos por las ciencias. Eso es:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cómo los razonamientos científicos están apoyados por los datos y razonamiento en la ciencia;</li> <li>• La función de las diferentes formas de investigación empírica en el conocimiento que se establece, su objetivo (para poner a prueba hipótesis explicativas o identificar patrones) y su diseño (observación, experimentos controlados, estudios de correlación);</li> <li>• ¿Cómo afecta el error de medición del grado de confianza en el conocimiento científico;</li> <li>• El uso y el papel de la física, el sistema y los modelos abstractos y sus límites;</li> <li>• El papel de la colaboración y la crítica y la forma de revisión por pares ayuda a establecer confianza en las afirmaciones científicas;</li> <li>• El papel de los conocimientos científicos, junto con otras formas de conocimiento, en identificar y abordar cuestiones sociales y tecnológicas.</li> </ul>

*Nota:* Tomado del marco teórico de PISA 2015 (OCDE 2015, p. 21)

Estas habilidades y tipos de conocimientos requeridos desde las ciencias, donde el conocimiento de contenido, el procedimental y epistémico se entrelazan con cada una de las habilidades propuestas dentro de la competencia científica, son fácilmente observables en sus

marcos teóricos, pero ¿cómo se relacionan con los ítems propuestos? Ya que el conocimiento teórico sobre el enfoque por competencias a veces no es lo suficientemente claro para comprender como deberían enseñarse, aplicarse y evaluarse las habilidades y conocimientos en un contexto de aprendizaje, es por ello es importante valerse de ejemplos que faciliten este proceso y de mayor claridad del tema, por tanto, recurrimos a los ítems de PISA para obtener mayor claridad.

### **1.3.4 Los ítems liberados de PISA**

Estos, son estructuras complejas, construidas por expertos y evaluados con el rigor estadístico que les ha merecido ser clasificados dentro de una de las tres competencias científicas ya mencionadas. Dichos ítems no son independientes, sino que hacen parte de una unidad que, por lo general, proporciona el contexto y área de aplicación y de la cual se desprenden en promedio tres preguntas o ítems.

De esta manera, se presentan en este trabajo 50 unidades, cada una con un nombre característico del problema abordado y de los cuales se desprenden un total de 164 preguntas o ítems de PISA, que han sido liberados a lo largo de las diferentes versiones. La lista completa de unidades e ítems con las correspondientes fuentes de donde fueron extraídos se presentan en el anexo 1.

En su mayoría estos presentan un estímulo inicial el cual se encarga de contextualizar el problema planteado, este estímulo puede ser un texto escrito que en puede presentar entre 20 o hasta 300 palabras, sin embargo, en la mayoría de ítems estos textos no sobrepasan las 150 palabras puesto que el fin principal de ellos es utilizar el menor texto escrito posible para evaluar principalmente las capacidades o habilidades científicas que sugieren el desarrollo de una competencia. Así también se puede presentar textos gráficos como tablas, imágenes, gráficas de líneas y barras con la información necesaria para ser analizada por los estudiantes.

Seguidamente se presenta la respectiva pregunta que está adherida a diferentes tipos de respuesta, como las de elección múltiple, elección múltiple compleja y abierta construida. En la última versión de PISA 2015 se utilizaron igualmente este tipo de formatos, pero bajo una dinámica más interactiva. Estos reactivos han sido liberados en pequeños bloques desde el inicio del proyecto PISA en el año 2000 y por tanto después de una regularidad de cada 3

años se han realizado siete presentaciones de sus evaluaciones a nivel mundial y sus marcos teóricos han tenido pequeños ajustes en donde se han ampliado y especificado cada vez más algunos de sus conceptos.

De ahí que las categorizaciones que cada reactivo también ha sufrido pequeñas variaciones pero que deberían mantener la misma coherencia dentro del proceso o capacidad evaluados y por tanto seguir perteneciendo a una misma competencia, situación que en muchos casos no es así ya que después de una revisión inicial se puede encontrar cambios que ponen a dudar al docente en torno a lo que verdaderamente se está evaluando en un reactivo determinado, como el que se presenta en la primera pregunta de la unidad titulada “*Efecto Invernadero*” en donde la competencia propuesta en el marco teórico de PISA 2009 (OCDE, 2009, p. 138) es “*Utilizar pruebas científicas*” pero que después en el marco teórico de PISA 2015 (OCDE, 2015, p. 24) este mismo ejercicio es ubicado como parte de la competencia “*Explicar fenómenos científicos*”.

Si bien, como se mencionó antes se han presentado algunos cambios en las palabras que representan las competencias evaluadas, estas siguen manteniendo su esencia con respecto a cada uno de los procesos que quiere evaluar y no tendrían que sufrir estos cambios, ya que cada competencia enmarca una serie de capacidades que la caracterizan. Ahora bien, si se revisa estos reactivos y sus características, también se puede notar cambios desde lo propuesto por el proyecto PISA a como lo están utilizando algunos países.

Un ejemplo es el encontrado en uno de los primeros reactivos titulado “*¡Detengan a ese germen!*” en donde en el marco teórico de PISA 2000 (OCDE, 1999, p. 66) es clasificado dentro del proceso “*Reconociendo cuestiones científicamente investigables*”, que en el marco teórico de PISA 2003 corresponde a la “*Comprensión de la investigación científica*”, pero que en el informe que presenta el País Vasco en el año 2003 (OCDE, 2003, p. 11), se utiliza adecuadamente el proceso según el marco 2003 llamándolo competencia, y menciona además que pertenece al proceso de “*Extracción o evaluación de conclusiones*” que no hace parte de este proceso, sino más bien de “*Interpretar la evidencia científica y conclusiones*” según el mismo marco, llama la atención el uso de las palabras competencia y proceso para hacer una categorización entre dos grupos diferentes. Así como este se pueden encontrar

varios cambios tanto en la competencia como en el área, contexto y tipo de conocimiento utilizado. Sumándose a esto los errores generados por la traducción de los ítems del inglés.

A partir de lo propuesto anteriormente se realiza una revisión de los cambios sufridos en las competencias, conocimientos, contextos y áreas dentro de los marcos teóricos que los vienen fundamentando desde PISA 2000, para finalmente unificar las características de estos reactivos al marco teórico propuesto por PISA 2015 y que puedan presentarse como una base actualizada (Anexo 1) y confiable para el uso adecuado de los docentes tanto en formación como en ejercicio.

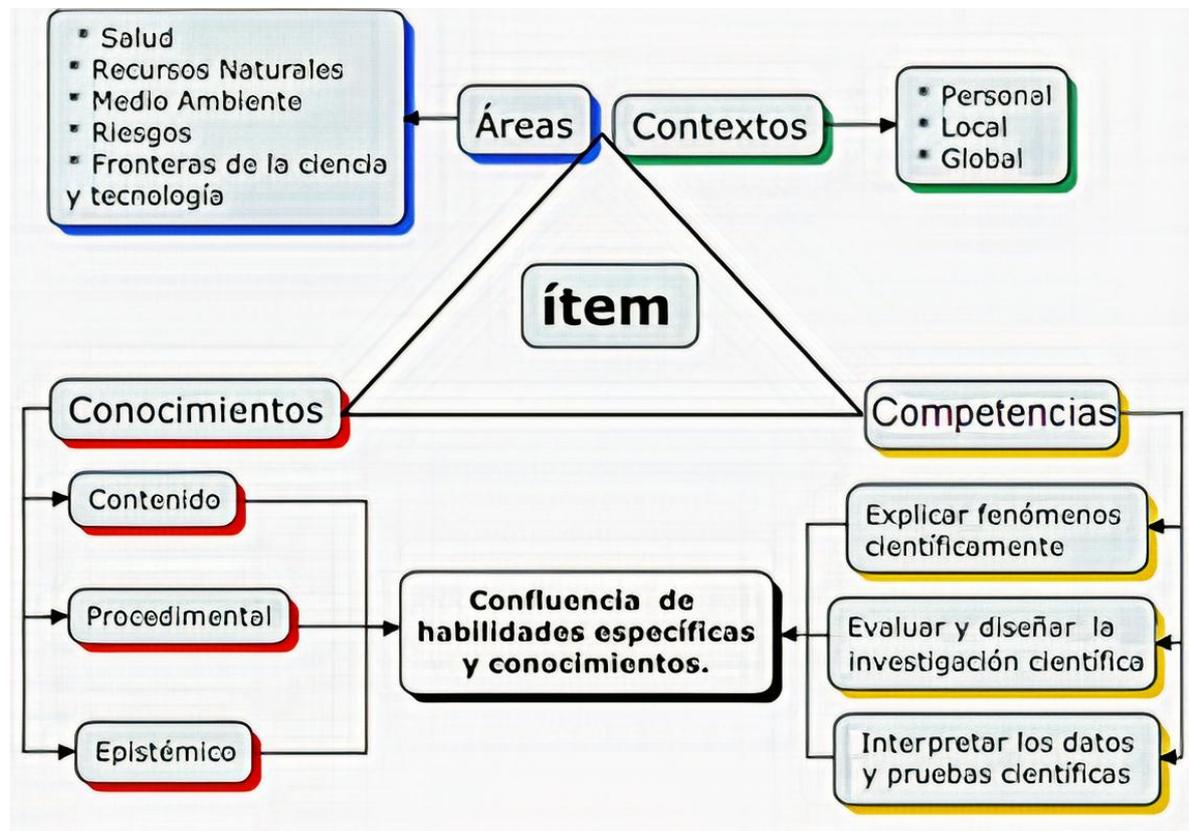
Cada ítem evalúa en mayor medida una de las tres competencias científicas y al mismo tiempo se centran en utilizar mayoritariamente uno de los tres tipos de conocimiento científico, contexto y área de aplicación, tal y como ilustra la figura 3.

Aunque cada ítem puede ser clasificado desde el punto de vista de cada dimensión que lo conforma, solo se abordará su clasificación según las tres competencias científicas, dándole prioridad al reconocimiento de las habilidades específicas con las cuales puede trabajar el docente en el aula.

Teniendo en cuenta la estructura de los ítems, PISA busca alcanzar el nivel más alto en la escala de alfabetización científica propuesta por Bybee (1997), alejándose en su mayoría del *nivel nominal* que consiste en recordar nombres y términos científicos y el *nivel funcional* que utiliza vocabulario científico en contextos limitados, para ubicarse en los *niveles conceptual y procedimental* de las ciencias que exige el reconocimiento, uso y combinación de las formas de pensar y de entender los aspectos científicos del mundo, y el *nivel multidimensional* que requiere la comprensión de la naturaleza de la ciencia, de su historia y su papel en la cultura (OCDE, 1999).

**Figura 3.**

*Estructura de los ítems PISA de Ciencias.*



*Nota:* Elaboración propia.

Es decir, estos ítems pueden orientar una evaluación diferente, vinculando el desarrollo y evaluación de las habilidades científicas de los alumnos, complementando la evaluación tradicional enfocada en el contenido, las leyes y teorías científicas en un nivel memorístico y reproductivo del conocimiento. Así, de la misma manera, también se pueden evaluar los niveles de la dimensión cognitiva del aprendizaje propuesta por Bloom (1956), y que Gallardo-Gil et al (2010), utilizaron con algunas modificaciones para analizar 33 unidades PISA liberadas en las pruebas de 2000, 2003 y 2006, encontrando que sus ítems pueden ir, desde el nivel inferior o reproductivo del conocimiento, hasta el más complejo donde se alcanza un nivel adecuado de comunicación y argumentación del conocimiento, niveles que se indican en la figura 4.

Teniendo en cuenta estas denominaciones, ya sea desde los niveles de Bloom (1956) o la escala de Bybee (1997), lo que se busca es alcanzar los niveles más altos del conocimiento y alfabetización científica. Aunque Gallardo-Gil et al. (2010), menciona que los ítems PISA prestan poca atención a los niveles más altos debido a los pocos ejemplos encontrados,

también es cierto que los casos con niveles bajos son escasos, concentrándose la mayoría de los ítems en evaluar los niveles medios de la dimensión cognitiva, como son la aplicación, comprensión/reflexión y conexión/trasferencia.

**Figura 4.**

*Niveles de Escala de los Ítems PISA.*

Dimensión cognitiva del aprendizaje

Bloom (1956)

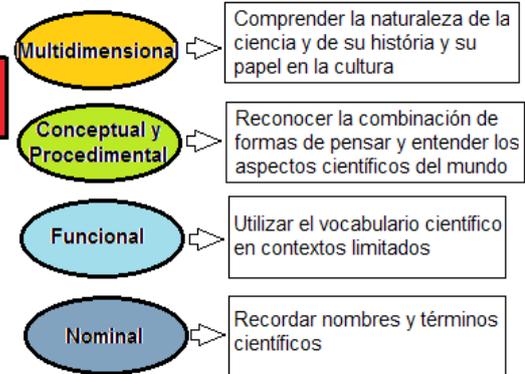
Gallardo-Gil et al. (2010)

Evaluación	Comunicación Argumentación
Síntesis	Heurística
Análisis	Conexión Trasferencia
Aplicación	Comprensión Reflexión
Comprensión	Aplicación
Conocimiento	Reproducción



Ítem  
PISA

Escala de Bybee de alfabetización científica (1997)



*Nota:* Adaptado de Bloom, (1956) y Gallardo-Gil *et al*, (2010).

Sin embargo, independientemente de la frecuencia de ítems en estos niveles, no dejan de ser una fuente importante que permite abordar cada una de las tres competencias científicas estudiadas en esta memoria y de las cuales se extraerán las habilidades más relevantes.

Teniendo en cuenta la anterior información se pasó a revisar y actualizar la clasificación de los reactivos liberados por PISA en la alfabetización científica a lo largo de estos años con el fin de realizar un análisis más profundo de las características de estos ítems que puede servir de herramienta a los docentes en formación y en ejercicio.

# **CAPITULO 2.**

# **METODOLOGÍA**



## **2.1 La investigación-acción en educación**

El presente trabajo tiene entre sus objetivos, el desarrollo de competencias científicas en estudiantes de secundaria. A partir del diseño de una propuesta de intervención didáctica donde se ejecutarán actividades y talleres dentro de un contexto sociocientífico para potenciar el desarrollo de competencias, partiendo de un diseño experimental de pre-test-intervención-pos-test, situándonos dentro de las investigaciones educativas conocidas como “investigación-acción”. Este tipo de metodología investigativa se caracteriza por identificar estrategias de acción para ser implementadas y sometidas a observación, reflexión y cambio, convirtiéndose en un instrumento que permita generar una comprensión de la sociedad y que pueda aportar un cambio social desde el proceso educativo en el cual nos desempeñamos.

Uno de los principales puntos en que coincidimos es en la necesidad que presentan los docentes en profundizar la cultura investigadora (Elliott, 1920) debido a que dos de las competencias evaluadas por PISA están relacionados directamente con el desarrollo de procesos de diseño de una investigación científica, reconocimiento de variables y análisis de datos, puntos que deben tenerse claros desde el docente para que sean transmitidos fácilmente a sus estudiantes.

De esta manera, creemos firmemente al igual que Latorre-Beltrán (2003) que los cambios sociales y tecnológicos exigen la construcción de nuevas imágenes dentro del proceso educativo, donde el docente se conceptualice como un investigador y los alumnos como ciudadanos activos, pensantes, creativos, capaces de construir conocimiento (p. 8). Siendo la investigación-acción un instrumento metodológico que parte de un proceso de revisión, diagnóstico, planeación, ejecución y evaluación de los resultados producidos a fin de mejorar la calidad de la enseñanza y promover el desarrollo profesional del docente (Fraile-Aranda, 1995).

Este constructo que tiene sus inicios con Lewin (1946) nace bajo una preocupación inherente a las relaciones grupales que llevan plantearse preguntas como 1. ¿Cuál es la situación actual?, 2. ¿Cuáles son las debilidades? y 3. ¿Qué vamos a hacer?, preguntas que también nacen en esta investigación bajo la preocupación que surge en los bajos resultados de las pruebas internacionales PISA, que dejan ver la situación actual del país, el desconocimiento

sobre lo que evalúan estas pruebas, las verdaderas debilidades que presentan nuestros estudiantes y que podemos hacer los docentes para generar un cambio dentro de un contexto tan desigual que exige se trate cada grupo de estudiantes como un universo independiente puesto que tiene características únicas que primero debemos conocer para así poder enfrentar el problema.

En este sentido Elliott (1920) trata la investigación-acción como una forma de desarrollo profesional del docente, donde se genera una reflexión del que hacer docente que da lugar a la acción. Ya desde entonces se postulaba que había una separación entre la teoría y la práctica y era necesario que esa teoría sobre investigación que tenían los docentes debía hacerse efectiva en un proceso activo con los estudiantes, naciendo así la investigación-acción, que a pesar de varias décadas en funcionamiento, sigue siendo alejada del ámbito educativo a nivel de las instituciones educativas de primaria y secundaria, donde la probabilidad de encontrar un docente que investigue y eduque al mismo tiempo es muy baja.

De esta manera las ocho características fundamentales de la investigación-acción en la escuela propuestas por Elliot (1990) y condensadas por Rodríguez et al. (1999), y sobre los que se fundamenta la propuesta de investigación, son:

- 1 - La investigación-acción en las escuelas analiza las acciones humanas y las situaciones sociales experimentadas por los profesores como:
  - a. Inaceptables en algunos aspectos (Problémicas)
  - b. Susceptibles de cambio (contingentes)
  - c. Que requieran una respuesta práctica (prescriptivas)
  
- 2 - El propósito de la investigación-acción es que el profesor profundice en la comprensión (diagnóstico) de su problema. Por tanto, adopta una postura exploratoria frente a cualesquiera definiciones iniciales de su propia situación que el profesor pueda mantener.
  
3. La investigación-acción adopta una postura teórica según la cual la acción emprendida para cambiar la situación se suspende temporalmente hasta conseguir una comprensión más profunda del problema práctico en cuestión.

4. Al explicar “lo que sucede”, la investigación-acción construye un “guión” sobre el hecho en cuestión, relacionándolo con un contexto de contingencias mutuamente independiente, o sea, hechos que se agrupan porque la ocurrencia de uno depende de la aparición de los demás.
5. La investigación-acción interpreta “lo que ocurre” desde el punto de vista de quienes actúan e interactúan en la situación problema, por ejemplo, profesores y alumnos, profesores y director.
6. Como la investigación-acción considera la situación desde el punto de vista de los participantes, describirá y explicará “lo que sucede” con el mismo lenguaje utilizado por ellos; o sea, con el lenguaje de sentido común que la gente usa para describir y explicar las acciones humanas y las situaciones sociales en la vida diaria.
7. Como la investigación-acción contempla los problemas desde el punto de vista de quienes están implicados en ellos, sólo puede ser válida a través del diálogo libre de trabas con ellos.
8. Como la investigación-acción incluye el diálogo libre de trabas entre el “investigador” (se trate de un extraño o de un profesor/investigador) y los participantes, debe haber un flujo libre de información entre ellos. (Rodríguez, Gil y García, 1999. p. 52,53)

En consecuencia, relacionamos cada uno de las ocho características que definen la investigación-acción y las apropiamos dentro de nuestra investigación, donde el docente investigador hace parte activa del proceso siguiendo las tres fases o ciclos sobre el diseño de la investigación-acción educativa propuesta por Kurt Lewin (1946), que permitan potenciar su desarrollo profesional en el proceso investigativo y oriente a obtener los elementos necesarios para proponer una práctica o acción concreta en el trabajo con los estudiantes.

En este sentido, la primera fase de la investigación-acción inicia con la fase de construcción, comprensión y diagnóstico del problema que permita una reflexión de la propia práctica

docente, promovida por la revisión detallada de los marcos teóricos de PISA 2000 a 2018 con el fin de hacer un seguimiento a los procesos y subcompetencias científicas propuestas por la OCDE, de tal manera que se definen los grupos de habilidades específicas más relevantes. Seguidamente se recopilan 55 unidades de PISA de ciencias, que fueron el *corpus* de análisis para la categorización de las habilidades y conocimientos, en donde, teniendo en cuenta la estructura de los ítems relacionada con cuatro dimensiones (Competencias, Conocimientos, áreas y contextos) se hace una primera clasificación con respecto a las capacidades y los conocimientos evaluados en cada ítem. Proceso que se detalla y profundiza en el análisis documental (capítulo 3) y se considera clave en la construcción de nuevo conocimiento para docente investigador ya que permitirá una reflexión sobre sus propias prácticas.

En la segunda fase de la investigación-acción se genera una reconstrucción de la práctica educativa del docente, en donde se buscan las relaciones entre la teoría estudiada en la fase anterior y la práctica que puede darse en el aula de clase para el planteamiento de la propuesta didáctica que aporte al desarrollo de la competencia científica de los estudiantes. Es en esta etapa, donde se utilizan los ítems liberados de PISA como ejemplos para la construcción de las diferentes actividades y talleres que se van a aplicar a lo largo del proceso de intervención. De la misma manera, se clasifican y sistematizan en la plataforma Moodle los ítems que serán utilizados en la evaluación diagnóstica que se aplicará a los estudiantes y que permitirá una visión más clara del contexto pedagógico, identificando las debilidades y necesidades que se presentan en cada subcompetencia tanto del grupo en general como de manera individual en cada estudiante.

La tercera fase de la investigación-acción corresponde al diseño, implementación y validación de la propuesta pedagógica planteada en una línea de saberes expuesta en el capítulo 4, la cual consta de varias iteraciones o microciclos. En esta fase se utiliza un enfoque cuantitativo a través del cual, mediante un diseño cuasi-experimental (Balluerka et al., 2002) se evalúa la eficacia del proceso de intervención sobre el alumnado haciendo uso de un análisis estadístico de los datos obtenidos de la aplicación de cuestionarios en dos momentos (pre-test y pos-test) y visibilizar el nivel de cambio alcanzado en los estudiantes. En este sentido, y para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos de la presente investigación, la estructura inicial se diseña como puede verse en la Figura 5.

**Figura 5.**

*Etapas de la Metodología de Investigación-acción propuesta en la presente memoria.*





**CAPITULO 3.**  
**ANÁLISIS DOCUMENTAL**



## **Introducción**

Después de realizada la revisión cuidadosa de los marcos teóricos de PISA 2000 a PISA 2015, con el fin de analizar los cambios presentados en los nombres que definen a cada competencia, área, contexto y conocimiento y que permitan dar una categorización unificada de los ítems en torno al marco teórico PISA 2015. Se inicia el respectivo análisis de 13 ítems liberados por PISA 2000 y 2003, 27 ítems liberados por PISA 2006 y 2009, y 10 ítems que responden al marco teórico 2015, siendo un total de 50 ítems o reactivos.

Cada ítem fue categorizado de acuerdo a la subcompetencia utilizada, su área, contexto, tipo de conocimiento utilizado y tipo de formato de la pregunta donde, además, en algunos se suman datos extra como dificultada y demanda cognitiva. También varios de los ítems fueron comparados entre diferentes documentos presentados por los expertos de PISA, los publicados en la página de la OCDE y otros documentos con el fin de verificar la coherencia en la categorización o discutir los posibles cambios.

Teniendo en cuenta la evolución de los marcos teórico de PISA, se concluía que los proceso y las competencias han sufrido una pequeña reorganización, de tal manera con los conceptos utilizados en la actualidad recogen más precisamente los procesos que se quieren evaluar y a pesar de no parecer importante, esta falta de claridad lleva a una clasificación arbitraria de los reactivos en donde es común encontrarse que una pregunta fue clasificada dentro de una competencia pero responde al proceso de otra.

Si tenemos en cuenta que estos reactivos son utilizados por ministerios de educación de los diferentes países para orientar a sus docentes, un error de estos puede llevar a una inadecuada concepción de las competencias y sus procesos. De esta manera a continuación se pasa a profundizar desde la literatura en cada una de las tres subcompetencias propuestas por PISA y su relación directa con los ítems.

### **3.1 Criterios y Procedimientos del Análisis de Contenido**

Una vez clasificados los ítems de acuerdo con las tres subcompetencias generales de ciencias (i. Explicar fenómenos científicamente, ii. Evaluar y diseñar la investigación científica y iii. Interpretar los datos y pruebas científicas), propuestas por PISA 2015, utilizando como

criterio la información dada en la ficha técnica que acompaña a estos ítems y, finalmente, utilizando un enfoque cualitativo, mediado por el análisis de contenido como el método para interpretar los textos (Andréu, 2002), se categorizó cada ítem, de acuerdo al grupo de habilidades específicas que no se suelen mencionar en la ficha técnica de los ítems liberados y que se discutirán en esta memoria.

El instrumento de evaluación utilizado se presenta en la tabla 15 y permitió la clasificación de acuerdo a varios de los componentes del ítem; en este se muestra un ejemplo con el ítem titulado *Chocolate 2*.

**Tabla 15.**

*Categorías de Clasificación y Análisis de los Ítems Liberados de PISA*

<b>Competencia</b>	<b>Habilidad específica</b>	<b>Tipo de conocimiento</b>	<b>Nombre del ítem</b>	<b>Formato de Pregunta</b>
Interpretar datos y pruebas científicas	Interpretar datos dados en forma de tabla para demostrar una conclusión dada al utilizar los datos para refirmar o dar razones a favor o en contra de dicha conclusión.	Conocimiento de contenido. Centrado en el uso de ecuaciones y cálculos para hacer las operaciones adecuadas que lleven a argumentar la respuesta.	<i>Chocolate 2</i>	Abierta Que lleva a la producción de argumentos o razones que permitan defender una idea.

De esta manera, partiendo del análisis previo ya comentado se procede de la siguiente manera:

1. Se asigna cada ítem a cada una de las categorías previamente establecidas mediante un proceso deductivo;
2. El análisis del contenido y de la complejidad de cada uno de los ítems permite realizar una lectura de la competencia con mayor profundidad, y este proceso tiene lugar de modo “inductivo”, y,
3. Finalmente, la triangulación permite reducir el sesgo que se puede producir en la categorización de los ítems y el análisis pormenorizado de estos. Pare ello, los investigadores

involucrados en este estudio contrastarán su análisis y se completará la triangulación de la información, haciendo uso de la información aportada por la literatura revisada.

Por consiguiente, el propósito de esa fase es analizar, en función de los ítems, las diferentes habilidades específicas que conforman cada una de las subcompetencias propuestas por PISA.

## **3.2 Subcompetencia Científica: Evaluar y diseñar la Investigación Científica.**

### **3.2.1 Aspectos generales de la subcompetencia**

Este apartado corresponde con el artículo de investigación que lleva por título “*Los ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de los conocimientos y habilidades científicas*” (Muñoz y Charro, 2017) que ha sido publicado en la revista Eureka. Por ello, se ha considerado adecuado presentarlo manteniendo la mayor parte de la estructura del propio artículo, omitiendo algunas ideas sobre los ítems ya supuestas en apartados anteriores y las referencias bibliográficas, que se presentan compiladas al final de esta tesis en el capítulo 6.

Esta primera Subcompetencia se centra en el conocimiento procedimental del proceso investigativo. Por tal motivo, es necesario vincular a los estudiantes a actividades de investigación donde se ejerciten habilidades específicas como: la identificación de preguntas científicamente investigables, habilidad que marca el inicio de cualquier tipo de investigación; distinguir las cuestiones que pueden ser respondidas por la ciencia de las que no; identificar las variables que deben ser controladas en una investigación científica; reconocer la información adicional que se requiere para apoyar una investigación; identificar las medidas que se deben tener en cuenta en un proceso de muestreo o recolección de datos, que permitan asegurar la confiabilidad de la investigación; la identificación y diferenciación de conceptos utilizados en procesos de investigación, como son las conclusiones, observaciones e hipótesis; la habilidad de identificar términos clave para la búsqueda de información científica; y en general, la interacción de todas estas para que el estudiante llegue

a evaluar y diseñar por si solo un proceso de investigación científica o por lo menos tener la capacidad de evaluar o cuestionar uno.

Esta Subcompetencia está representada por 38 ítems que ejemplifican cada una de las anteriores habilidades y que además se presentan en diferentes formatos, de los cuales 12 son de selección múltiple, 15 presentan un formato de selección múltiple compleja, 10 presentan un formato de respuesta abierta y tan solo 1 tiene el formato de respuesta cerrada (Ver tabla 16).

El conjunto de habilidades que debería alcanzar una persona dedicada a la investigación, es altamente elevado, tal como lo proponen las investigaciones de Gott y Dugan (1996), Osborne (2013) y Schalk y Van der Chee (2008). Sin embargo, las evaluadas por el proyecto PISA 2015, son las más relevantes, dejando claro que son aquellas que debe desarrollar un estudiante de 15 años de edad, con el fin de que pueda aportar al desarrollo de la sociedad (OCDE, 2016).

En este sentido La subcompetencia *evaluar y diseñar la investigación científica*, requiere en esencia de conocimientos procedimentales específicos sobre el diseño apropiado de un experimento científico tales como el concepto de variable, las estrategias de control de las variables y la naturaleza de un diseño apropiado en una determinada cuestión científica (Osborne 2013), o lo que Gott y Duggan (2008) han definido como conceptos de prueba (CoE, Concepts of Evidence).

El conocimiento científico de contenido, es fácil de identificar en cada uno de estos ítems, debido a que las teorías y conceptos científicos son los más manejados entre el gremio docente desde su formación específica. En cambio, los conocimientos procedimentales asociados con la investigación científica o naturaleza de la ciencia, no son tan comunes en la práctica docente (Ramirez, 2011), ya que los maestros no son investigadores científicos, ni tampoco fueron formados para ello, y sus actividades científicas estarán asociados a cuestiones didácticas, según sus propias normas, hábitos y discurso (Mortimer y Scott, 2003), de tal manera como lo menciona Acevedo et al. (2007) es difícil encontrar entre el profesorado de ciencias una actitud plenamente positiva hacia la inclusión de la naturaleza de la ciencia en la ciencia escolar.

Por este motivo, es importante abarcar los conocimientos necesarios que orienten hacia una formación en investigación científica a partir de sus CoE (conceptos de prueba), ya que fortalece el proceso investigativo, según lo ha demostrado Schalk et al. (2008) en un estudio realizado con estudiantes de biología de 16 y 17 años.

De esta manera, se pasan a hacer explícitos los conocimientos procedimentales de la investigación científica necesarios para el desarrollo de cada una de las 8 habilidades científicas, que fueron detectadas tanto en los marcos teóricos como en los 37 ítems que corresponden a esta subcompetencia. La tabla 16 muestra las 8 habilidades junto con sus ítems agrupados en 3 bloques, que serán analizados a continuación.

**Tabla 16.**

*Habilidades específicas e ítems de la subcompetencia Evaluar y diseñar la investigación científica.*

<b>Bloque 1: capacidad de identificar y proponer preguntas científicamente investigables</b>		
<b>Habilidad específica</b>	<b>Ítems representantes</b>	
1. Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico.	<i>¡Detengan a ese germen! -1</i> <i>Los clones de ternero-1</i> <i>El diario de Semmelweis-2</i> <i>El maíz-6</i>	<i>Comportamiento del espinoso-1</i> <i>Estudio sobre la leche en la escuela-1</i> <i>Protectores solares-2</i>
2. Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.	<i>Clonación-3</i> <i>La caries dental-5</i> <i>Fumar tabaco-4</i> <i>El ozono-4</i> <i>El maíz-4</i>	<i>Capturar al asesino-2</i> <i>La caries dental-4</i> <i>El gran cañón-1</i> <i>Los tejidos-1</i>
<b>Bloque 2: Capacidad de proponer el diseño experimental de la investigación</b>		
3. Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.	<i>Detengan a ese germen!-2</i> <i>Las moscas-1</i> <i>¿Un riesgo para la salud?-2</i> <i>Lluvia ácida-3</i> <i>El pan-2</i>	<i>Cultivos genéticamente modificados-1</i> <i>Cultivos genéticamente modificados-2</i> <i>Protectores solares-1</i> <i>Síndrome de despoblamiento de colmenas-2</i>

### Continuación de la Tabla 16.

*Habilidades específicas e ítems de la subcompetencia Evaluar y diseñar la investigación científica*

<b>Habilidad específica</b>	<b>Ítems representantes</b>
4. Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.	<i>Peter Carneyl-1</i> <i>El virus de la viruela del ratón-3</i> <i>Evolución-2</i>
5. Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.	<i>Estudio sobre la leche en la escuela-2</i> <i>Fumar tabaco-3</i> <i>Protectores solares-3</i>
6. Proponer y evaluar científicamente una forma de explorar una pregunta e identificar o reconocer las variables que se deben o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.	<i>Correr en días de calor-3</i> <i>Correr en días de calor-5</i> <i>Correr en días de calor-6</i> <i>Recipiente refrigerante-1</i>
<b>Bloque 3: Habilidades complementarias</b>	
7. Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica.	<i>El maíz-1</i>
8. Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.	<i>El tránsito de venus -3</i>

*Nota:* Con base en el marco teórico de PISA 2015 y al análisis cuantitativo de las habilidades.

El primer bloque está centrado en la capacidad de identificar y proponer preguntas científicamente investigables, capacidad considerada como el eje principal a partir del cual se empieza a generar el conocimiento científico (Sanmartí, 2012), y por tal motivo debe prestarse mayor importancia desde los primeros grados de la formación en ciencias llevando a los estudiantes a desarrollar las habilidades 1 y 2.

El segundo bloque, centrado en la capacidad de evaluar y diseñar la investigación científica, diseño experimental de la investigación que conllevan al uso específico de conocimientos científicos procedimentales y facilitarán el desarrollo de las habilidades 3 a 6. Finalmente, en el bloque 3 se presentan las habilidades completarías 7 y 8, que, aunque no están

representadas por varios ítems, los únicos ejemplos que se presentan dejan ver su importancia dentro del proceso de investigación. A continuación, se van a analizar cada una de las 8 habilidades.

Habilidad 1.- Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico

Habilidad que, vista desde los ítems PISA, se caracteriza por presentar textos en donde se explica o expone una situación científica o el diseño experimental de una investigación, que tiene que ser interpretado para extraer la idea principal. Para esto es necesario comprender y reflexionar la información expuesta, y pasar a evaluar y seleccionar la opción adecuada en el caso de las preguntas de opción múltiple y, comunicar y argumentar la respuesta en el caso de las preguntas abiertas, siendo estas últimas de mayor complejidad.

Ésta habilidad es representada por 7 ítems, de los cuales 4 presentan información de hechos científicos que dieron origen a teorías como la inmunidad, la clonación, las enfermedades por microorganismos, el impacto ambiental y uso de biomasa, lo cual requiere de los conocimientos de los respectivos conceptos científicos, (*i. ¡Detengan a ese germen! -1, ii. Los clones de ternero-1, iii. El diario de Semmelweis-2 y iv. El maíz-6*). Por otro lado, los 3 restantes requieren de un conocimiento procedimental, ya que en ellos se suministra toda la información relevante sobre el experimento, y la selección o propuesta de la pregunta de investigación depende de la capacidad de comprender en sí el proceso de investigación científica, (*i. Comportamiento del espinoso-1, ii. Estudio sobre la leche en la escuela-1 y iii. Protectores solares-2*).

A diferencia del conocimiento de contenido, el procedimental no requiere de una información extra sobre hechos o teorías de la ciencia, sino más bien debe existir un conocimiento sobre la ciencia, es decir, la comprensión de la naturaleza de la investigación. Los ítems que representan esta primera habilidad dan claridad en este sentido y dejan ver la diferencia entre los dos tipos de conocimiento. Así mismo, los contextos en los que se han desarrollado estos conocimientos justifican su utilidad y aprendizaje tanto de los hechos y teorías como del proceso de investigación a nivel de laboratorio y poblacional. (Ver anexo 2).

Habilidad 2.- Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.

En este caso, la habilidad se desarrolla en una constante indagación de situaciones en las que la ciencia puede dar respuesta o no. Por tanto, los ítems PISA se centran en las mismas opciones de respuesta, siendo en su totalidad de opción múltiple compleja, en donde el texto de la unidad sólo aporta un contexto en el que se enmarcan las diferentes opciones, y el estudiante debe evaluarlas y elegir entre aquellas que responden a cuestiones científicas de las que no.

La comprensión y reflexión sobre el texto pasan a un segundo plano, tomando importancia el conocimiento del contenido esencial de la ciencia y esa capacidad de distinguir de la no ciencia, que permitirá al estudiante tomar la decisión adecuada. Ésta es representada por 9 ítems, de los cuales 3 requieren del uso de un conocimiento de contenido, puesto que se evalúa hasta qué punto los alumnos comprenden el papel de las ciencias en el desarrollo de la tecnología (OCDE 2006, p. 149) o si una razón dada es científica o no, (*i. Clonación-3, ii. La caries dental-5 y iii. Fumar tabaco-4*). Los otros 6 ítems requieren en cambio de un conocimiento procedimental debido a que se centran más en reconocer y comprender el papel de la metodología científica, (*i. El ozono-4, ii. El maíz-4, iii. Capturar al asesino-2, iv. La caries dental-4, v. El gran cañón-1 y vii. Los tejidos-1*).

Los ítems de esta habilidad ponen de manifiesto la diferencia entre el conocimiento de contenido del procedimental, al referirse en el primer caso a la comprensión del papel que juega la ciencia en el desarrollo de la tecnología, un concepto que hace parte del enfoque CTS (Ciencia, tecnología y Sociedad) y se complementa con la idea de cómo la tecnología apoya el desarrollo de la ciencia, conceptos que deben ser claros en el docente (Acevedo *et al.* 2007). En cambio, en el segundo caso, los ítems pretenden diferenciar exactamente si la pregunta requiere una investigación científica, una experimentación o del uso de pruebas científicas que puedan ayudar a responderla centrándose nuevamente en la comprensión de la investigación científica. (Ver anexo 3)

Habilidad 3.- Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

Los ítems para esta habilidad se caracterizan por centrarse en el texto proporcionado, donde partiendo del diseño experimental propuesto, el estudiante tiene que comprenderlo y reflexionar sobre él adecuadamente para llegar a reconocer las variables en cuestión, necesitando un conocimiento procedimental sobre la investigación. Las preguntas abiertas requieren además comunicar y argumentar la respuesta lo que exige un mayor nivel de dificultad, y las de opción múltiple o múltiple compleja necesitan evaluar y seleccionar la mejor opción.

Ésta es una de las habilidades que más exige al estudiante en términos de investigación científica y en algunos casos requiere una transferencia y conexión del conocimiento, puesto que las variables no se presentan dentro de la información dada, lo cual requerirá un mayor grado de conocimientos que deben conectarse para finalmente ser deducidas.

Los conocimientos procedimentales reflejados en los 9 ítems que representan esta habilidad son el claro ejemplo del uso de algunos de los CoE (conceptos de prueba) propuestos por Gott y Dugan (1996), Osborne (2013), la OCDE (2015) y Schalk y Chee (2008). Aquí se destacan la necesidad del conocimiento y comprensión de la naturaleza de variable (dependiente e independiente), variables de control, experimento de control y sustancias de referencia, como parte importante del diseño experimental y que llevan a garantizar el éxito de la investigación tanto a nivel de laboratorio como poblacional, (i. *¡Detengan a ese germen!-2*, ii. *Las moscas-1*, iii. *¿Un riesgo para la salud?-2*, iv. *Lluvia ácida-3*, v. *El pan-2*, vi. *Cultivos genéticamente modificados-1*, vii. *Cultivos genéticamente modificados-2*, viii. *Protectores solares-1* y ix. *Síndrome de despoblamiento de colmenas-2*). (Ver anexo 4).

Habilidad 4.- Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.

Esta habilidad presenta ítems caracterizados por preguntas con respuestas de opción múltiple complejas. El texto contextualiza el tema, pero la decisión depende de la capacidad del estudiante para diferenciar entre la información que aportaría a la investigación algo relevante de la que no, de una lista en las que todas son cuestiones científicas. Son 3 ejemplos los que

permiten abordar esta habilidad y conocimientos procedimentales como la validación de resultados, tanto por otros procedimientos, como a partir de los resultados de otras investigaciones, (*i. Peter Carneyl-1, ii. El virus de la viruela del ratón-3 y iii. Evolución-2*). (Ver anexo 5)

Habilidad 5.- Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.

Los 3 ítems que ejemplifican esta habilidad se centran en el diseño experimental propuesto en el texto, y requieren claridad sobre la naturaleza del muestreo y sus características, por ejemplo, si es representativo de una población, si es aleatorio o estratificado, el número de observaciones y mediciones a realizar, el uso de grupos de control como método comparativo en una investigación de campo y el concepto de homogeneidad de la muestra.

De tal manera que es necesario comprender y reflexionar sobre la información planteada y sobre conocimientos procedimentales necesarios que permitan evaluar y seleccionar la mejor opción en el caso de las preguntas de opción múltiple o comunicar-argumentar en el caso de las preguntas abiertas, (*i. Estudio sobre la leche en la escuela-2, ii. Fumar tabaco-3 y iii. Protectores solares-3*). (Ver anexo 6)

Habilidad 6.- Proponer y evaluar científicamente cómo explorar una pregunta e identificar variables que intervienen en el proceso de experimentación.

Estas habilidades se visualizan de forma completa en 4 ítems (*i. Correr en días de calor-3, ii. Correr en días de calor-5, iii. Correr en días de calor-6 y iv. Recipiente refrigerante-1*), los cuales resultan ser los más completos de todos los mencionados hasta ahora dado que recurren a una simulación en la que se pueden variar las condiciones principales del diseño experimental. Para responder adecuadamente al ítem se exige una amplia comprensión y reflexión tanto de las instrucciones que se suministran para manejar el simulador, como de la información sobre la propia investigación o conocimiento procedimental, requiriéndose una continua transferencia y conexión entre los conceptos a utilizar.

En este tipo de ítems es necesario tener bien identificados los conceptos de variables dependientes e independientes, identificar las variables que se deben controlar, conocer las escalas que se están utilizando y los intervalos que son más adecuados, la repetitividad en la

toma de datos y su presentación en tablas, así como los patrones por los que se rigen. A partir de todo este proceso se hará la selección de la respuesta más adecuada en las preguntas de opción múltiple, o comunicar y argumentar la respuesta en aquellas que son abiertas.

En estos ítems se genera la mayor exigencia a las capacidades del estudiante y sólo en estos se puede notar la capacidad de evaluar y diseñar la investigación científica propuesta para PISA 2015, puesto que en ellos es importante cumplir una serie de pasos que lleven a la adecuada solución del problema planteado. En primer lugar, el estudiante tiene que interactuar con el simulador, siguiendo las respectivas instrucciones y comprendiendo cada uno de los aspectos que muestra el simulador.

En segundo lugar, es necesario que el estudiante genere una representación mental de los pasos a seguir que le permitan explorar las posibles opciones que lo lleven a dar una respuesta adecuada. Y por último debe recurrir a los datos que el mismo ha obtenido para dar una respuesta final. De esta manera también pueden evaluar el uso de pruebas científicas, sin embargo, la intención principal está en cómo son obtenidas dichas pruebas. (Ver anexo 7)

#### Habilidad 7.- Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica

Esta habilidad la encontramos en 1 ítem (*El maíz-1*), que se limita a contrastar conceptos que el estudiante debe manejar sobre la investigación científica, como la diferencia entre una conclusión y una observación, y por tanto forma parte del conocimiento procedimental. (Ver anexo 8)

#### Habilidad 8.- Identificar términos clave para la búsqueda de información científica

También esta habilidad está representada por 1 ítem (*El tránsito de venus -3*) como único ejemplo publicado, y requiere que el estudiante escoja de entre un grupo de términos subrayados en un texto, aquellos más convenientes para hacer una búsqueda adecuada. Comprendiendo que este proceso es clave en un proceso de investigación científica y por tanto de índole procedimental.

Si bien es claro que estas dos últimas habilidades solo presentan un ejemplo, hacen ver la importancia de reconocer los conceptos asociados al proceso de investigación científica. Las

observaciones, la hipótesis y las conclusiones son conceptos que requieren de un gran trabajo por parte del docente para que los estudiantes lleguen a comprenderlos y diferenciarlos.

Así también la búsqueda de información es una de las habilidades más requeridas en los inicios de cualquier investigación y unas palabras claves inadecuadas pueden llevarnos a la pérdida de información valiosa y de interés para el tema en cuestión, esta habilidad es ampliamente trabajada a nivel universitario puesto que se cuenta con amplias bases de datos y es necesario que el investigador pueda utilizarlas con facilidad y encontrar la información deseada, sin embargo, en la enseñanza secundaria donde no existen esas bases de datos, es necesario enseñar a los alumnos a buscar información fiable en los exploradores de internet que ofrecen el acceso a información de todo tipo, y tanto los términos de búsqueda como la capacidad de evaluar la información juegan un papel importante en el proceso por desarrollar una alfabetización científica adecuada. (Ver anexo 9)

Tras el análisis exhaustivo de las habilidades dentro de esta competencia, se ha podido determinar que ésta invita al trabajo mediante proyectos de investigación en el aula, proyectos que pueden ir desde casos sencillos como el cultivo y crecimiento de una planta con estudiantes de primaria, hasta el estudio de la biodiversidad con estudiantes de secundaria, no sólo para explicar el proceso biológico, que es comúnmente utilizado, sino que vaya asociado a los principios básicos de la investigación desarrollando las habilidades más importantes aquí destacadas.

Por tanto, los ítems dan su aporte no sólo en la identificación de las habilidades científicas en un proceso de investigación, sino que también dan ideas de cuáles podrían ser los proyectos a desarrollarse en donde cada docente puede complementar con las particularidades de la población a las que se dirija y por supuesto al debido contexto.

### **3.2.2 Aspectos particulares de Subcompetencia “Evaluar y diseñar la investigación científica”**

A partir de esta categorización, es notorio como los ítems no responden a la subcompetencia como tal, sino que se centran en una habilidad específica dentro de ella. Por tal motivo, el uso individual y aislado de dichos ítems en el aula, no darán cuenta del desarrollo de esta subcompetencia, por el contrario, si se utilizan ítems conjuntos de cada una de las habilidades

aquí indicadas, podría aproximar al docente a una evaluación más completa y adecuada de la subcompetencia. Los ítems de mayor dificultad y que evalúan diferentes habilidades son los propuestos por PISA 2015, los cuales responden por si solos a la subcompetencia de *evaluar y diseñar la investigación científica* propuesta en este marco y que pueden ser de mucha ayuda para el docente.

Las habilidades específicas aquí enumeradas, guardan una estrecha relación con el tipo de conocimientos utilizados, en el caso de las habilidades 1 y 2, se ve necesario el uso del conocimiento de contenido en los ítems cuyas respuestas utilizan conceptos científicos derivados de los contextos propuestos, donde se mencionan teorías o hechos de la ciencia. En cambio, el conocimiento procedimental se utiliza en aquellos ítems donde se suministra información detallada del diseño experimental y pone al estudiante en un contexto más real y cercano al de la investigación.

En las habilidades 3, 4, 5 y 6, se presentan ítems que recurren específicamente a conocimientos procedimentales, en donde se hace énfasis en temas como el diseño experimental, el reconocimiento de variables dependientes e independientes, los tipos y características del muestreo, el uso de grupos o experimentos de control y uso de patrones. De este modo, el empleo de estos conocimientos procedimentales mencionados permite discutir tanto la validez de un diseño experimental como la evidencia obtenida o recogida.

Las habilidades 7 y 8 son las que menos representación en ítems tienen. La habilidad 7 da una idea de la importancia de distinguir los conceptos que se tratan en el proceso de investigación como son las hipótesis y las conclusiones. Y en la habilidad 8 se puntualiza la importancia de realizar una búsqueda adecuada de la información.

La subcompetencia de *evaluar y diseñar la investigación científica*, requiere, por tanto, de un manejo de conocimientos procedimentales derivados de los procesos de experimentación, por tal motivo es necesario que el docente centre su atención en los conocimientos procedimentales ya descritos en torno al desarrollo de las respectivas habilidades, con lo cual es inevitable plantear actividades de investigación que permitan abordar estas cuestiones. Así también muchos de los ítems trabajados dan ideas de cómo abordar los conocimientos y habilidades en diferentes contextos, orientando al docente en el planteamiento de sus propias actividades.

### **3.3 Subcompetencia Científica: Interpretar datos y pruebas científicas.**

#### **3.3.1 Aspectos generales de la subcompetencia**

Este apartado corresponde con el artículo de investigación que lleva por título “*La interpretación de datos y pruebas científicas vistas desde los ítems liberados de PISA*” (Muñoz y Charro, 2018) que ha sido publicado en la revista Eureka. En el cual también se ha considerado adecuado presentarlo manteniendo la mayor parte de la estructura del propio artículo, omitiendo algunas ideas ya trabajadas anteriormente y las referencias bibliográficas, que se presentan compiladas al final de esta tesis en el capítulo 6.

En esta segunda Subcompetencia se ve reflejado un cuerpo de conocimientos procedimentales importante, tenido en cuenta por las pruebas PISA, subyace de una corriente nombrada como alfabetización gráfica (Postigo y Pozo, 2000), la cual se centra en generar conocimientos y capacidades en los estudiantes, en relación con las gráficas y análisis de los datos, considerándose estos conocimientos y habilidades, esenciales para la plena participación en las sociedades modernas (OCDE, 2016), ya que los estudiantes deben estar preparados para los desafíos que enfrenta la humanidad, como la provisión de agua y alimentos, el control de enfermedades, la generación de energía y adaptación al cambio climático (UNEP, 2012).

La alfabetización gráfica y el análisis e interpretación adecuada de los datos, otorgan ventaja en la búsqueda de patrones y en la construcción de tablas y gráficos, así como en el análisis e interpretación de los mismos, dándoles significado, puesto que estos no hablan por sí mismos (National Research Council, 2012). También, en la obtención de conclusiones a partir de pruebas válidas y confiables, que lleven a los estudiantes a tomar decisiones en la solución de un problema específico, potenciando así, el desarrollo de su región o país.

La alfabetización gráfica, ha tomado gran importancia en el trabajo con los estudiantes, generando investigaciones como la de Berciano et al. (2015). Al evaluar el desempeño de interpolación/extrapolación gráfica en matemáticas con estudiantes de bachillerato de ciencias sociales, estos autores reconocen su importancia como propuesta didáctica y complementaria al método algebraico, ya que, con las instrucciones adecuadas, facilita el

proceso de comprensión e interpretación de las funciones trabajadas. Así mismo, Solar et al. (2015) se centró en trabajar el proceso de modelización de las gráficas y su posterior interpretación, generando unidades didácticas basadas en tres etapas: 1) Identificar sistemas de referencia, construir sistemas de referencia, 2) Identificar variables, estudiar dependencia entre variables y 3) Traducir representaciones, interpretar gráficas, encontrando que los alumnos, a lo largo de la etapa escolar, tienden a obtener mejores resultados cuando hacen los procesos de interpretación, a partir del modelo gráfico construido de la expresión algebraica dada.

Desde las ciencias, Perales et al. (2015) introducen a los estudiantes, a un proceso de investigación a partir del análisis de imágenes de los libros de ciencias, encontrando que aquellos, cuando hacen un proceso de observación del objeto, figura, imagen o gráfica, son capaces de describir y ejemplificar lo que representa dicho objeto, extrayendo información de él y la relacionan con el texto acompañante. Sin embargo, a pesar de que los textos tienen gran cantidad de imágenes, los alumnos no siempre las utilizan de modo autónomo, siendo necesarias las indicaciones del docente, al uso y análisis de este tipo de representaciones de la información. (Perales y Vílchez, 2015).

Al profundizar en el concepto de alfabetización gráfica, encontramos que comprende dos aspectos importantes necesarios, que deben ponerse en práctica álgidamente en los colegios: por un lado, la elaboración o construcción de tablas o gráficos y por otro, la interpretación de los datos que se han representado en estas formas de abstracción (Baquero et al., 2000).

PISA ha enfocado su proceso de evaluación en el segundo aspecto de la alfabetización gráfica: *Interpretar datos y pruebas científicas* (OCDE, 2016), donde el punto principal, son los datos, las pruebas científicas y la capacidad del estudiante para interpretarlas y generar conclusiones a partir de ellas o evaluar la que mejor se ajusta. Por ello, es importante tener claro qué es una prueba, entendida como una observación, un hecho, un experimento, una señal, una muestra o una razón, que puede ser tanto empírica como teórica (Bravo et al., 2009). Estas pruebas y datos científicos, son presentados en las formas más comunes de abstracción y representación: descripciones textuales, gráficos, tablas, diagramas, figuras o imágenes (Gott y Duggan, 1996; Osborne, 2013; OCDE 2016; Postigo y Pozo 2000 y Schalk et al., 2008)

La interpretación de datos representados gráficamente, requiere de diferentes niveles de lectura y comprensión de la información, donde el nivel más elemental es el de lectura literal del gráfico, tabla o texto, identificando los elementos básicos como el número y tipo de variables representadas, su correspondencia con los valores asignados y la identificación o asignación del título.

Aquí, no hay un proceso de interpretación de la información, ya que los datos se pueden calcular o deducir directamente. Carswell et al. (1993), Leinhardt et al. (1990) y Swan y Philips (1998) se refieren a este nivel como la capacidad de identificar la información local; en cambio, Curcio (1989) lo designa como el nivel de leer entre los datos, y Postigo y Pozo (2000) lo toman como el nivel explícito de la comprensión de la información.

El segundo nivel requiere de un proceso de interpretación de los datos, puesto que deben analizarse globalmente con el fin de cumplir tareas como la comparación de datos, la identificación de la relación entre variables, la identificación de patrones y tendencias que siguen los datos y el reconocimiento de convenciones. Este segundo nivel se complementa entre lo propuesto por Carswell et al. (1993), Leinhardt et al. (1990) y Swan y Philips (1998) que se refieren a él como la capacidad de identificar la información global, Curcio (1989) quien lo designa como el nivel de leer dentro de los datos y Postigo y Pozo (2000) que refiere a él como el nivel implícito de la comprensión de la información.

El tercer nivel requiere la elaboración de conclusiones, explicaciones y predicciones o inferencias, a partir de la información que aportan los datos, representados en las gráficas o tablas, donde también es preciso un análisis global de la información (Carswell et al., 1993; Leinhardt et al., 1990 y Swan y Phillips, 1998) o una lectura más allá de los datos según Curcio (1989), que coincide también con el nivel conceptual de la comprensión de la información según Postigo y Pozo (2000).

Estos últimos, sustentan que el nivel conceptual se basa, en buena medida, en los dos anteriores y busca relaciones conceptuales, a partir del análisis global de la gráfica y de la relación con el contexto presentado, con el fin de generar diferentes niveles de procesos: conclusiones, explicaciones y predicciones del fenómeno presentado.

Un cuarto nivel, según Friel et al. (2001), corresponde a la lectura de la información analizando críticamente los datos, teniendo en cuenta su calidad, validez y fiabilidad, según el método empleado para la recogida de los mismos, que permitan generar explicaciones adicionales y elaborar nuevos modelos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la estructura de los ítems PISA que analizan la competencia: *Interpretar datos y pruebas científicas*, se basa en un nivel de interpretación conceptual en los términos de Postigo y Pozo (2000), ya que el análisis de la relación de las pruebas o los datos con el contexto dado, juega un papel muy importante a la hora de seleccionar o generar la mejor conclusión, explicación, predicción o evaluación de las opciones presentadas.

Smith et al. (2010), también utilizan el nivel conceptual como el más alto de su categorización, teniendo en cuenta el tipo de preguntas habituales en ciencias, donde el análisis e interpretación de los datos presentados en tablas o gráficos, es parte de este nivel. Al tratarse de una investigación en un contexto de la vida real, lleva al estudiante a combinar las formas de pensar y entender los aspectos científicos del mundo, lo que también permite evaluar el nivel conceptual y procedimental de alfabetización científica alcanzado, según lo propuesto por Bybee (1997) y en el cual se han fundamentado las prueba PISA.

Es precisamente en este nivel conceptual, donde los estudiantes presentan mayor dificultad, tal como lo demuestra García y Palacios (2007) al mencionar en su investigación que a los participantes se les dificulta: identificar la relación entre las variables, la elaboración de conclusiones y predicción a partir de la información de la gráfica.

Por ello, se abordará la competencia de *interpretar datos y pruebas científicas*, desde el punto de vista de los ítems liberados de PISA, analizando sus características y como asumen el tercer nivel de lectura y comprensión de la información, es decir, el nivel conceptual en los términos de Postigo y Pozo (2000). Esto con el fin de alcanzar el desarrollo de procesos tan complejos como: la elaboración de conclusiones, explicaciones y predicciones o inferencias, a partir de la información que aportan los datos representados en las gráficas o tablas, en diferentes contextos.

Es así como los ítems de PISA centran su atención en evaluar si los estudiantes pueden analizar e interpretar los datos científicos, la evidencia, las alegaciones y argumentos

presentados en una gran variedad de formas de abstracción de los datos como son las descripciones textuales, tablas, gráficas de ejes coordenados y no coordenados, imágenes o figuras, con el fin de extraer las conclusiones apropiadas sobre el fenómeno o situación presentados.

Por tanto, esta competencia sigue requiriendo en mayor medida el uso del conocimiento procedimental centrado en el análisis de los datos, aunque pasa a ser epistémico en aquellos casos donde los ítems requieren una conexión más profunda entre los datos, el contexto y los propios conocimientos sobre el tema o fenómeno dado o el diseño experimental utilizado.

De esta manera, se presentan como parte de esta competencia 53 ítems PISA de los cuales, 29 presentan un formato de elección múltiple, 4 con formato de elección múltiple compleja, 19 ítems presentan formato de respuesta abierta y 1 de formato cerrado. En la tabla 17 se listan los ítems categorizados según las diferentes formas de abstracción de los datos, presentando una gran variedad de ejemplos para que el docente visibilice su importancia dentro del proceso de formación del estudiante y que son complementarios al proceso de investigación.

La identificación de las pruebas, evidencia o datos científicos (Bravo et al., 2009), su recolección, toma o muestreo adecuado, la sistematización y posterior representación en una de las formas de abstracción mostradas en la tabla 17, son habilidades importantes que deben desarrollar los estudiantes (Gott y Duggan, 1996; Osborne, 2013; OCDE, 2016; Schalk y Van der Schee, 2008;), con el fin de llegar al proceso de análisis e interpretación de los datos para generar o elegir las conclusiones adecuadas, dar razones a favor o en contra de una conclusión dada o proponer conclusiones alternativas a las ya presentadas (OCDE, 2016).

Es así, como cada una de las categorías propuestas en la tabla 17, contiene una serie de ejemplos que permiten visibilizar en primer lugar la importancia de trabajar en el aula los diferentes tipos de abstracción de los datos, pasando de la simple lectura literal de los gráficos y tablas y la identificación de variables, a una lectura más profunda que permita una interpretación a partir del comportamiento de las variables y su relación con el contexto (Arteaga et al., 2011), de tal manera que su adecuado manejo facilitará el proceso de comprensión, interpretación y generación de conclusiones y predicciones adecuadas.

En esta competencia, al igual que en la anterior, se presentan ítems liberados de PISA 2015, que a diferencia de los ítems de las versiones pasadas, son dinámicos e interactivos, y no sólo requieren del proceso de interpretación de los datos, sino también de la toma inicial de los datos mediante el uso del simulador, datos que se almacenan automáticamente en la tablas ya dadas y que después el estudiante debe pasar a realizar el proceso de análisis e interpretación, eligiendo de los datos recolectados aquellos que le permitan justificar su respuesta, conclusión o argumento del fenómeno o situación presentada. De esta manera, PISA 2015, genera una mayor exigencia en la prueba de ciencias, ya que el estudiante tiene que utilizar sus habilidades de manera conjunta y compleja en la solución de cada ejercicio.

Las habilidades de producción de conclusiones a partir de los datos, la selección de la conclusión de una lista de alternativas que represente mejor a los mismos, la capacidad de dar razones a favor o en contra de una conclusión dada, o la capacidad de comunicar dichas conclusiones (OCDE ,2016), dejan de estar a la cabeza de la lista de habilidades en el marco de PISA 2015, y se da mayor relevancia a la habilidad que deben tener los estudiantes de interpretar los datos dados, en diferentes formas de representación: en texto, tablas, gráficas, imágenes o figuras. Con esto, se deja claro que el paso previo a la producción, comunicación y evaluación de conclusiones, inicia con el proceso de interpretación de los datos, en donde es necesario leerlos en los diferentes niveles ya mencionados en el marco teórico, para después poder proponer o elegir una adecuada conclusión.

De esta manera la subcompetencia de Interpretar *datos y pruebas científicas*, será vista desde las formas cómo se suministran los datos y pruebas científicas, puesto que, de la habilidad de comprender y usar adecuadamente dichas formas, facilitará el proceso de interpretación que permita generar y comunicar las conclusiones pertinentes. Por tanto, teniendo en cuenta que las pruebas PISA han construido ítems que pretenden evaluar, principalmente, el nivel conceptual de la información, según Postigo y Pozo (2000) o el nivel conceptual y procedimental de alfabetización científica, según lo propuesto por Bybee (1997), las categorías de análisis en esta subcompetencia, se reorientaron y se construyeron a partir de la habilidad de interpretar los datos dados, en forma de texto, gráficas, tablas, imágenes o figuras, dejando ver al docente, la importancia de trabajar en el aula con cada una de ellas, y llevando al estudiante, al desarrollo de la capacidad de transformar los datos de una representación a otra.

Esta subcompetencia, está representada por 52 ítems distribuidos en las siguientes 5 categorías, generadas según las formas de presentación de las pruebas y los datos. En la tabla 17, se exponen los ítems correspondientes a cada una de las categorías propuestas.

**Tabla 17.**

*Formas de Abstracción de los datos e ítems de la Subcompetencia Interpretar Datos y Pruebas Científicas.*

<b>Formas de abstracción de datos</b>	<b>Ítems representativos</b>	
1. Pruebas o datos presentados en forma de tablas.	1. <i>Chocolate-2</i> 2. <i>Combustibles fósiles-2</i> 3. <i>Evolución-1</i>	4. <i>Brillo de Labios-1</i> 5. <i>El maíz-7</i> 6. <i>Erupciones volcánicas-3</i>
2. Pruebas o datos presentados en forma de gráficas de ejes coordenados.	7. <i>El diario de Semmelweis-1</i> 8. <i>Erupciones volcánicas-2</i> 9. <i>El cambio climático-1</i> 10. <i>Combustible fósiles-3</i> 11. <i>El efecto invernadero-1</i> 12. <i>El efecto invernadero-2</i> 13. <i>Fumar-2</i> 14. <i>Síndrome de despoblamiento de colmenas-3</i>	15. <i>La caries dental-3</i> 16. <i>Comportamiento del espinoso-2</i> 17. <i>Comportamiento del espinoso-3</i> 18. <i>Cirugía con anestesia-4</i> 19. <i>Energía eólica-1</i> 20. <i>Energía eólica-2</i>
3. Pruebas o datos presentados en forma de figuras o imágenes.	21. <i>EL ozono-1</i> 22. <i>El catalizador-1</i> 23. <i>El catalizador-3</i> 24. <i>Protectores solares-4</i> 25. <i>La biodiversidad-1</i> 26. <i>La biodiversidad-2</i> 27. <i>Central eléctrica-1</i> 28. <i>Central eléctrica-3</i>	29. <i>Perdido en el mar-1</i> 30. <i>Central eléctrica-2</i> 31. <i>Erupciones volcánicas-1</i> 32. <i>Extracción de aguas subterráneas-2</i> 33. <i>Osmosis inversa-1</i> 34. <i>Malaria-1</i> 35. <i>La caries dental-1</i>
4. Pruebas o datos presentados en forma textual.	36. <i>Los autobuses-2</i> 37. <i>Las moscas-2</i> 38. <i>Peter Carneyl-2</i> 39. <i>Un riesgo para la salud-1</i>	40. <i>El ozono-2</i> 41. <i>Lluvia ácida-2</i> 42. <i>Brillo de Labios-2</i> 43. <i>Brillo de labios-3</i>
5. Recolección de pruebas y datos y uso interactivo de ítems. (Tablas)	44. <i>Gafas regulables-2</i> 45. <i>Casa de bajo consumo-5</i> 46. <i>Gafas regulables-3</i> 47. <i>Gafas regulables-4</i> 48. <i>Gafas regulables-5</i>	49. <i>Correr en días de calor-1</i> 50. <i>Casa de bajo consumo-1</i> 51. <i>Casa de bajo consumo-2</i> 52. <i>Casa de bajo consumo-4</i>

*Nota:* Elaboración propia con base en el marco teórico de PISA 2015 y al análisis cuantitativo de las habilidades.

Aunque estos procesos de interpretación de las pruebas y los datos presentados, tanto en forma textual, como en tablas y gráficas requieren de un cuerpo de conocimientos principalmente procedimentales (De Pro, 1998 y Nuñez et al., 2009), los ítems que ejemplifican esta subcompetencia, exigen diferentes tipos de conocimiento, según lo propuesto por la OCDE (2016), como el de contenido, en los casos en que el proceso de interpretación requieran de los conceptos puntuales, teorías o hechos de la ciencia, el conocimiento procedimental, en los casos que el proceso de interpretación solo requiera la información explícita, implícita o conceptual brindada en el ítem, o finalmente, el conocimiento epistémico en los ítems que requieran explicaciones, que justifiquen los procedimientos científicos utilizados.

En cada categoría se presentan, en primer lugar, un bloque de ítems abiertos los cuales involucran un mayor nivel de dificultad, puesto que requieren de la producción de una conclusión, argumento, explicación o predicción basada en los datos. Seguidamente, se presentará un segundo bloque, donde se exponen los ítems de selección múltiple, considerados de menor exigencia debido a que se presentan unas opciones básicas, que orientan el proceso de interpretación y, por tanto, es necesario evaluar las opciones que mejor representan o explican a los datos.

#### Habilidad 1.- para interpretar pruebas o datos presentados en forma de tablas

La interpretación de los datos, presentados en estas formas de organización de la información, ostenta el menor grado de dificultad, según los estudios de Postigo y Pozo (2000). En esta categoría se presentan 6 ejemplos de ítems PISA, cuyo proceso de análisis e interpretación, se centra en los datos dados en una tabla y que pueden ser utilizados en el aula de clase, para verificar el nivel y las diferencias existentes, con respecto a las otras categorías presentadas. En esta categoría se muestran tablas, tanto de una, como de doble entrada, y los datos presentados en la mayoría de ellas, no superan un par de filas que implique un elevado manejo de datos.

En este primer bloque se presentan 4 ítems abiertos; el primero, requiere de un conocimiento de contenido, ya que es necesario manejar el tema de transformación de energía e identificar los datos más relevantes de los presentados en las tablas, para realizar el cálculo solicitado que lleve a justificar la situación planteada (1. *Chocolate-2*). Se podría decir que las

expresiones algebraicas o cálculos con los datos, están dentro de un nivel implícito de comprensión de la información. Sin embargo, en este caso, los cálculos realizados solo son posibles, si el estudiante ha entendido el contexto en el que se embebe el problema, de tal manera que, una vez entendido el problema, tendrá que identificar los datos pertinentes entre toda la información presentada en las dos tablas, para finalmente justificar la idea que se plantea, en donde en cierta forma los cálculos solicitados se convierten en la explicación de dicha idea.

El siguiente ítem requiere de un conocimiento procedimental, ya que es necesario el uso de los datos presentes en la tabla, generando una posible relación que justifique o dé respuesta a las preguntas planteadas (2. *Combustibles fósiles-2*). En este ítem, se presenta la información precisa, para evitar utilizar algún conocimiento teórico adicional sobre el tema, requiriéndose para la solución de la pregunta, un nivel de interpretación conceptual de la información mostrada en la tabla, en donde es necesario la comparación de los datos en torno al contexto de producción de energía, con lo cual se llegará a suministrar explicaciones, que den respuesta a las preguntas planteadas.

Por el contrario, el conocimiento epistémico es representado por 2 ejemplos, puesto que en ellos, el análisis va más allá de la interpretación de la información, la cual requiere de una comparación más minuciosa y cuidadosa de los datos presentados, tanto en forma de imágenes dentro de la tabla, como de los valores numéricos, identificando los datos que pueden justificar la teoría planteada, o cómo la variación de las proporciones que los representan, pueden generar un cambio de la sustancia (3. *Evolución-1*, 4. *Brillo de labios-1*).

En el primer ejemplo, se requiere de un análisis comparativo de las imágenes que se presentan en la tabla, con vistas a establecer relaciones y obtener una explicación de carácter científico, que fundamente la afirmación presentada en el ítem (OCDE, 2006). En el segundo, se requiere de un análisis detallado de los datos y pruebas presentadas, con el fin de sugerir un cambio en la receta prediciendo, cómo dicho cambio, va a afectar el producto final de la sustancia en cuestión, en respuesta al planteamiento realizado. En ambos casos, se visualiza un nivel conceptual de interpretación, requiriéndose, en el primero, una explicación y en el segundo, una predicción.

Solo 2 ítems son de elección múltiple, los cuales requieren de la evaluación y selección de la opción, que mejor represente o se ajuste a los datos presentados en las tablas. El primero, responde a un conocimiento de contenido, ya que es necesario dentro del proceso de análisis e interpretación, el uso de conocimientos científicos sobre el tema de concentración de las sustancias y su relación con el alcance de acción, con el fin de identificar los datos que harían falta y que complementen los mostrados en el ítem para dar respuesta a la cuestión planteada (5. *El maíz*-7).

En el segundo ejemplo, se utiliza un conocimiento procedimental, puesto que la pregunta lleva a una revisión de los datos presentados en la tabla, identificándose el valor de la fuente de dióxido de carbono solicitada en la pregunta y comparándola con los valores de las demás fuentes, para finalmente, evaluar y seleccionar la opción que explique mejor su posible efecto. (6. *Erupciones volcánicas*-3).

Habilidad 2.- para interpretar pruebas o datos presentados en forma de gráficos de ejes coordenados.

Dentro de esta categoría se encuentran 14 ítems, los cuales requieren del análisis e interpretación de datos representados de forma gráfica (Osborne, 2013), entendiendo la representación de las variables presentadas en la gráfica y comprendiendo los patrones que siguen (Gott y Duggan, 1996). En estos ítems se presentan gráficas, principalmente de ejes coordenados o cartesianos; los datos se describen en forma de líneas, barras, columnas o puntos.

Estas formas de representar los datos encierran mayor dificultad que las tablas según Postigo y Pozo (2000). Por tal motivo, estos ítems pueden servir de guía a los docentes, en los procesos de análisis e interpretación de dichas gráficas en los diferentes contextos que se presentan, o evaluar el nivel que tienen los estudiantes con respecto a las otras categorías.

Estos 14 ítems se distribuyen en dos grupos. El primer grupo está formado por 6 ítems abiertos, que requieren la producción de una conclusión, o de explicaciones que presenten una razón o argumento basados en los datos. Los ítems que precisan del conocimiento del contenido son 3. Aunque es necesario la interpretación de las gráficas visibilizando la relación entre las tres variables representadas, las respuestas finales en torno a las preguntas

planteadas, recaen en el uso de conceptos como los terremotos y sus efectos, la absorción y reflexión de las radiaciones solares y el conocimiento de los efectos del gas carbónico en el calentamiento global (7. *El diario de Semmelweis-1*, 8. *Erupciones volcánicas-2* y 9. *El cambio climático-1*).

Es decir, las respuestas de los estudiantes requieren de conocimientos de los temas mencionados anteriormente, además de la interpretación de las gráficas. Ya en el proceso de interpretación, el primero requiere de la comparación de las dos líneas de la gráfica, con el fin de identificar sus diferencias y dar una razón de cómo dichas diferencias, no sustentan el fenómeno planteado.

En el segundo caso, es necesaria la comparación de tramos de una misma línea con el fin de observar las variaciones presentadas y, apoyados en el conocimiento de contenido sobre el tema, dar una explicación del fenómeno presentado. En el tercer ejemplo se requiere una comparación de las cantidades de las sustancias representadas por las barras de la gráfica, con el fin de identificar la de mayor aportación y que sumado al conocimiento teórico sobre el tema, permita generar un argumento que apoye la opinión planteada.

El uso del conocimiento procedimental está representado por un solo ítem (10. *Combustible fósiles-3*), en el cual se presenta toda la información requerida para realizar una interpretación adecuada, sin la necesidad de recurrir a conceptos teóricos adicionales sobre el tema. De esta manera, el proceso de interpretación se centra en el análisis global de los datos, comparando las tres variables representadas en la gráfica en un formato de líneas, con el fin de generar una explicación de cómo la profundidad afecta el almacenamiento del CO<sub>2</sub> en el mar a lo largo del tiempo, poniendo en relación la información brindada en la gráfica, con el contexto que se presenta en el ítem.

El conocimiento epistémico está representado por 2 ítems que hacen parte de una misma unidad; estos suministran la información necesaria sobre el tema, de tal manera que el estudiante puede entender el contexto, sin requerir conocimientos adicionales. A diferencia de otros, se exponen dos gráficas independientes en las cuales se representan las variables; de este modo, el ejercicio se centra en la comparación de las dos gráficas en torno al contexto presentado, con el fin de generar explicaciones justificando científicamente, a partir de las

pruebas, las conclusiones presentadas (*11. El efecto invernadero-1* y *12. El efecto invernadero-2*).

En el primer caso, es necesario una lectura global del comportamiento de las variables que se presentan independientemente en las gráficas, observándose cómo las tendencias de las líneas guardan una relación general al incremento; así, dicha interpretación servirá para generar la explicación que respalde la conclusión dada. El gran aporte de estos ítems subyace en el segundo caso, donde se presenta una contra conclusión, que obliga al estudiante a ser más minucioso en el análisis y a buscar sectores dentro de las gráficas, pues dicha tendencia al incremento de las variables vista inicialmente, no se da. Esto permite al estudiante entender la importancia de una adecuada interpretación de los datos y de los efectos en la investigación.

En un segundo grupo, se recogen 8 ítems de selección múltiple o múltiple compleja que requieren de la evaluación y selección de la opción que mejor represente o se ajuste a los datos. Dentro del conocimiento de contenido, PISA 2015 propone un ítem (*13. Fumar-2*), sin embargo, después de un análisis y comparación con otros ítems de la misma categoría, se plantea que este, no debería hacer parte del uso de conocimientos de contenido, puesto que su interpretación recae principalmente, en la identificación de las variables representadas y en la comprensión de la relación entre ellas, de tal manera que evoca un conocimiento principalmente procedimental, tal como lo presenta y lo utiliza Núñez et al. (2009) en su investigación. En este sentido, este ítem requiere del análisis e interpretación de las tres variables presentadas en una gráfica de líneas, con el fin de comparar la tendencia de las dos líneas representativas de las variables en cuestión y analizar la relación existente, para finalmente, evaluar y seleccionar el mejor descriptor de los datos.

Otro de los ítems que también requiere de un conocimiento procedimental, centrado en la interpretación de una gráfica de líneas e identificación de las tres variables y la comprensión de la relación que se presenta entre ellas, conlleva a una lectura global de los datos representados dentro del contexto, suministrado con el fin de analizar cuál es el efecto de la concentración de un insecticida en el despoblamiento de abejas a lo largo del tiempo y contrastándolo con la conclusión que mejor coincide con los datos de la gráfica (*14. Síndrome de despoblamiento de colmenas-3*). Este ítem también permite visibilizar, a partir de los datos dados en la gráfica, el uso de un grupo control que no es expuesto al insecticida y

por lo tanto, se convierte en referencia de los otros dos, que utilizan una mayor concentración.

Por último, como parte del conocimiento epistémico, se tienen 6 ítems en los que la interpretación va más allá de la identificación de las variables representadas. En este tipo de ítems, el contexto juega un gran papel, puesto que es necesario generar ideas a nivel argumentativo que permitan relacionar los datos presentes en las gráficas, con las conclusiones que se presentan en las opciones de respuesta (15. *La caries dental-3*, 16. *Comportamiento del espinoso-2*, 17. *Comportamiento del espinoso-3*, 18. *Cirugía con anestesia-4*), o en el caso donde las pruebas dadas de forma textual, lleven a buscar la mejor relación expresada en formato gráfico y elegir la más adecuada entre varias opciones. (19. *Energía eólica-1*, 20. *Energía eólica-2*).

El ítem 15, es el único ejemplo en esta competencia, que presenta una gráfica de dispersión con dos variables y puede permitir evaluar las diferencias, con respecto a los formatos clásicos de gráficas de barras y de líneas mayormente utilizados. Asimismo, las variables representadas están en función de medias de los datos, lo cual puede confundir al estudiante, ya que estos términos y la misma gráfica, requieren un mayor nivel de conocimientos estadísticos, lo que puede llevar a la obtención de resultados bajos.

En contraste, los tres ítems siguientes, 16,17 y 18, presentan graficas de barras simples que son fácilmente interpretables, sin embargo, los problemas propuestos no solo requieren de la interpretación de los datos presentes en la gráfica, sino también del resto de información suministrada en toda la unidad, con el fin de generar un argumento que le permita evaluar, si cada una de las conclusiones presentadas son correctas o no. Finalmente, los ítems 19 y 20 presentan un formato diferente, puesto que las opciones de respuesta son varias gráficas que muestran comportamientos diferentes de las variables, por tanto, el estudiante debe centrarse en entender adecuadamente el fenómeno presentado y elegir qué comportamiento de las variables, favorecería el proceso de producción de electricidad.

En esta categoría se presentan mayormente gráficas de líneas, seguida de las gráficas de barras y, por último, una de dispersión. Principalmente, estas gráficas presentan 3 variables consideradas de mayor dificultad, sin embargo, en los casos en donde solo se muestran 2 variables que puede facilitar el análisis, se recurre a utilizar más de una gráfica o la

combinación con otro tipo de información para generar una comparación entre ellas y mantener en su mayoría, el proceso de interpretación de esta categoría al mismo nivel.

Habilidad 3.- para interpretar pruebas o datos presentados en figuras, imágenes y gráficas de ejes no coordenados.

En esta categoría, se exponen 13 ítems que no están enmarcados dentro de los tipos comunes y más utilizados de gráficos de ejes coordenados, con los cuales los estudiantes se encuentran más familiarizados, por lo tanto, al no tener un referente común y conocido por ellos, los gráficos e imágenes que hacen parte de estos ítems, pueden resultar de mayor complejidad al momento de interpretarlos. Algunos de estos, presentan gráficos de sectores considerados de mayor dificultad, que los de barras y líneas, según lo planteado por Postigo y Pozo (2000); aun así, esta categorización puede permitir al docente utilizarlos en diferentes actividades, con el fin de valorar su nivel e identificar las dificultades que presentan sus estudiantes.

Este primer grupo integra 4 ítems abiertos; todos responden al uso y aplicación de un conocimiento epistémico. El primero de ellos (21. *EL ozono-1*), perteneció a PISA 2000 y por ende, fue clasificado como parte del conocimiento de contenido, ya que es necesario tener claro los conceptos de átomos y moléculas; sin embargo, más allá de estos conocimientos, el ítem solicita utilizar la información brindada en las imágenes, para generar un razonamiento basado en modelos, de tal manera que se tiene que hacer abstracciones, con modelos que proporcionen una idea de las estructuras de los átomos y moléculas (Osborne, 2013), con el fin de dar una explicación coherente a un público determinado. Asimismo, PISA 2015 propone que la comprensión de los modelos científicos como representaciones abstractas de la ciencia, son parte del conocimiento epistémico (OCDE, 2016).

Los otros 3 ejemplos restantes de este primer grupo, requieren la comparación de los datos, con el fin de interpretar diagramas que reproducen un contexto científico, de donde se seleccionarán las pruebas que permitan argumentar, mediante ejemplos, la idea planteada (22. *El catalizador-1*, 23. *El catalizador-3* y 24. *Protectores solares-4*). En el primer caso, la comparación de las sustancias entrantes y salientes del diagrama, permiten detectar cuáles sufrieron un cambio según sus cantidades dadas, con lo cual se tomará cualquiera de estas sustancias como ejemplo que justifique la idea propuesta. En el segundo caso, se requiere un análisis similar para dar ejemplos de cuáles serían los problemas a solucionar, para hacer un

sistema más eficiente y generar menor contaminación. El tercer y último ítem abierto de esta categoría, requiere de una interpretación de la información brindada en las imágenes, siendo necesario relacionarlo con la información global brindada en la unidad a la cual pertenece este ítem, con el fin de deducir los patrones de colores adecuados, que permitan predecir apropiadamente, el posible resultado a obtener en el experimento realizado.

La interpretación requerida en estos ítems, va más allá de lo que presentan las figuras o diagramas, los cuales por si solos no aportarían mayor información; de tal manera que, es necesario entender el contexto científico en el que se plantea cada caso, para poder evaluar la situación y llegar a generar las explicaciones adecuadas, justificándose así, el uso del conocimiento epistémico.

El segundo grupo, está formado por los 11 ítems restantes de selección múltiple; 4 de estos, necesitan conocimientos teóricos como la biodiversidad, redes tróficas y flujo de alimentos, para los dos primeros (25. *La biodiversidad-1*, 26. *La biodiversidad-2*), y conceptos de osmosis, difusión, permeabilidad, energía potencial, cinética, gravitatoria, eléctrica y funcionamiento de una turbina, en los dos siguientes, (27. *Central eléctrica-1* y 28. *Central eléctrica-3*).

El primer ítem requiere de un nivel básico de interpretación, puesto que solo se pasa a identificar los dos animales que tienen tres fuentes de alimentación, representadas por las flechas que llegan a ellos; en cambio, el ítem siguiente ya exige una comparación entre las dos redes tróficas presentadas, con el fin de predecir en cuál de estas se verá afectado mayormente su ecosistema, si uno de los animales perteneciente a ellas desapareciera.

En los ítems sobre la central eléctrica, el proceso de interpretación se traslada a entender cómo es el flujo de las moléculas dentro del diagrama y el tipo de energía que se ve involucrado en cada punto, siendo necesario tener claro los conocimientos conceptuales ya mencionados, para poder elegir la opción correcta. Los siguientes 5 ítems requieren de un conocimiento procedimental, ya que es necesario el reconocimiento de las variables representadas en los gráficos e interpretar su relación. (29. *Perdido en el mar-1*, 30. *Central eléctrica-2*, 31. *Erupciones volcánicas-1*, 32. *Extracción de aguas subterráneas-2* y 33. *Osmosis inversa-1*).

En el ítem 29, es esencial hacer una adecuada lectura del sistema representado, comprendiendo que el ahorro de agua es mayor, debido a su circulación constante en el sistema para evitar su evaporación. En el ítem 30, tiene que relacionarse la variación de la concentración, con respecto al flujo de moléculas de agua mostradas en la simulación. En este ítem se empieza a utilizar simulaciones, para facilitar la visualización del fenómeno presentado, seleccionando así, la opción que mejor se ajuste.

De igual manera, el ítem de erupciones volcánicas presenta cartogramas como nuevas formas de representar los datos, en donde los mapas, de forma independiente, muestran la presencia de volcanes en ciertas zonas y los puntos donde hay mayor probabilidad de terremotos, por lo cual exigen una comparación de la información presentada en ellos, para definir el lugar donde hay menor probabilidad de un terremoto; sus respuestas son presentadas dentro de otro mapa, donde están las letras de las posibles opciones distribuidas a lo largo del mismo.

En el ítem de extracción de aguas subterráneas, se plantea una gráfica de sectores, que tampoco se había visto en los ítems analizados, donde se representa los niveles de tensión en la corteza terrestres, en zonas con diferentes escalas de grises, facilitando también, la correspondiente gama de colores para poder comparar, identificar y organizar las zonas de tensión dadas. Finalmente, el ítem 33 presenta una imagen acompañada de un texto, con toda la información requerida, con el fin de relacionar el proceso de osmosis en la membrana y decidir por donde sale la sal, en el sistema mostrado.

El conocimiento epistémico dentro del grupo de ítems de selección múltiple, está representado por 2 de ellos, en donde es necesario ir más allá de lo que muestran las pruebas en las imágenes, y vincular todo el contexto y la información suministrada en las opciones de respuesta. (34. *Malaria-1* y 35. *La caries dental11*). En el primer caso, es necesario comprender cada etapa del ciclo de la malaria indicado en la imagen y pasar a identificar qué etapas se verán afectadas, según el método utilizado para impedir su propagación.

El formato de opción múltiple compleja, permite presentar varios métodos y en cada uno, señalar que etapas se verán afectadas, llevando al estudiante a una constante interrogación que requiere de una visión global del problema, que permita una interpretación adecuada y selección de las opciones correctas. El ítem de caries dental-1, exige igualmente, una

comparación de toda la información brindada entre el texto, la imagen y las opciones de respuesta, lo cual va más allá de un análisis procedimental, basado en la información que solo brinda la gráfica a uno epistémico, en donde las explicaciones y argumentos solo se generan bajo la comprensión global del contexto.

En esta categoría, la mayor parte de los ítems presentan imágenes, dentro de las cuales se suministra las pruebas y solo en uno se visibiliza una gráfica de sectores, siendo este tipo, un formato nuevo dentro de los ítems analizados, al igual que, los mapas como medios de representación de datos. También es importante destacar que la mayoría de los ítems son estáticos y solo en aquellos que fueron liberados como ejemplos de las pruebas PISA 2015, se empiezan a presentar formatos interactivos mediante simulaciones, los cuales pueden generar un mayor interés, tanto en los profesores como en los estudiantes.

#### Habilidad 4.- para interpretar pruebas o datos presentados en forma textual.

En esta categoría se presentan 8 ítems estructurados en formatos textuales, dentro de los cuales se presentan las pruebas necesarias, que el estudiante debe identificar e interpretar para su solución. En los estudios de Postigo y Pozo (2000), se ha encontrado que las pruebas dadas en este tipo de formato, tiende a presentar un mayor nivel de dificultad con diferencias estadísticamente significativas, en comparación a cualquiera de las categorías trabajadas anteriormente, por tal motivo, se ha generado esta, en donde se presentan 8 ítem que pueden ser utilizados por los docentes, para generar comparaciones entre los diferentes formatos presentados.

En primer lugar, tenemos un grupo de 4 ítems en forma de preguntas abiertas donde se tendrá que generar una conclusión, razón o argumento válido, que dé cuenta de una adecuada interpretación de las pruebas o datos. De estos ítems, 3 corresponden a un conocimiento de contenido, pues es necesario manejar conceptos como contaminación, productos de combustión, funcionamiento de motores diésel y eléctricos, resistencia a sustancias, transmisión genética, velocidad y distancia de detención de los vehículos (36. *Los autobuses-2*, 37. *Las moscas-2* y 38. *Peter Carneyl-2*).

En el primer caso, se utilizarán dichos conocimientos para evaluar una conclusión dada y dar razones a favor o en contra de la misma. En el segundo caso, el estudiante tendrá que dar una

conclusión alternativa a la presentada, justificando el por qué se está generando el fenómeno expuesto. En el tercer caso, se dará razones a favor y en contra de una decisión tomada, sustentando cómo las nuevas posiciones benefician una mejor velocidad, pero al mismo tiempo, puede afectar la reacción de los vehículos en situación de frenado.

En todos ellos se solicita generar conclusiones o explicaciones, a partir de las pruebas presentadas como parte del nivel de interpretación conceptual. Un solo ítem corresponde al uso del conocimiento procedimental, que implica evaluar y cuestionar un procedimiento experimental, en donde se pone en duda la veracidad de una conclusión a partir del tipo de mediciones realizadas, (39. *Un riesgo para la salud-1*). El estudiante tendrá que dar una razón que confirme la idea planteada, demostrando su capacidad de emitir juicios sobre la relevancia del asunto, la idoneidad y credibilidad de dicha información (OCDE, 2006). Este ítem es uno de los pocos ejemplos en donde se alcanza el cuarto nivel de interpretación o de lectura, detrás de los datos (Friel *et al.*, 2001), debido a ese cuestionamiento de las pruebas y de la metodología utilizada.

En un segundo grupo se recogen los 4 ítems basados en preguntas de elección múltiple o múltiple compleja; se evaluará la mejor conclusión, razón o argumento de una lista, pasándose a elegir la que mejor representa a los datos o pruebas científicas. De 4 ejemplos presentados, 2 apuntan principalmente a un conocimiento de contenido (40. *El ozono-2*, 41. *Lluvia ácida-2*). En el primer caso, la comprensión de conceptos como ozono, troposfera, estratosfera y tormentas eléctricas, facilitarán la relación entre el concepto que se presenta y la definición adecuada.

En el segundo caso, conceptos sobre reacciones químicas, carbonatos, acidez, solubilidad y pérdida de masa, son necesarios para la selección de la mejor predicción de la situación expuesta. Los dos ítems restantes requieren de un conocimiento epistémico (42. *Brillo de Labios-2*, 43. *Brillo de labios-3*), ya que en ellos se da la información necesaria, para que el estudiante relacione dichas pruebas con la pregunta planteada, con el fin de generar predicciones o inferencias sobre los posibles efectos que pueden causar las sustancias mencionadas, exigiendo una lectura más allá de los datos en los niveles de Curcio (1989).

En ellos se evalúa los efectos de los procedimientos realizados, prediciendo qué puede causar el agregar un exceso de agua en la mezcla en el primer caso, o prediciendo el

comportamiento del jabón en presencia de los otros reactivos, para el segundo caso, situaciones presentadas en contextos experimentalmente prácticos y que no requieren del uso de conceptos extras para su solución.

#### Habilidad 5.- para recolectar pruebas o datos y uso interactivo del Ítem.

Esta última categoría es, tal vez, la más compleja de todas las presentadas anteriormente en esta subcompetencia, puesto que no solo se centra en el análisis e interpretación de los datos o pruebas dadas, sino que es necesario sumar un paso adicional, que en ninguno de los ítems de las anteriores categorías se había visto: el de la recolección de esos datos o pruebas, a partir de la manipulación de las diferentes condiciones proporcionadas en el simulador y que pasan a sistematizarse, principalmente en forma de tablas, las cuales se analizarán e interpretarán para dar respuesta al problema propuesto en cada uno de ellos.

Los ítems de esta categoría tienen una interfaz dinámica, solo en PISA 2015, donde el estudiante precisa entender el simulador y el manejo de los controles, que va asociado a un fenómeno y sus variables. Según la prueba, se variarán las condiciones iniciales para la recolección de datos y su interpretación, por lo que se puede permitir observar cuál es el rendimiento de los estudiantes, en comparación a los ítems tradicionales y las diferencias y dificultades que se pueden presentar.

En esta categoría se presentan 9 ítems con formato de selección múltiple, de los cuales dos requieren de un conocimiento de contenido (*44. Gafas regulables-2* y *45. Casa de bajo consumo-5*). En el primer caso, es necesario un conocimiento básico sobre volumen y cómo afecta la variación de la cantidad de líquido en la forma de una lente, siendo necesario manipular el control que permite variar la cantidad de fluido a extraer, o añadir y observar los cambios que se generan en la imagen dinámica. Este ítem no presenta mayor dificultad y es un ejercicio introductorio a otros de la misma unidad, que requieren procesos más complejos.

En el segundo caso, es preciso conocer cómo afecta el color a la absorción y reflexión de la energía, con el fin de relacionar las variables de temperatura exterior y el consumo de energía de una casa, según el color del tejado. Esta prueba evalúa el conocimiento del contenido, en mayor proporción que el procedimental, aunque es necesaria la recolección de los datos para la selección de la respuesta final.

Los 7 ítems restantes requieren del conocimiento procedimental, centrados en la recolección de los datos y el análisis e interpretación de los mismos, que conlleven a la selección de la opción que mejor los represente. Así, los tres ítems *46. Gafas regulables-3*, *47. Gafas regulables-4*, *48. Gafas regulables-5*, exponen toda la información requerida para el estudiante, desde las instrucciones para utilizar el simulador, hasta el contexto en el cual se desenvuelve, siendo necesario que el alumno ajuste las condiciones requeridas, obtenga los datos y en función de los mismos, responda cómo afecta la regulación del volumen de las gafas a la visión de los tres discentes.

De igual manera el ítem *49. Correr en días de calor-1*, requiere la variación de las condiciones de temperatura, humedad del aire y consumo o no de agua, para identificar si las condiciones dadas pueden afectar a la salud de un corredor. Finalmente, los ítems *50. Casa de bajo consumo-1*, *51. Casa de bajo consumo-2* y *52. Casa de bajo consumo-4* permiten entender cómo las variables de temperatura exterior y color de tejado, afectan el consumo de energía de la casa a partir de los datos recolectados.

### **3.3.2 Aspectos particulares de la subcompetencia Interpretar datos y pruebas científicas**

La competencia *Interpretar Datos o Pruebas Científicas* está representada por 52 ítems. 18 ítems constituyen preguntas abiertas y conducen a una conclusión, explicación o predicción en torno a los datos presentados, requiriéndose en muchos de ellos, el aporte de pruebas basadas en estos, para estar a favor o en contra de una conclusión, o la propuesta de conclusiones alternativas a la ya presentada; además, estos ítems permiten analizar la capacidad de los estudiantes, para comunicar y argumentar.

Un solo ítem (*Comportamiento del espinoso-3*) tiene un formato de pregunta cerrada construida, en donde las respuestas no son abiertas en su totalidad, pues están definidas por el ordenamiento de las gráficas presentadas. Los 33 ítems restantes implican la evaluación y selección de la opción que mejor represente los datos, siendo 29 de elección múltiple y 4 de elección múltiple compleja.

Con base en lo anterior, el docente presenta un gran número de ejemplos tanto para evaluar la capacidad de proponer conclusiones o argumentos con los ítems abiertos, los cuáles, además,

permitirán analizar en detalle, qué tipo de conclusiones generan los estudiantes y qué dificultades tienen en su redacción o, también puede utilizar los ítems de elección múltiple, lo que daría una idea inicial de que tan capaces son los estudiantes de elegir la mejor conclusión. Estos ítems son una herramienta puesta al servicio de los docentes, que pueden ayudar a entender mejor a sus estudiantes y mejorar sus prácticas educativas.

Del total de los ítems, solo uno permite cuestionar el método experimental que se utilizó y más aún, permite el cuestionamiento del proceso de investigación (*Un riesgo para la salud-1*), ya que solicita una razón que lleve a dudar en torno a las declaraciones hechas por los científicos. Este ítem requiere una mirada crítica de los datos y, por tanto, sugiere un nivel de lectura detrás de los mismos en los términos de Friel et al. (2001). Aunque en el marco teórico de PISA 2006 (OCDE 2006), se menciona que el ítem fue descartado del estudio, debido a las diferencias entre los resultados de los países que participaron, también menciona la incomodidad del comité científico, ya que algunas respuestas cuestionaban la honestidad de la investigación científica.

Se considera importante discutir este último hecho constantemente en clase, puesto que es necesario ese cuestionamiento de la ciencia, ya que a través de la historia y más aún en el presente, la investigación científica se ha visto envuelta en contradicciones, debido a investigaciones sesgadas hechas por científicos que tienen intereses particulares y llevan a favorecer un concepto inadecuado. Este ítem puede ser un ejemplo claro que permita al maestro, relacionar situaciones semejantes dadas en sus contextos y que puedan ser discutidas en clase.

Con respecto al tipo de conocimiento, se distinguen 3 grupos de ítems. Un primer grupo de 16 ítems, que responden a un conocimiento de contenido, requiriéndose de conceptos clave para dar respuesta a las preguntas. Un segundo grupo de 18 ítems, ligados a un conocimiento procedimental, centrado principalmente en el reconocimiento de las variables y la relación entre estas dentro de tablas, gráficos o figuras. Y un tercer grupo de 18 ítems, que requieren de un conocimiento epistémico, el cual está relacionado con las explicaciones que se generan con respecto al mundo natural, relacionando los datos dados, el contexto presentado y la información aportada en las tablas o gráficas.

En relación con el conocimiento epistémico, PISA concede importancia a la naturaleza del razonamiento utilizado para interpretar las pruebas y los datos, deduciendo la respuesta o seleccionando la inferencia a la mejor explicación de los datos o pruebas proporcionadas (OCDE, 2016). Siendo esta clasificación con base en los conocimientos, ejemplos claros para que los docentes comprendan cuál de ellos está evaluando, en dónde se presentan mayores dificultades y qué pueden hacer para mejorar sus resultados.

Del total de ítems analizados en este trabajo, 43 de ellos han sido propuestos en las pruebas PISA de 2000 a 2012 y se consideran de carácter estáticos, ya que se presentan de forma que solo se requiere un análisis o interpretación. Los 9 últimos ítems solo han sido propuestos en las recientes pruebas PISA 2015 y tienen un carácter dinámico, donde solo uno, *Central eléctrica azul-2* utiliza una imagen con animación, para que el estudiante deduzca el proceso que se presenta.

Los 8 ítems restantes se muestran como simulaciones, donde es necesario que el estudiante interactúe con los controles que permiten el cambio de las variables, para obtener los datos requeridos, dotándoles de una capacidad heurística, en términos de Gallardo (2010), puesto que es necesario que el alumno diseñe un plan que le permita seguir los pasos necesarios para llegar a la solución. Estos últimos ítems pueden dar luces al docente de qué tan capacitados están sus estudiantes, en el proceso mismo de selección de variables para recoger unos datos adecuados, seleccionar los datos que mejor convengan para el análisis y generar una interpretación lógica que lleven a la construcción de conclusiones apropiadas.

Teniendo en cuenta la categorización que se realiza en este trabajo, es evidente la importancia que se da a la forma como se presentan los datos, pues los estudiantes deben ser capaces de leer cualquiera de estas formas de representación. Sin embargo, el proceso gráfico ha sido un tema delegado al área de matemáticas, por lo cual se presta menor atención desde las ciencias, tal como lo enuncia Arias et al. (2011) quienes al analizar diferentes textos de ciencias, principalmente de la Editorial Santillana, encuentran que el uso de gráficas no supera el 10% en relación a las páginas del libro, reconociendo que es muy importante el aprendizaje de estos temas desde varias áreas y más aún desde las ciencias, puesto que la habilidad de manejar la información a partir de gráficas suele ir acompañada de contextos reales, en donde frecuentemente se usan con fines comunicativos, usos importantes en este mundo moderno, donde las diferentes áreas del conocimiento utilizan múltiples formas de

representación de los datos, como método de comunicación y que cualquier persona debería leer e interpretar con facilidad.

La subcompetencia *Interpretar datos y pruebas científicas*, requiere, por tanto, un manejo procedimental derivado del trabajo en la elaboración e interpretación de las diferentes maneras de representación de los datos, siendo necesario que el docente de ciencias utilice estas formas de manera constante en el aula, llevando siempre a los estudiantes, y desde diferentes temas, al trabajo con los datos y construcción de estos diferentes modelos de representarlos. También los ítems trabajados dan ideas de cómo se pueden organizar los datos y qué debemos solicitar al estudiante, para que realice un proceso sistemático y adecuado de interpretación y producción de las respectivas conclusiones.

El comprender en qué consiste cada una de las subcompetencias científicas, nos lleva a evaluar de mejor manera los resultados que presenta las pruebas internacionales PISA, de tal manera que, según los resultados obtenidos por subescalas o subcompetencias, un determinado país sabría en donde se debe de generar cambios específicos, para que dicha subcompetencia este al nivel de las demás.

Para finalizar, conviene señalar que este estudio de categorización de los ítems y la comprensión de las subcompetencias y conocimientos estudiados hasta el momento, tienen como fin una aplicación práctica con un grupo de estudiantes, en donde, mediante un proceso de evaluación diagnóstica, se analizarán sus debilidades en cuanto a los conocimientos y subcompetencias descritas. Este hecho hace que nos, centremos, principalmente, en las habilidades específicas ya mencionadas, con el fin de intervenir en el aula a partir de la generación y aplicación de unidades didácticas, centradas en desarrollar las habilidades con mayor dificultad. De esta manera, si conocemos cuáles son las necesidades de nuestros estudiantes, sabremos qué debemos hacer como docentes para ayudarlos.

### **3.4 Subcompetencia Científica: Explicar fenómenos científicamente.**

#### **3.4.1 Aspectos generales de la subcompetencia**

Esta última competencia deja de lado los conocimientos procedimentales y epistémicos para centrarse exclusivamente en los conocimientos de contenido; sin embargo, a pesar de que en el marco teórico de PISA 2015 se dice que los tres tipos de conocimiento (contenido, procedimentales y epistémicos), pueden trabajarse en esta competencia, los marcos anteriores siempre han hecho claridad en que esta competencia evaluará exclusivamente los conocimientos de contenido que deben manejar los estudiantes de 15 años y cómo los utilizan para producir o seleccionar predicciones, explicaciones o información adicional a partir de la comprensión del concepto científico inmerso en los fenómenos o situaciones presentadas en los ítems (OCDE, 2016). Así también, desde el punto de vista de los ítems, se tiene que el 100% de los ítems que se presentan como ejemplos de esta competencia se clasifican como parte del conocimiento de contenido.

De esta manera, desde PISA 2000, se propone que los conceptos que se trabajarán serán familiares a las áreas comunes de la ciencia como son la física, la química, las ciencias biológicas y ciencias de la tierra y el espacio, que no solamente tendrán que recordarse sino aplicarse en cada uno de los ítems (OCDE, 1999), apuntándole siempre a los niveles más altos de la alfabetización científica (Bybee, 1997) y de las dimensiones cognitivas del aprendizaje (Bloom, 1956; Gallardo et al., 2010).

Por tanto, aunque la cantidad de conceptos, hechos o teorías son variados y muy numerosos dentro de los currículos de los diferentes países, desde PISA 2000 se propone que esta gran lista se reduzca a unos conocimientos de contenidos básicos y relevantes para cualquier estudiante, basándose en cuatro criterios para su selección: tener mucha relevancia para la vida cotidiana, ser perdurables a lo largo de la próxima década y más allá, ser relevantes en situaciones en las que se deba demostrar el desarrollo de la alfabetización científica y facilitar el desarrollo de las habilidades científicas mencionadas en las dos anteriores competencias.

Es así, como desde PISA 2000, se propuso una lista de conocimientos que fue reorganizada y ampliada hasta llegar a PISA 2015, marco teórico que ha clasificado estos conocimientos en

3 categorías; sistemas físicos, sistemas vivos y sistemas de la tierra y el espacio (Tabla 18). En PISA 2006, se había propuesto una cuarta categoría denominada sistemas tecnológicos; sin embargo, se consideró esta categoría como un conocimiento transversal que afecta en gran escala a las ciencias, y por tal motivo, va a estar de alguna manera en los 3 sistemas mencionados.

Desde el punto de vista de los ítems, esta competencia requiere que los estudiantes desarrollen la habilidad de reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones científicas para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos, partiendo de recordar y aplicar el conocimiento científico adecuado; identificar, utilizar y generar modelos explicativos y representaciones; hacer y justificar predicciones adecuadas; plantear hipótesis explicativas, y explicar las implicaciones potenciales del conocimiento científico en la sociedad (OCDE, 2016).

**Tabla 18.**

*Conocimientos de la Ciencia Relevantes según los Marcos Teóricos Planteados por PISA y Ejemplo de Ítems.*

<b>Sistemas</b>	<b>Conocimientos o contenidos</b>	<b>Nombre de los ítems</b>	
<b>Sistemas Físicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura de la materia (por ejemplo, modelo de partículas, enlaces)</li> <li>• Propiedades de la materia (por ejemplo, cambios de estado, conductividad térmica y eléctrica)</li> <li>• Cambios químicos de la materia (por ejemplo, reacciones, transferencia de energía, ácidos/bases)</li> <li>• Movimientos y fuerzas (por ejemplo, velocidad, fricción) y la acción a la distancia (por ejemplo, las fuerzas magnéticas, gravitacionales y electrostáticas)</li> <li>• La energía y su transformación (por ejemplo, conservación, la disipación, reacciones químicas)</li> <li>• Interacciones de la energía y la materia (por ejemplo, ondas de luz y de radio, ondas sónicas y sísmicas)</li> </ul>	<p><i>Combustible fósiles-1</i>  <i>Agua potable-2</i>  <i>Trabajar con calor-1</i>  <i>Trabajar con calor-2</i>  <i>Luz de las estrellas-2</i>  <i>El pan-1</i>  <i>El pan-3</i>  <i>El pan-4</i>  <i>El gran cañón-2</i>  <i>Los tejidos-2</i>  <i>Los autobuses-1</i>  <i>Energía eólica-4</i></p>	<p><i>El maíz-2</i>  <i>El maíz-3</i>  <i>El maíz-5</i>  <i>Central eléctrica azul-4</i>  <i>Casa de bajo consumo-3</i>  <i>Ultrasonido-1</i>  <i>Ultrasonido-3</i>  <i>El catalizador-2</i>  <i>Peter Carney-3</i>  <i>Peter Carney-4</i>  <i>Flotante-1</i>  <i>Osmosis inversa-2</i>  <i>Refrigeración</i>  <i>Subterránea-1</i></p>

### Continuación de la Tabla 18.

Conocimientos de la Ciencia Relevantes según los Marcos Teóricos Planteados por PISA y Ejemplo de Ítems.

Sistemas	Conocimientos o contenidos	Nombre de los ítems	
Sistemas Vivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Células (por ejemplo, estructura y función, ADN, plantas y animales)</li> <li>* El concepto de un organismo (por ejemplo, unicelulares y multicelulares)</li> <li>• Seres humanos (por ejemplo, la salud, la nutrición, los subsistemas tales como la digestión, la respiración, la circulación, excreción, reproducción y su relación)</li> <li>• Poblaciones (por ejemplo, especies, evolución, biodiversidad, variación genética)</li> <li>• Ecosistemas (por ejemplo, cadenas tróficas, flujo de materia y energía)</li> <li>• Biosfera (por ejemplo, servicios del ecosistema, sostenibilidad)</li> </ul>	<p><i>Ejercicio físico-1</i>  <i>Ejercicio físico-2</i>  <i>Ejercicio físico-3</i>  <i>Agua potable-3</i>  <i>Agua potable-4</i>  <i>Agua potable-5</i>  <i>La caries dental-2</i>  <i>Ultrasonido-2</i>  <i>El chocolate-1</i>  <i>El chocolate-3</i>  <i>Fumar tabaco-1</i>  <i>Fumar tabaco-2</i>  <i>Evolución-3</i>  <i>El ozono-3</i>  <i>Mary Montagú-1</i>  <i>Mary Montagú-2</i>  <i>Mary Montagú-3</i>  <i>Clonación-1</i>  <i>Clonación-2</i>  <i>Fumar-1</i></p>	<p><i>Síndrome de despoblamiento de colmenas-1</i>  <i>Síndrome de despoblamiento de colmenas-4</i>  <i>Síndrome de despoblamiento de colmenas-5</i>  <i>El virus de la viruela del ratón-1</i>  <i>El virus de la viruela del ratón-2</i>  <i>El diario de Semmelweis-3</i>  <i>El diario de Semmelweis-4</i>  <i>Cirugía con anestesia-1</i>  <i>Cirugía con anestesia-2</i>  <i>Cirugía con anestesia-3</i>  <i>Los clones de ternero-2</i>  <i>Correr en días de calor-2</i>  <i>Correr en días de calor-4</i>  <i>El tránsito de venus-1</i>  <i>Gafas regulables-1</i>  <i>Capturar al asesino-1</i></p>
Sistemas de la tierra y el espacio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras de los sistemas de la Tierra (por ejemplo, litosfera, atmósfera, hidrosfera)</li> <li>• La energía en los sistemas terrestres (por ejemplo, fuentes, clima global)</li> <li>• El cambio en los sistemas terrestres (por ejemplo, tectónica de placas, ciclos geoquímicos, fuerzas constructivas y destructivas)</li> <li>• La historia de la Tierra (por ejemplo, fósiles, orígenes y evolución)</li> <li>• La Tierra en el espacio (por ejemplo, gravedad, sistemas solares)</li> <li>* La historia y la escala del Universo y su historia (por ejemplo, años luz, la teoría del Big Bang)</li> </ul>	<p><i>Extracción de aguas subterráneas-1</i>  <i>Extracción de aguas subterráneas-3</i>  <i>Extracción de aguas subterráneas-4</i>  <i>Luz de las estrellas-1</i>  <i>El tránsito de venus-2</i>  <i>Energía eólica-3</i>  <i>El gran cañón -3</i>  <i>Luz de día-1</i>  <i>Luz de día-2</i>  <i>Lluvia ácida-1</i>  <i>El efecto invernadero-3</i>  <i>Agua potable-1</i></p>	

Nota: Con base en el marco teórico de PISA 2015 y al análisis cuantitativo de las dimensiones y sistemas de los ítems.

En esta última competencia, a diferencia de las dos anteriores, se pueden identificar fácilmente ítems centrados en el simple recuerdo de un concepto o la función de un órgano o instrumento, como en el caso *capturar al asesino-1*, *fumar tabaco-1*, *gafas regulables-1* y *los tejidos-2*, pudiéndose decir que solo alcanzan los niveles nominal de la alfabetización científica en la escala de Bybee (1997), o reproductiva de conocimiento en la escala de Bloom (1956), coincidiendo con lo propuesto por Gallardo-Gil et al. (2010).

Sin embargo, en el resto de ítems es necesario una comprensión del concepto requerido y aplicarlo en el contexto o fenómeno dado para seleccionar o generar la explicación adecuada, permitiendo evaluar el grado de comprensión del concepto que tienen los estudiantes.

### **3.4.2 Aspectos particulares de la subcompetencia Explicar fenómenos científicamente**

Esta última subcompetencia más bien se centra en los conocimientos de contenido que todo estudiante debe tener claro sobre las ciencias y que se enumeran en la tabla 18; sin embargo, esto no quiere decir que el resto de conocimientos que son parte del currículo en los colegios deje de ser importante, puesto que el grado de importancia lo da el contexto, en donde labore el docente, en torno a las necesidades de los estudiantes y de la región. Por tanto, los ítems de esta última categoría pueden servir de ejemplo para que los docentes puedan formular sus propios instrumentos de evaluación según sus necesidades y contextos.

A diferencia de las dos anteriores, en esta subcompetencia no se realizó una profundización puesto que es uno de los temas más trabajados por los docentes y en donde la mayoría de los currículos escolares siempre empiezan por enlistar los temas que se trabajaran en cada año escolar, siendo este uno de los principales limitantes al trabajo por competencias ya que en Colombia este hecho deja claro que la mayor importancia es dada al conocimiento de contenido e incluso se evalúa al docente en torno la cantidad de temas abordados durante el año, con el fin de ver si cumplió o no con lo proyectado en el plan de estudios.

Por tanto, si sería importante para dar una transición al trabajo por competencias que los currículos no iniciaran definiendo los temas a trabar sino más bien las habilidades a desarrollar y en torno a ellas organizar los diferentes contenidos, de tal manera que se pueda trabajar transversalmente alrededor de proyectos donde las diferentes áreas se vinculen con sus temas

alrededor de unas habilidades que el estudiante debería desarrollar. Si bien estas habilidades se proponen en el marco conceptual del ministerio de educación colombiano, han sido muy pocas las instituciones que parten de ellas para organizar el plan de estudios y en donde en la mayoría se dejan en un plano secundario que complementa al conocimiento de contenido mas no son las actoras principales del proceso.



**CAPITULO 4.**  
**INTERVENCIÓN PEDAGÓGICA**



## **Introducción**

La revisión de los marcos teóricos de PISA y el posterior análisis y clasificación de los ítems liberados descritos en los capítulos anteriores, permitió comprender cada una de las habilidades que se deben trabajar en el aula para potenciar el desarrollo de la competencia científica en los estudiantes. Sin embargo, una intervención pedagógica debe también partir de las necesidades de los estudiantes y del contexto de la región o país en el que se encuentran. En este sentido, en el presente capítulo se exponen inicialmente el contexto en el cual se desenvuelve este trabajo y los principales problemáticas que serán abordadas en los diferentes talleres y la relación que existe con las competencias estudiadas, lo que permitirá sustentar el porqué de la propuesta pedagógica.

Así mismo, se expone la importancia de la evaluación diagnóstica como instrumento que lleva a conocer cuáles son las fortalezas y debilidades de los estudiantes en torno al desarrollo de las competencias, permitiendo obtener una mirada objetiva tanto grupal como individual de ellos y que marcará el camino a seguir según sus necesidades. De esta manera partiendo del conocimiento de estas variables se pasa a proponer una intervención en la línea de saberes, donde se vinculan dichos aspectos y cómo serán abordados.

Finalmente se expone el proceso evaluativo de la propuesta pedagógica, donde mediante un diseño cuasi-experimental estructurado en un pre-test – intervención – pos-test se analizará cuál fue el nivel alcanzado en ciencias antes y después de la intervención. Los pormenores de este diseño se exponen en el apartado 4.4.

### **4.1 El Enfoque por Competencias y el Contexto de Colombia**

El desarrollo de competencias científicas en los términos de PISA, supone muchos retos para el maestro en el aula de clase, ya que como dice Franco et. al (2014) no se puede decir que exista una línea directa entre las competencias que se plantea, en los currículos y su aplicación en el aula y las declaraciones dadas en los currículos no pasan de simples intenciones. Sin embargo todas las aportaciones hechas sobre el tema permiten visibilizar una propuesta que sea ejecutable a lo largo de un año o ciclo escolar, con una práctica docente que conlleve a una intervención eficiente en el aula, en donde se encuentre el equilibrio entre la adquisición de los conocimientos básicos de contenido, procedimentales y

epistémicos y la práctica de habilidades y capacidades que permitan en conjunto su movilización para llegar a desarrollar las competencias (Roegiers, 2000).

Para los estudiantes colombianos es determinante comprender que el desarrollo de la competencia científica debe hacerse desde su contexto particular, desde un paradigma socio científico y socio crítico, que permita abordar temas álgidos de la sociedad colombiana y tomar decisiones racionalmente fundadas, como parte de una ciudadanía responsable y con valores sociales (Holbrook y Rannikmae, 2009; 2007).

Siendo urgente en Colombia la formación de niñas, niños y jóvenes con posturas críticas y éticas frente a las graves situaciones que nos aquejan, como injusticia social, la pobreza, el irrespeto a los derechos humanos, la contaminación, exclusión social y el abuso de poder, en un país donde hablar sobre cualquiera de estos temas supone un alto riesgo para la vida, como lo demuestran, los 251 líderes sociales asesinados en 2020 (Indepaz, 2021), de los cuales 64 eran férreos defensores del medio ambiente, opositores en temas como la deforestación, el fracking, la minería y el uso del glifosato (Paz-Cardona, 2021).

En este sentido y teniendo en cuenta nuestra población estudio, pertenecientes a un colegio público con familias económicamente desfavorecidas, se plantea una aproximación de intervención, donde se pone en práctica una serie de actividades encaminadas al desarrollo de la competencia científica en estudiantes de grado octavo de educación secundaria en Bogotá – Colombia a lo largo de un año escolar, en donde se abordarán las habilidades propuestas desde PISA para hacer un análisis crítico y argumentado de problemáticas socio científicas como la drogadicción, la minería y el uso del glifosato, una propuesta enmarcada en una línea de saberes tal como lo propone Cordero y Nassar (2013), dimensiones como el saber-saber, saber-hacer, saber-pensar y saber-actuar, en donde se considera elemental un aprendizaje en contexto (Couso, 2011) que conlleven al desarrollo de competencias generales y específicas, a fin de llevar al estudiante a construir sus propios conocimientos de manera progresiva, su saber ser y su saber hacer (Lasnier, 2000).

La línea de saberes nos abre la puerta para abordar paso a paso esta propuesta de intervención en donde cada saber tiene un objetivo concreto que lleva a trabajar las debilidades de los estudiantes en nuestro contexto específico, en donde los saberes y las competencias no chocan, sino más bien se complementan tal como lo dice Perrenoud (2008)

y además menciona que no se pueden desarrollar las competencias en la escuela sin dedicar el debido tiempo a la asimilación de los saberes básicos escolares en donde la mayoría de estos son movilizados por la competencias y por tanto no hay competencias sin saberes.

Para este fin además de vincular los diferentes conceptos sobre competencias, conocimientos y contextos se plantea una línea de saberes que permite trabajar los diferentes niveles de la dimensión cognoscitiva (Bloom, 1956; Gallardo et al., 2010) o los diferentes niveles de la alfabetización científica (Bybee, 1997) a partir de la aplicación de actividades y talleres construidos teniendo en cuenta los tres niveles de la demanda cognitiva propuestas por Anderson y Krathwohl (2001), Marzano y Kendall (2007) y Webb (2002).

El nivel Bajo (I) Consistirá en llevar a cabo un procedimiento de un solo paso, por ejemplo, el recuerdo de un hecho, término, principio o concepto o localizar un solo elemento de información de una gráfica o tabla y cuyas actividades hacen referencia a identificar, recordar, reconocer, nombrar, enlistar, etiquetar, ejemplificar, usar, calcular, medir y describir (quién, qué, dónde, cuándo).

El nivel Medio (II) consistirá en usar y aplicar el conocimiento conceptual para describir o explicar fenómenos, seleccionar los procedimientos apropiados que involucren dos o más etapas, organizar y monitorear los datos, interpretar o utilizar conjuntos de datos simples o gráficos siendo las actividades las que incluyen la realización de observaciones y la recolección de datos; clasificar, organizar, ilustrar, dibujar, mostrar, utilizar modelos, diagramas, esquematizar, comparar datos y organizar y presentar datos en tablas, gráficos y tablas.

Finalmente el nivel Alto (III) que Consistirá en el análisis complejo de la información o los datos, síntesis o evaluación de la evidencia, justificación, dar razones de diversas fuentes, desarrollar un plan o secuencia de pasos para abordar un problema, siendo las actividades propuestas las que incluyen sacar conclusiones a partir de observaciones; citando pruebas y el desarrollando un argumento lógico para los conceptos; explicar los fenómenos en términos de conceptos; el uso de conceptos para resolver problemas no rutinarios o actividades que vincules categorizar, diferenciar, discriminar, distinguir, ordenar, crear una analogía o metáfora, organizar, ordenar, clasificar e identificar diferentes tipos de categorías (Anderson y Krathwohl 2001, Marzano y Kendall 2007, Webb 2002).

De esta manera la propuesta de intervención pedagógica empieza a tomar forma, sin embargo es indispensable conocer que necesidades tienen los estudiantes, siendo la evaluación diagnóstica la que nos puede brindar información más detallada.

## **4.2 Uso de ítems PISA como herramienta de evaluación diagnóstica**

Es importante destacar que dichos ítems han sido contruidos por expertos de todo el mundo y antes de su uso pasan por un proceso estadístico de comprobación para analizar en qué medida se ajustan o no a los parámetros para la evaluación de cada habilidad, llevando a cabo un proceso de validación, que si bien no es perfecto, es el resultado de un esfuerzo colectivo internacionalmente que pretende ajustarse lo más estrechamente a los marcos teóricos propuestos por PISA.

En este sentido no todos los docentes tienen los conocimientos y las habilidades para elaborar un ítem bajo el enfoque por competencias, por tanto es esencial que los docentes tengan a su disposición ítems ya realizados que orienten su práctica o los lleven a reflexionar en torno a sus propias evaluaciones, tal como lo propone la investigación de Monereo (2009) en donde un grupo de maestros después de dicho proceso encontraron una gran diferencia en su estructura, generando un cambio que los llevó a mejorar profesionalmente. Alarcón et al. (2010) y Cardona et al. (2011) también destacan la importancia de los ítems liberados de PISA y su aporte en el proceso de evaluación que los docentes realizan y a su vez proponen manuales que pueden ayudar a los docentes en la elaboración de sus propios ítems.

Es así como la esencia de los ítems ha sido considerada muy importante desde antes de PISA, tal como lo proponían Angell, Kjaernsli y Lie (2000) con los ítems de las pruebas TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study), donde concluían que una evaluación diagnóstica mediada con estos ítems además de permitir conocer cuánto saben los estudiantes, pueden dar información de lo que saben, llegando a comprender el pensamiento de los estudiantes sobre el mundo y de sus necesidades específicas.

Este hecho fue comprendido muy bien en países como Suecia, Dinamarca y Finlandia, quienes a partir de los datos empíricos y el análisis diagnóstico de algunos ítems utilizados en

las pruebas PISA, categorizaron el conocimiento científico de sus estudiantes y realizaron mejoras en sus currículos que los llevó a obtener mejores resultados (Jakobsson et al., 2013). O en España en donde utilizaron ítems liberados de PISA para hacer pruebas diagnósticas en algunas comunidades autónomas para tratar de profundizar en el conocimiento adquirido de los estudiantes (Gallardo, Fernández y Sierra 2014), siempre con la convicción de ir más allá de la simple cuantificación del conocimiento y llegar a entender en sí las necesidades de dicho conocimiento, incluso con investigaciones más específicas como las de Crujeiras y Jiménez Aleixandre (2015) que evaluaron algunas competencias y desempeños alcanzados por los estudiantes con ayuda de los ítems liberados de PISA, tras un proceso de intervención en clase.

En consecuencia la evaluación diagnóstica con ayuda de estos ítems es una de las herramientas que puede orientar al docente a entender y visualizar cuáles son dichas debilidades (López-Lozano y Solís, 2020; Sesento, 2018 ), utilizando la evaluación como un proceso de investigación (Hargreaves, 2005) que puede llevarlo desde el inicio del curso a centrarse en mejorar y desarrollar las habilidades donde se presenta mayor dificultad, generando procesos que aporten al desarrollo de la competencia científica y mejora del proceso de enseñanza de las ciencias (Acevedo-Díaz, 2005; Alcañiz y Cervera, 2014; Gil-Pérez y Vilches, 2006).

Así se aprovechará el tiempo que se tiene con los estudiantes al máximo ya que por muchos motivos estos tiempos de aprendizaje se pierden y reducen a un 70% las clases programadas durante el año escolar, de esta manera el maestro puede organizar una intervención con objetivos claros que permitan aprovechar los tiempos y en donde no solo se centren en cumplir un plan de estudios sino que también apunte al desarrollo de las competencias necesarias para que los estudiantes puedan aportar a la mejora de su contexto (García, 2000).

En este sentido, la evaluación diagnóstica debe ir orientada a indagar de manera puntual sobre las debilidades que debemos mejorar. Para este caso, nos centramos en las competencias necesarias que un estudiante debe desarrollar en el área de ciencias naturales, que los lleve a generar cambios positivos en su contexto y/o sociedad (OCDE, 2017), competencias que deben estar claras en el docente, para saber en qué sentido debe orientar su intervención, de modo que cada tema que se aborde según el plan de estudios se entrelazarse

con las competencias científicas adecuadas mediante actividades permanentes que permitan trabajar en las debilidades encontradas en los estudiantes y mejorar su nivel.

### **4.3 Proceso de intervención en el aula**

#### **4.3.1 Línea de Saberes**

Teniendo en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes se ha propuesto 4 saberes que tienen diferente nivel, en donde cada uno responderá a solucionar las debilidades encontradas en los grupos de estudiantes, iniciando desde el nivel básico hasta llegar al nivel alto y que se aplicaran en los tres periodos. De tal manera que cada periodo será un ciclo donde se aplicarán los 4 saberes propuestos y la información recolectada sobre el trabajo de los estudiantes permitirá retroalimentar y modificar las actividades a realizar en el siguiente periodo o ciclo.

De esta manera la línea de saberes aplicada en cada periodo se presentan como microciclos dentro de la metodología de investigación-acción que permitirán ir mejorando la propuesta pedagógica a ejecutar en el aula en cada uno de los tres periodos o ciclos del año escolar. En este sentido se plantea el siguiente orden de Saberes:

***El Saber-Saber:*** Relacionado con un conjunto de saberes teóricos o prácticos que el estudiante debe conocer, siendo importante la comprensión de los conceptos científicos clave (Holbrook y Rannikmae, 2009). Por tanto, se pretende como primera acción en el aula un acercamiento a los conceptos principales, ya que muchos de los estudiantes no son capaces de conectar los modelos teóricos con las pruebas empíricas dadas como parte de un problema (Bravo y Jiménez, 2015).

Así, se propone abordar en el Saber-Saber las primeras etapas de la dimensión cognoscitiva como son el conocimiento de conceptos y su reproducción (Bloom, 1956; Gallardo-Gil et al., 2010), o nivel nominal de la alfabetización científica (Bybee, 1997), desde un ejercicio de lectura constante y progresiva, donde se trabaje el conocimiento teórico básico con tareas que involucren un procedimiento simple y bien definido como identificar, recordar, reconocer, usar, etc. que atiendan la demanda cognitiva de nivel 1 (Anderson y Krathwohl, 2001; Marzano y Kendall, 2007; Webb, 2002).

***El Saber-Hacer:*** Asociado a las destrezas, capacidades y habilidades del estudiante y su aptitud para realizar con facilidad y precisión las tareas que competen. En esta etapa se trabajan los conceptos revisados en el saber-saber y se proponen actividades orientadas a desarrollar el conocimiento procedimental del estudiante, a través de un problema socio-científico que permita conectar su entorno cultural, conlleve a captar su interés y se pueda trabajar de manera didáctica en el aula (España, Blanco y Rueda, 2012).

En esta etapa se abordan dimensiones cognoscitivas como la comprensión – reflexión y la aplicación (Bloom, 1956; Gallardo-Gil et al., 2010) o nivel funcional de la alfabetización científica (Bybee, 1997), siendo así actividades adecuadas aquellas que permitan describir, explicar, conectar, parafrasear, ilustrar, dibujar, representar mediante modelos, resumir el cómo, porqué, para qué del problema propuesto y sus efectos (Anderson y Krathwohl, 2001; Marzano y Kendall, 2007).

***El Saber-Pensar:*** Si bien esta etapa va de la mano con el saber-hacer, se busca profundizar el conocimiento desde la dimensión epistémica, es decir, “es importante aprender el conocimiento de la ciencia y los conceptos para la comprensión y el manejo de los problemas socio-científicos dentro de la sociedad” (Holbrook y Rannikmae 2007). En esta etapa por tanto se pretende el desarrollo de las dimensiones cognoscitivas como el análisis, la síntesis, la conexión, transferencia y la heurística (Bloom, 1956; Gallardo-Gil et al., 2010), o el nivel conceptual y procedimental de la alfabetización científica (Bybee, 1997).

Por tanto se propone el análisis de artículos científicos en contraste con decisiones políticas controvertidas que exponen ciertos políticos, generando discusiones que permitan ayudar al estudiante a visualizar la situación del país (Hess, 2009), o el análisis del diseño experimental propuesto y la construcción de argumentos lógicos bajo la visión de datos empíricos aportados, de manera que permitan proponer preguntas de investigación orientadas a las posibles soluciones de los problemas planteados (Webb, 2002) o actividades que permitan categorizar, diferenciar, discriminar, ordenar la información científica para crear un argumento lógico, razonable y preciso con respecto al problema planteado (Anderson y Krathwohl, 2001; Marzano y Kendall, 2007), donde el estudiante utilice la información para desarrollar un pensamiento crítico con una mirada ética, moral y global en torno a los avances de la ciencia y el contexto del país (Choi, Lee, Shin, y Kim, 2011)

***El Saber-Actuar:*** Finalmente todo el conocimiento, capacidades y habilidades no tienen ningún fin sin un saber-actuar, es decir una dimensión comportamental y bajo este principio se busca el desarrollo de una competencia científica multidimensional (Bybee, 1997), en donde además de la comprensión de la naturaleza de la ciencia, se genere un papel de la ciencia en la vida personal y de la sociedad, donde las dimensiones cognitivas de orden superior como la evaluación (Bloom, 1956), la comunicación y argumentación (Gallardo-Gil et al., 2010) se vean reflejadas.

Acciones que están dentro del nivel 4 de la demanda cognitiva (Anderson y Krathwohl, 2001; Marzano y Kendall, 2007; Webb, 2002). En este sentido se ve al estudiante como un ciudadano crítico y responsable frente a las decisiones de su país, y por tanto a través de actividades se puede empezar por trabajar los problemas discutidos en clase dentro de su propio entorno familiar.

#### **4.3.2 Diseño de la propuesta Didáctica**

Teniendo en cuenta la gran dificultad lectora que presentan los estudiantes, el proceso de intervención se orientará en mejorar los niveles de lectura a partir de talleres que involucren principalmente el desarrollo de habilidades lectoras y comunicativas. Por lo anterior, desde las clases de Biología se centró en trabajar la lectura y la comprensión de conceptos y desde las clases de Química la comprensión e identificación de variables dependientes e independientes, construcción y uso de tablas y gráficas, bajo el modelo de saberes que permite abordar los temas dados en el currículo para estos cursos y vinculados a los diferentes procesos propuestos por PISA, tratando de llevar al estudiante desde los procesos más básicos hasta los más complejos con el objetivo de que cada proceso o habilidad trabajada aporte al desarrollo de la competencia científica.

En este sentido, los saberes propuestos y los procesos abordados desde Biología y Química se muestran en la tabla 19. Donde los procesos y habilidades son los actores principales y los temas del plan de estudios o conocimiento de contenido se verán en torno a ellos, es decir si bien los temas irán cambiando, los procesos y habilidades trabajadas serán los propuestos en la tabla 19, en los diferentes niveles descritos en cada saber.

**Tabla 19.***Dimensiones y procesos abordados desde biología y química.*

<b>Dimensiones del proceso de aprendizaje</b>	<b>Procesos abordados desde Biología</b>	<b>Procesos abordados desde química</b>
<i>Dimensión cognoscitiva o Saber-Saber</i>	Dominio del conocimiento teórico básico, abordado desde un ejercicio de lectura independiente, constante y progresiva que permita el desarrollo de la competencia lectora en nivel 1 o lectura literal.	Apropiación de conceptos teóricos, variables dependientes e independientes.
<i>Dimensión procedimental o Saber-Hacer</i>	Dominio de una lectura comprensiva a partir de un problema determinado en donde los conceptos pasan a usarse dentro de un contexto con el fin de desarrollar una lectura comprensiva o de nivel 2.	Toma de datos y construcción de tablas y gráficas alrededor de los temas propuestos en el plan de estudios y su relación con los problemas planteados.
<i>Dimensión epistémica o Saber-Pensar</i>	Dominio de competencias generales en reflexión y análisis sobre problemáticas específicas en Colombia, donde la lectura se enfoca desde un nivel argumentativo o de nivel 3.	Análisis de tablas y gráficas y producción de conclusiones vistos con mayor profundidad desde los problemas planteados.
<i>Dimensión comportamental o Saber-Actuar</i>	Dominio de competencias generales en la toma de decisiones como ciudadanos responsables y críticos (Holbrook y Rannikmae 2007, 2009). Donde se proponen la evaluación y la síntesis del conocimiento en la realización de folletos que permitan servir de apoyo en procesos de comunicación encaminadas a dar a conocer dichas problemáticas a sus propias familias.	

*Nota:* Elaboración propia.

Un ejemplo de la estructura propuesta desde cada *saber* y las actividades a realizar para un solo tema del plan de estudios se presenta en las tablas 20 y 21. En la tabla 20 se muestra como la clase de biología se orientó principalmente al desarrollo de la competencia lectora, iniciando por un nivel bajo y avanzando hasta ir mejorando al paso de cada saber.

**Tabla 20.**

*Estructura en cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Sistema Nervioso Humano en Biología.*

<p><b>Saber – Saber:</b> Centrado en competencias de nivel 1, como: Desarrollar la capacidad de acceder y obtener literalmente la información dada en un texto. (OECD, 2017)</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>5 lecturas sobre el sistema nervioso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 preguntas para ser desarrolladas en el bloque de clase.</li> <li>- Cada taller exige en primer lugar una lectura inicial del tema e identificar las palabras que no se entendieron para ser explicadas por el docente.</li> <li>- A continuación, el estudiante pasa a desarrollar 7 preguntas que buscan la extracción literal de información y procesos bien definidos en un solo paso, como por ejemplo ¿Qué es un estímulo?, ¿Cuáles son los tipos de estímulos?, Dibuje una célula nerviosa y sus partes, etc.</li> <li>- Finalmente 2 preguntas que solicitan explicitación de un proceso, por ejemplo: Explicar con un ejemplo la recepción y respuesta frente a un estímulo, Dibuje el proceso dado.</li> </ul>
<p><b>Saber – Hacer:</b> Centrado en competencias de nivel 2, como: Desarrollar la capacidad de integrar lo que se lee creando una imagen mental del texto (OECD, 2017), es decir, de comprender, reflexionar y relacionar el tema con el contexto.</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>2 talleres, a través de los cuales se relacionan los temas vistos en los 5 textos anteriores con su contexto particular, utilizando lecturas que relacionan las drogas y el cerebro y partiendo de la pregunta problema ¿Cómo afecta el consumo de drogas nuestro cerebro y nuestras vidas?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A cada uno de los párrafos de la lectura se le omitió el título respectivo, para que el estudiante en función de lo leído proponga la pregunta a la que podría responder el texto. Desarrollando así la capacidad de identificar la idea principal de que trata el texto y proponer preguntas de investigación, considerada como el inicio en la generación de conocimiento.</li> <li>- Partiendo de la comprensión, reflexión e integración de la información, se pasa a dar respuesta en grupo de la pregunta problema.</li> </ul>

## Continuación de la Tabla 20.

*Estructura en cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Sistema Nervioso Humano en Biología.*

<p><b>Saber – Pensar:</b> Centrado en competencias de nivel 3, como: Desarrollar la capacidad de reflexionar y valorar los textos de tal manera que utilice los marcos teóricos para argumentar ideas o actitudes propias (OECD, 2017), y el análisis, síntesis, conexión y transferencia dentro de un proceso razonamiento y planificación en el uso de las pruebas dadas y su interpretación asociada a la realidad.</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>2 talleres, continuando con lecturas que relacionan las drogas y el cerebro. Se da continuidad al desarrollo de la pregunta problema ¿Cómo afecta el consumo de drogas nuestro cerebro y nuestras vidas?</p>	<p>10 puntos que exigen al alumno el análisis de textos y datos dados en tablas sobre drogas y sus efectos, para representarlos gráficamente, definir la variable dependiente e independiente y sus escalas, interpretar y formular conclusiones. Relacionando los conceptos teóricos, los textos y los datos dados con su contexto, poniendo en evidencia el problema de drogadicción y llevándolo a cuestionar y argumentar dudas que surgen en el proceso como: ¿por qué se presenta malestar cuando no se consume drogas? o ¿por qué se produce enrojecimiento de los ojos y falta de coordinación al hablar? Sumado a dar respuesta a la pregunta problema.</p>
<p><b>Saber – Actuar:</b> Finalmente todas las habilidades desarrolladas en los tres saberes se pretende que se manifiesten mediante dos actividades que permiten dar el primer paso frente a su papel en la sociedad. Si bien se reconoce que esta habilidad es muy compleja y requiere un proceso más largo para ser desarrollada, se inicia trabajando habilidades como la evaluación de la información a utilizar, la comunicación de dicha información y la argumentación en torno a un tema que afecta directamente a la familias del sector.</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>La construcción de un folleto con respecto al problema trabajado en clase y la exposición de este trabajo con sus familias. Grabar un video con los puntos de vista de ellos relacionados al problema trabajado.</p>	<p>La primera actividad consiste en la realización de un folleto donde el mismo estudiante debe seleccionar, evaluar y sintetizar la información y datos sobre el problema planteado y trabajado en clase, para después darlo a conocer a sus familias planteando sus propias preguntas problemas. El entorno familiar, pretende facilitar la expresión y comunicación de sus ideas y argumentar sus puntos de vista frente a sus padres, hermanos y/o acudientes, para finalmente como prueba grabar un video de lo que piensan ellos sobre el problema planteado, que será expuesto después en clase.</p>

*Nota:* Elaboración propia.

En cambio, desde química se orientó todo el proceso a la comprensión de variables dependientes e independientes y la construcción e interpretación de tablas y gráficas con sus respectivas conclusiones (Tabla 21).

**Tabla 21.**

*Estructura en Cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Modelos y Propiedades Atómicas en Química.*

<p><b>Saber – Saber:</b> Centrado en competencias de nivel 1, que implican: Reconocimiento y uso de términos científicos. El prime nivel se enfoca en el manejo del concepto de variable dependiente e independiente, como parte de los conocimientos procedimentales que el estudiante debe empezar a manejar dentro de una investigación (Gott y Duggan, 1996; OECD, 2017; Osborne, 2013)</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>5 talleres con base al tema sobre modelos atómicos. Se utilizaron los experimentos que dieron origen a cada modelo: descubrimiento del electrón y del protón, el experimento de Rutherford, el efecto fotoeléctrico y el principio de incertidumbre de Heisenberg. Como ejercicios para abordar el concepto de variable dependiente e independiente.</p>	<p>5 puntos donde se pide identificar las variables en cada experimento, sus características, sus diferencias y cómo fueron utilizadas.</p>
<p><b>Saber – Hacer:</b> Centrado en competencias de nivel 2, que implican: Toma de datos y construcción de tablas y gráficas como las formas más comunes de abstracción y representación de los datos (Gott y Duggan, 1996; OECD, 2017; Osborne 2013; Postigo y Pozo, 200; Schalk, Schee y Boersma, 2008), proceso esencial en la competencia de interpretar datos y pruebas científicas que da significado a los datos (National Research Council, 2012)</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>2 talleres utilizando los conceptos de masa atómica, número atómico, número de electrones y protones y se extraen de la tabla periódica diferentes valores de elementos para construir con los estudiantes múltiples tablas y gráficas.</p>	<p>3 gráficas como por ejemplo número atómico vs masa atómica. Enfatizando en la ubicación de la variable según el eje correspondiente, escala de los ejes e interpolación y extrapolación de los datos como parte esencial en el proceso de construcción.</p>

**Continuación de la Tabla 21.**

*Estructura en Cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Modelos y Propiedades Atómicas en Química.*

<p><b>Saber – Pensar:</b> Centrado en competencias de nivel 3, que implican: Interpretación de tablas y gráficas, orientando a los estudiantes en la construcción de la gráficas, su interpretación y elaboración de conclusiones alrededor de un contexto o problema específico como procesos conjuntos que llevan a obtener mejores resultados (Solar, Deulofeu y Azcárate, 2015)</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>2 talleres con base al tema de la minería y el uso del mercurio, por ser de interés en Colombia ya que genera graves problemas ambientales y sociales. De este modo se vincula un problema sociocientífico partiendo de la pregunta problema ¿por qué están matando a los líderes sociales?</p>	<p>Se presenta un texto sobre la problemática del mercurio en Colombia y se invita a los estudiantes a la extracción de datos de producción de oro y datos del mercurio no recuperado en diferentes departamentos, su sistematización en tablas y gráficas, análisis e interpretación de las mismas y elaboración de conclusiones. Relacionando este fenómeno en la dualidad causa efecto con el problema planteado.</p>
<p><b>Saber – Actuar:</b> Finalmente al igual que en Biología se proponen dos actividades que permiten dar el primer paso frente a su papel en la sociedad. Aportando al desarrollo de habilidades como la evaluación de la información a utilizar, la comunicación de dicha información y la argumentación en torno a un tema que afecta gravemente al país.</p>	
Actividad	Estructura del taller
<p>La construcción de un folleto con respecto al problema trabajado en clase y la exposición de este trabajo con sus familias Grabar un video con los puntos de vista de ellos relacionados al problema trabajado.</p>	<p>La primera consiste en la realización de un folleto donde el mismo estudiante debe evaluar y seleccionar la información y datos sobre el problema planteado y trabajado en clase, para darlo a conocer a sus familias planteando sus propias preguntas problemas para ser trabajadas dentro de su entorno familiar, en donde pueda con facilidad expresar sus ideas y argumentar sus puntos de vista frente a sus padres, hermanos y/o acudientes, para finalmente como prueba grabar un video de lo que piensan ellos sobre el problema planteado, que será expuesto después en clase.</p>

*Nota:* Elaboración propia.

Bajo esta misma estructura se desarrollan los siguientes temas a lo largo de los 7 meses de trabajo, donde se van vinculando nuevos conceptos y el problema de discusión se profundiza. Ejemplos de los talleres propuestos en cada dimensión se presenta en los anexos 10 al 13; si bien se puede visibilizar que son actividades sencillas, en su conjunto y constante aplicación desde cada tema, aportaron al desarrollo de la competencia científica.

## **4.4 Diseño cuasi-experimental de la Intervención en Aula**

### **4.4.1 Elección de la muestra para el estudio**

Teniendo en cuenta el análisis de los marcos teórico de PISA y sus ítems, se inicia la última etapa en donde el proceso de intervención se realizó en la Institución Educativa Distrital Alfredo Iriarte con calendario A, Localidad 18, al sur de Bogotá, capital de Colombia, la cual cuenta con Jornada Mañana (JM) y Jornada Tarde (JT) para los grados de primero de primaria a noveno de secundaria y con Jornada Única (JU) para los estudiantes de Décimo y Once.

Sus estudiantes pertenecen a estratos socioeconómicos 0, 1 y 2, con ingresos bajos, en su mayoría pertenecientes a familias monoparentales o con padres que trabajan todo el día, de tal manera que los estudiantes no cuentan con un seguimiento constante en casa. Así mismo la población tiene una alta vulnerabilidad al consumo de drogas y sus expectativas de continuar estudios universitarios son bajas, de esta manera por cada 100 estudiantes solo 2 pasan de manera directa al sistema de educación público universitario.

El proceso de investigación se aborda desde las asignaturas de química y biología con una intensidad conjunta de 4 horas semanales, con estudiantes de edades entre los 14 y 15 años pertenecientes a los grados octavos y novenos de ambas jornadas, distribuidos en 9 cursos: tres octavos y dos novenos en la JT y dos octavos y dos novenos en la JM, los cuales se agrupan y denotan como: G1 (octavos JT), G2 (octavos JM), G3 (novenos JT) y G4 (novenos JM), implicando un total 322 estudiantes en la muestra inicial (M.I.). Sin embargo solo se tuvieron en cuenta 234 en la muestra final (M.F.).

Al ser grupos naturales, se trabaja con una metodología cuasi-experimental y cuatro grupos de estudio. Sin embargo, el proceso de intervención solo se llevó a cabo en los tres grados

octavos de la J.T. correspondiente al grupo G1, de tal manera que los otros grupos fueron considerados como grupos de referencia. Si bien, es importante reconocer desde el punto de vista ético que no fue nuestro objetivo dejar por fuera de la experiencia intencionadamente a estos grupos, aclaramos que en el marco de la organización escolar por carga académica entregada por el rector a inicios del año escolar, a cada docente le corresponden un total de 22 horas de clase semanales en unos cursos ya determinados, de esta manera al docente investigador no le fue asignada carga académica con los estudiantes de los grados que conforman los grupos G2, G3 y G4, sirviéndonos de esta situación para incluir los grupos mencionados como referentes del nivel alcanzado en los cursos intervenidos.

En este sentido G2 se consideró como el grupo control por ser estudiantes del mismo grado y con las mismas edades que G1 pero con diferente jornada. G3 y G4 son los grupos de referencia de nivel, donde el G3 tiene relación de maestros con G1 (con excepción del docente investigador) y G4 no tiene relación de docentes. De esta manera se controlará si el cambio de nivel fue dado por los maestros relacionados o no.

En Colombia el tipo de educación dada en gran porcentaje sigue siendo tradicional, donde las clases son principalmente magistrales y los estudiantes simples receptores y replicadores del conocimiento, en la institución objeto de esta investigación no es diferente al resto del país y en gran medida se debe a que el número de estudiantes por salón de clase sobrepasa casi siempre los 40 estudiantes, lo que dificulta la aplicación de modelos que conlleven a una atención más personalizada, así como también la falta de material didáctico, como libros evitan que el estudiante haga un trabajo autónomo, dejando como principal opción la clase magistral, donde el maestro se vale del tablero y marcadores para explicar los temas o en otros casos se hace uso de televisores para explicar los conceptos principales a los estudiantes, pero siendo en general el estudiante un espectador y muy pocas veces el actor y participe de la construcción de su propio conocimiento en su proceso educativo.

Esta etapa de la investigación tuvo lugar durante el año lectivo 2019, no obstante ya se habían realizado dos pruebas piloto durante los años 2017 y 2018 con otros grupos, de los cuales se destaca que un proceso de desarrollo de competencias científicas no puede realizarse en corto tiempo y con la aplicación de uno o dos talleres, sino que requiere de la práctica constante de ejercicios durante todo el año lectivo para poder ver reflejado el trabajo docente en el desempeño de los estudiantes. De esta manera se fue ajustando todos los pormenores

encontrados en las dos pruebas piloto que llevaron a proponer el presente diseño cuasi-experimental.

La investigación tuvo lugar durante 9 de los 10 meses del año lectivo 2019, iniciando con un pre-test en el mes de febrero, una intervención de marzo a septiembre (7 meses) y un pos-test en el mes de octubre. Desde el punto de vista metodológico y para dar validez a la fase de intervención sólo se tendrán en cuenta el pre-test y el post-test de los estudiantes que participaron en el proceso completo de intervención, para los que se analizarán los resultados individualizados y pareados. El diseño cuasi-experimental llevado a cabo se representa en la figura 6.

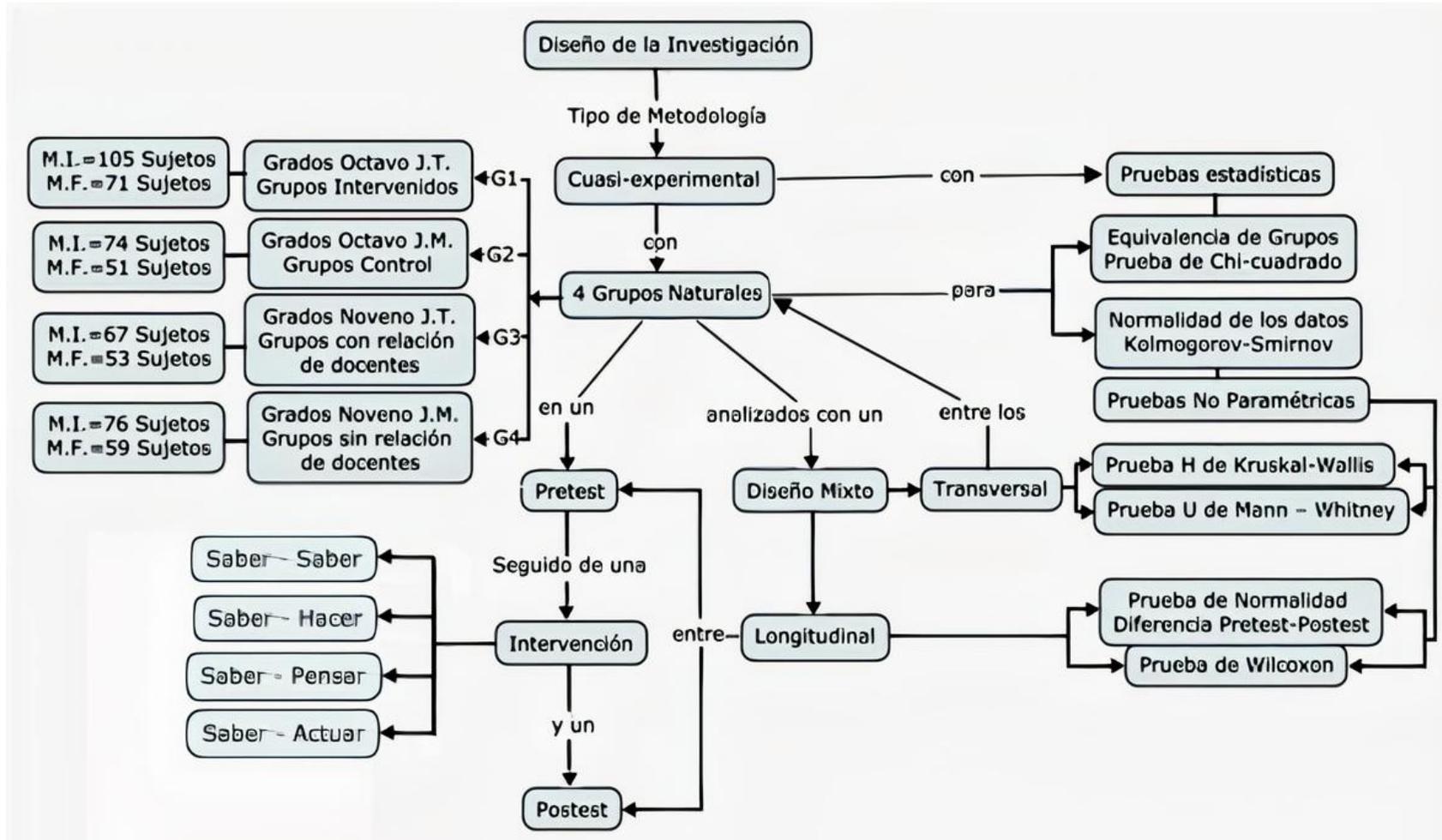
#### **4.4.2 Instrumento de recogida de datos.**

Los instrumentos fueron sendos cuestionarios, pre y post-test, elaborados con 27 ítems liberados de las pruebas PISA y utilizados para evaluar las 3 Sub-competencias científicas: I. Evaluar y diseñar la investigación científica, II. Interpretar datos o pruebas científicas, y III. Explicar fenómenos científicamente. Los ítems fueron elegidos teniendo en cuenta que cada habilidad y tipo de conocimiento pudiera ser evaluado, así como que permitiera valorar el lenguaje escrito, lo que es posible a través de ítems de respuesta abierta.

Los ítems utilizados, que se presentan en la tabla 22, se han agrupado según la sub-competencia y aparecen descritos (habilidades específicas y tipo de conocimiento) según fueron analizados en trabajos previos por Muñoz y Charro (2017a; 2017b; 2018). Los ítems PISA liberados han sido analizados con anterioridad por diversos autores (Acevedo-Díaz, 2006; Barbara et al., 2011; Crujeiras-Pérez y Jimenez-Aleixandre, 2015b; Gallardo-Gil et al., 2010; Hatzinikita et al., 2008; Yus et al., 2013) lo que les confiere una validez contrastada. El análisis de datos se realizó mediante el programa estadístico SPSS Statistics 22, donde se tuvo en cuenta un intervalo de confianza del 95%, es decir con un  $\alpha = .05$ .

**Figura 6.**

*Esquema del diseño cuasi-experimental en el aula.*



**Tabla 22.** Ítems utilizados en las Sub-competencias (SC), conocimiento (C: contenido, P: procedimental, E: epistémico), habilidades que evalúan, y tipo de pregunta (A: abierta, EM: elección múltiple, MC: múltiple compleja).

SC	Habilidad específica	Conocimiento	Nombre del ítem	Tipo pregunt.
I.	Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico	C	El diario de semmelweis-2	EM
		P	Comportamiento del espinoso-1	A
	Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica de las que no	C	Fumar tabaco-4	MC
		P	La caries dental-4	MC
	Identificar o reconocer qué variables se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.	P	Lluvia ácida-3	A
		P	El pan-2	EM
	Identificar o reconocer que información adicional se necesita para darle seguridad a la investigación o que apoyen las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.	P	El virus de la viruela del ratón-3	MC
		P	Plaguicidas 1	MC
Identificar o reconocer que medidas deben adoptarse para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión	P	Estudio sobre la leche en la escuela-2	A	
	P	Fumar tabaco-3	EM	
Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica	P	El maíz-1	MC	
Identificar términos clave para la búsqueda de información científica	P	El tránsito de venus -3	A	
II.	Tablas	E	Brillo de Labios 1	A
		P	Erupciones volcánicas 3	EM
	Gráfica de ejes coordenados	E	El efecto invernadero 1	A
		E	El efecto invernadero 2	A
		P	Síndrome despoblamiento colmenas 3	EM
	Figuras o imágenes	E	Protectores solares 4	A
		P	Central eléctrica 2	EM
	Texto	P	Un riesgo para la salud 1	A
E		Brillo de Labios 2	EM	
III.	Sistemas vivos	C	Síndrome despoblamiento colmenas 1	A
		C	Síndrome despoblamiento colmenas 5	EM
	Sistemas físicos	C	El catalizador 2	A
		C	Refrigeración Subterránea 1	MC
	Sistemas de la tierra y el espacio	C	Luz de las estrellas 1	EM
		C	El efecto invernadero 3	A

### **4.4.3 Sistematización de los ítems liberados de PISA en la plataforma Moodle.**

Una vez analizados y categorizados los 157 ítems PISA, se evalúa las plataformas virtuales para sistematizarlos. Sin embargo, como la plataforma Moodle es una de las más asequibles en las instituciones educativas y ya se contaba con una cuenta en el colegio a realizar el estudio, se procedió la respetiva revisión de la plataforma encontrando que se ajustaba a los intereses de la investigación por su gran versatilidad dentro de un proceso de evaluación diagnóstica, facilitando su aplicación y revisión y permitiendo visibilizar las dificultades del grupo de estudiantes que llevaron a orientar al docente en la toma de decisiones en el proceso de intervención en el aula.

Sistematizados los ítems en la plataforma Moodle se decidió en colaboración con la tutora realizar una práctica con un grupo de docentes en formación de la Universidad de Valladolid, con el fin de poner en marcha el funcionamiento de la plataforma y además generar un acercamiento de los docentes en formación con estos ítems y las competencias que evalúan, de tal manera, que de este ejercicio con docentes en formación se corrigieron y ajustaron algunos apartes sobre el manejo de la plataforma y además permitió visibilizar los posibles cambios pedagógicos y didácticos que los docentes en formación harían dentro de su labor docente, resumiendo sus propuestas en los siguientes puntos.

- La capacidad de identificar dentro de un ítem el área y el contexto al que pertenece orienta al docente en formación a delimitar el campo de acción y de evaluación para con sus estudiantes.
- Los problemas planteados en los ítems contextualizan los temas del currículo y permiten ser tenidos en cuenta como instrumentos de evaluación.
- La interpretación de los resultados de una evaluación con estos ítems resulta enriquecedora en el reconocimiento de las debilidades del grupo sin embargo su profundidad aumenta la dificultad del análisis que puede contrarrestarse con la sistematización de la evaluación en plataformas virtuales.
- Evaluar su propia actuación en esta prueba llevó a los docentes en formación a identificar sus debilidades y cuestionar su proceder, generando un autoaprendizaje que dará cuenta en su propia pedagogía y didácticas.

- El trabajo constante de los docentes en formación con estos ítems permitirá reconocer la competencia científica que se está evaluando, llevándolo a una apropiación de la competencia que incidirá en su práctica con los alumnos.

Lista la plataforma Moodle con los ítems de PISA, los estudiantes cumplieron los cuestionarios (pre y post-test, idénticos en contenido, y en dos momentos distintos) haciendo uso de tablets y durante 1h.50 min., resultando un promedio por ítem de 4 min, lo que se asemeja al utilizado en las pruebas PISA de 3.7 min (OCDE, 2017). Para garantizar la validez de las respuestas individuales, el set de cuestionarios, todos ellos idénticos en contenido, fue programado para que tanto los ítems como las respuestas fueran presentados a cada estudiante en forma aleatoria.

# **CAPÍTULO 5.**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 5.1 Análisis inicial de la muestra (grupos de alumnos)

Finalizado el proceso de aplicación, para el año lectivo doctoral 2019 – 2020 se terminó de recoger los datos del pos-test y hacer los análisis de resultados a profundidad mediante el programa estadístico SPSS Statistics 22, los resultados de esta última etapa del trabajo de investigación propuesto se presentan ampliamente en el cuarto artículo sometido a la revista Eureka en septiembre de 2021 y que lleva por título (El desarrollo de Competencias Científicas a través de una línea de saberes: Un análisis experimental en el aula).

Se inicia el análisis estadístico transversal verificando si el número de integrantes en cada grupo de estudio son estadísticamente equivalentes, para lo cual se realizó la prueba de Chi-cuadrado. Los resultados (tabla 23), permiten concluir con un nivel de significancia de 0,245 superior a .05 que son grupos estadísticamente equivalentes y que sus diferencias en N son debidas al azar, siendo el número de muestra N en cada grupo adecuado para llevar a cabo el presente estudio.

**Tabla 23.**

*Resultados del análisis de la Prueba de Chi-cuadrado*

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>N esperado</b>	<b>Residuo</b>	<b>P – Valor.</b>	<b>A</b>
<i>G1</i>	71	58,5	0,5	0,245	> 0,05
<i>G2</i>	51	58,5	-7,5		
<i>G3</i>	53	58,5	-5,5		
<i>G4</i>	59	58,5	12,5		

De esta manera los resultados del pre-test utilizando los ítems liberados de PISA dados en la tabla 22, permiten obtener valores promedio del nivel en ciencias obtenidos por cada grupo en términos de porcentaje (tabla 24), que resultan ser muy inferiores a los reportados por PISA, que en el caso de Colombia en ciencias obtuvo 413 puntos en PISA 2018 (OCDE, 2019a) equivalente al 41% en promedio de todo el país, en los cuales intervienen tanto colegios públicos como privados, y a pesar de ello el promedio alcanzado nos deja en la cola de los países participantes y que en comparación a los resultados obtenidos por los estudiantes de nuestra institución vemos un panorama desfavorable ya que no se alcanza ni el 50% del rendimiento alcanzado por el país, dejando ver un nivel crítico en el desarrollo de la competencia científica.

**Tabla 24.***Medias en rendimiento en ciencias de la muestra estudio.*

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Medias</b>
G1	71	18,10
G2	51	18,12
G3	53	16,67
G4	59	21,03

En la tabla 24 podemos notar que de los grupos participantes el grupo (G4) perteneciente a los grados novenos J.T. presenta el más bajo rendimiento en ciencias, algo inusual debido a que son estudiantes de un grado superior a los del grupo a intervenir, que presentan puntajes similares al del grupo control (G2), lo que permite intuir que al ser grupos pertenecientes a grados octavos, partirían de un mismo nivel en el rendimiento en ciencias. El grupo G4 formado por estudiantes de grado noveno J.M. si presentan un rendimiento en ciencias superior a los de los grados octavos, tal como debería suponerse al ser de un grado superior. Sin embargo es necesario verificar si estas diferencias son significativas o no.

Para verificar que los valores medios del rendimiento en ciencias en cada grupo proceden de una distribución normal se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov, válida para un número de datos superior a 50, y cuyos resultados se presentan en la Tabla 25. Los valores de la significancia para cada uno de los grupos indican que para G1 y G3, los datos no provienen de una distribución normal, siendo por lo tanto necesario el uso de pruebas no-paramétricas para el análisis de los datos.

**Tabla 25.***Resultados del análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnova*

<b>Grupo</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Significancia</b>	<b>A</b>
G1	,119	71	,014	< ,05
G2	,110	51	,170	> ,05
G3	,144	53	,008	< ,05
G4	,088	59	,200 <sup>b</sup>	> ,05

Nota: a. Corrección de significancia de Lilliefors.

b. límite de la significancia verdadera.

Para comprobar si existe una diferencia significativa entre la mediana de los 4 grupos, se lleva a cabo la prueba H de Kruskal-Wallis apta para grupos de datos independientes,

obteniéndose un nivel de significancia de 0,085 que indica que los grupos de datos no difieren desde un punto de vista estadístico, siendo las diferencias en su nivel de rendimiento en ciencias debidas al azar.

Teniendo en cuenta las medias del nivel de rendimiento en ciencias dadas en la Tabla 26, se puede observar una marcada diferencia entre los grupos de los niveles superiores pertenecientes a los grados novenos J.T. y J.M. (G3 y G4). Por tanto, es preciso saber si existen diferencias significativas con el grupo intervenido (G1), para lo que se lleva a cabo el test de U-Mann-Whitney entre pares de grupos, según aparece en la tabla 26. Los resultados estadísticos muestran que el nivel de rendimiento del grupo G1 en comparación a los grupos, no presenta diferencias estadísticamente significativas, salvo entre los grupos G3 y G4, para los que sí hay diferencias estadísticamente significativas, con una significación inferior a .05 siendo superior el nivel de rendimiento en G4 = 21,03.

**Tabla 26.**

*Resultados del análisis de la prueba U de Mann-Whitney*

<b>Muestra 1 / Muestra 2</b>	<b>U de Mann- Whitney</b>	<b>Z</b>	<b>Sig. asintótica (bilateral)</b>	<b>A</b>
<i>G1/ G2</i>	1756,00	-,284	,777	> ,05
<i>G1/G3</i>	1708,00	-,878	,380	> ,05
<i>G1/G4</i>	1708,00	-1,81	,070	> ,05
<i>G3/G4</i>	1151,00	-2,409	,016	< ,05

Teniendo en cuenta el análisis transversal realizado, se confirma que la muestra está constituida por grupos equivalentes en su número de integrantes (N), y con niveles de rendimiento en ciencias iniciales estadísticamente similares. Aunque el grupo G4 es el que presenta un mayor nivel de rendimiento en ciencias se puede observar en general que en los cuatro grupos dicho rendimiento en ciencias es muy bajo, incluso pudiéndose ubicar en los subniveles 1c y 1b de los propuestos por PISA. Sin embargo, el objetivo de estos niveles es servir de base para verificar el cambio de nivel dado después del proceso de intervención y las diferencias alcanzadas con respecto a los grupos control.

## 5.2 Evaluación diagnóstica inicial: Pre-test

Si bien los resultados expuestos por los informes de PISA en Colombia nos dan una idea de las debilidades de los estudiantes, es preciso recordar que dichos resultados son el promedio de estudiantes de todo un país, en donde se vincula tanto la educación pública como privada y teniendo en cuenta las grandes diferencias socioeconómicas presentes en nuestro país, es posible inferir que los estudiantes en los que se va a intervenir presentarían niveles aún más bajos, en este sentido consideramos que el proceso de intervención no inició con el desarrollo de los saberes, sino con el pre-test, el cual además de su función para analizar el cambio del nivel de competencia en ciencias, sirvió como una evaluación diagnóstica que permitió reafirmar las debilidades de los estudiantes y ver otras que no se tenían previstas, convirtiéndose en una herramienta que puede orientar al docente a entenderlas y visualizarlas (Sesento García, 2018).

Por tanto, profundizando en el análisis de los datos que proporciona el pre-test y vistos desde la mirada de una evaluación diagnóstica, se puede ver el comportamiento del grupo G1 en las distintas habilidades dentro de cada sub-competencia, verificando si las habilidades a desarrollar en la propuesta son las adecuadas o es necesario replantear alguna. Por tanto, en la figura 7 se presentan los resultados del grupo G1 en las tres sub-competencias, observándose que el mejor resultado es para *Evaluar y diseñar la investigación científica*, pero dado que los valores de rendimiento en las tres sub-competencias es muy bajo, la intervención se enfocará en actividades que promuevan la mejora en el rendimiento de las tres.

Llama la atención que la sub-competencia de *Explicar fenómenos científicamente* presentó un nivel extremadamente bajo, con lo que se puede inferir que los estudiantes no manejan los conceptos científicos necesarios dentro de los sistemas vivos, físicos, y de la tierra y el espacio evaluados. Por ejemplo uno de los ítems utilizados en el entorno vivo fue *Síndrome de despoblamiento de colmenas-1* quien en un pequeño texto expone:

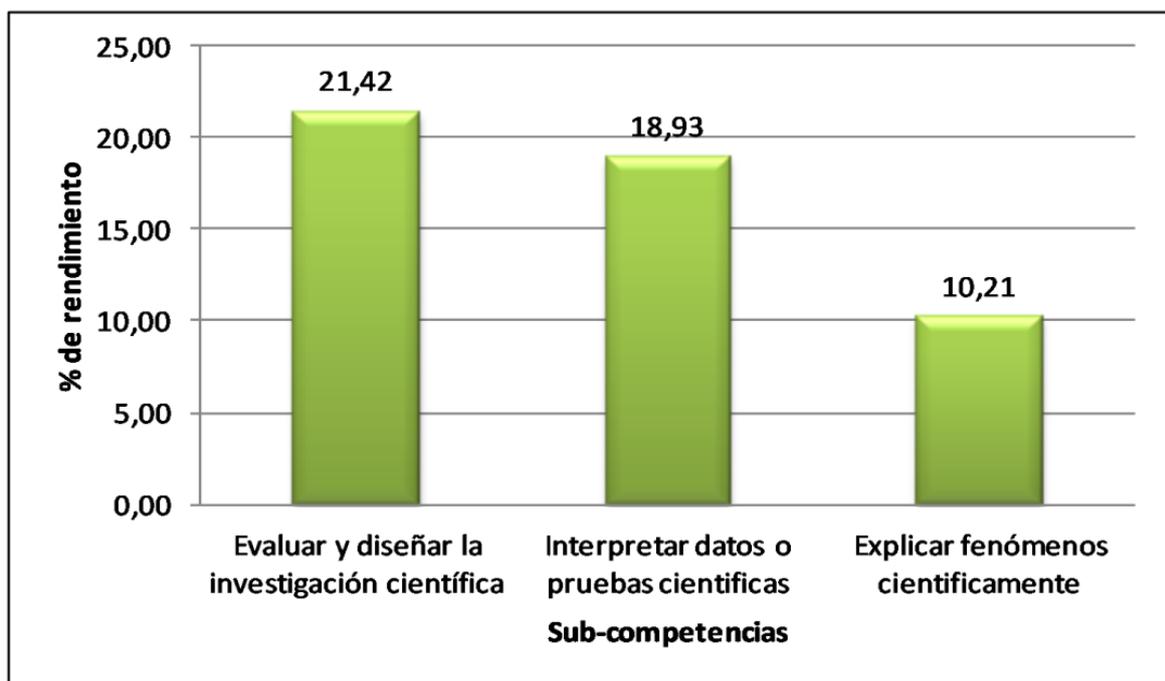
“Comprender el síndrome de despoblamiento de colmenas es importante para las personas que crían las abejas y las estudian, pero el síndrome de despoblamiento de colmenas no solo afecta a las abejas. Las personas que estudian los pájaros también han observado sus efectos, El girasol es una fuente de alimento tanto para las abejas

como para algunos pájaros: las abejas se alimentan del néctar del girasol, mientras que los pájaros se alimentan de sus semillas”

Vemos que el texto no es largo y propone una relación entre las abejas, el girasol y los pájaros en donde el estudiante debe conocer un conocimiento básico sobre el tema de polinización y por tanto explicar que gracias a las abejas se genera el proceso de polinización del girasol, si estas no lo hacen, el girasol no podrá seguir con su ciclo reproductivo y la posterior producción de semillas, afectando a los pájaros que se alimentan de dichas semillas.

**Figura 7.**

*Rendimiento en ciencias de las Sub-competencias en G1*



Al preguntarles a los estudiantes si el tema de polinización fue visto por ellos en años anteriores afirman que sí, pero que no lo recuerdan ya que fue hace un par de años y el profe explico el fenómeno pero no se generó una actividad que pudiera llevar a la comprensión del mismo ya que como se había mencionado anteriormente las clases suelen ser magistrales y el estudiante un simple espectador de lo que el docente expone o presenta, proceso que no garantiza un aprendizaje significativo y que se pueda mantener a lo largo del tiempo.

En sí es muy poco el conocimiento de contenido que el estudiante recuerda de años pasados y en cada nuevo año escolar es necesario retomar algunos conceptos básicos que sirvan para

poder trabajar los del presente año y por tanto esta idea se ha vuelto reiterativa y utilizada por varios docentes que ven como el tiempo no alcanza para trabajar los temas actuales y se excusan en que toco volver a retomar los temas pasados.

Sin embargo, en una sociedad del conocimiento, donde todo lo que se quiera aprender está en el internet, surge un cuestionamiento y reflexión con respecto a si en verdad el conocimiento de contenido debe tener tanta relevancia o es mejor enseñarle a estudiante habilidades para que lo que quiera aprender vaya y lo busque por sí mismo. Tal vez si nos enfocamos en desarrollar dicha habilidades no sería necesario repetir concepto sino más bien profundizar en el desarrollo de habilidades que le puedan aportar al estudiante y a la sociedad.

De aquí nace la importancia de cambiar la estrategia de la clase magistral donde el docente hace todo el trabajo y el estudiante escucha, suponiendo erróneamente que lo que escucha hará parte automáticamente de su cerebro y se empieza requerir una estrategia donde el que trabaje sea el estudiante y el docente acompañe dicho proceso solucionando las dudas que puedan presentarse, de tal manera que se empiezan a estructurar un variado número de guías intencionadas para que cada clase sea el estudiante el que genere su propio conocimiento y el desarrollo de habilidades.

Desde el punto de vista de las habilidades específicas de la sub-competencia I *Explicar y diseñar la investigación científica* (Figura 8), se puede observar que capacidades como; la identificación de términos clave en la búsqueda de información científica, los procesos de recolección de datos y la identificación de variables dependientes e independientes, son la de mayor debilidad, por tanto, deben tenerse en cuenta dentro del proceso de intervención en mayor proporción.

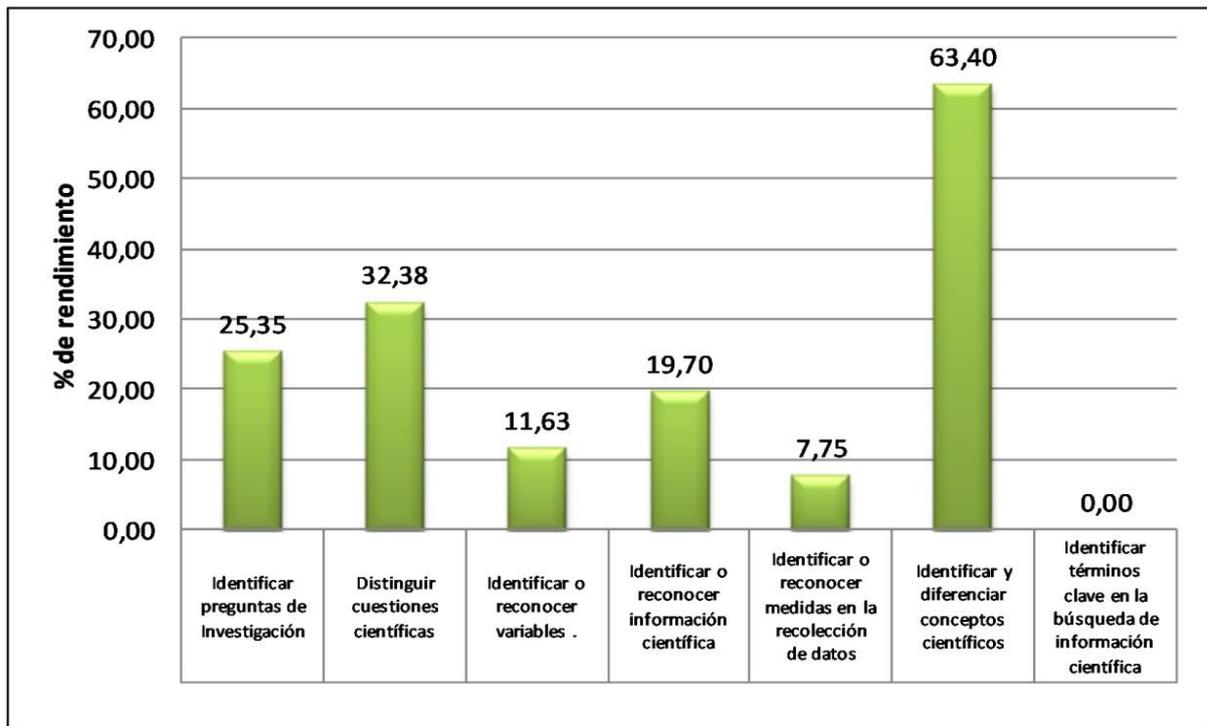
La identificación de términos claves en la búsqueda de información científica es tal vez una de las habilidades más difíciles de usar ya que aún en un medio de investigadores a nivel de grado y postgrado es difícil encontrar información sobre un tema específico, en donde se acude a las bases de datos de los centros investigativos e incluso para ello hay cursos de formación para poder encontrar un bibliografía confiable.

Ahora en el contexto de los estudiantes, resulta ser más complejo ya que el nivel socioeconómico al cual pertenecen limita el acceso a internet y a equipos para realizar sus

tareas o búsquedas simples, obteniéndose como resultado que un 70% de los estudiantes de los grupos intervenidos no hace las tareas de consulta por falta de recursos y por tanto acuden a la copia de los que lo hicieron, proceso que no moviliza el desarrollo de la habilidad de búsqueda y uso de la palabras claves.

**Figura 8.**

*Rendimiento en ciencias de las habilidades de la sub-competencia I en G1.*



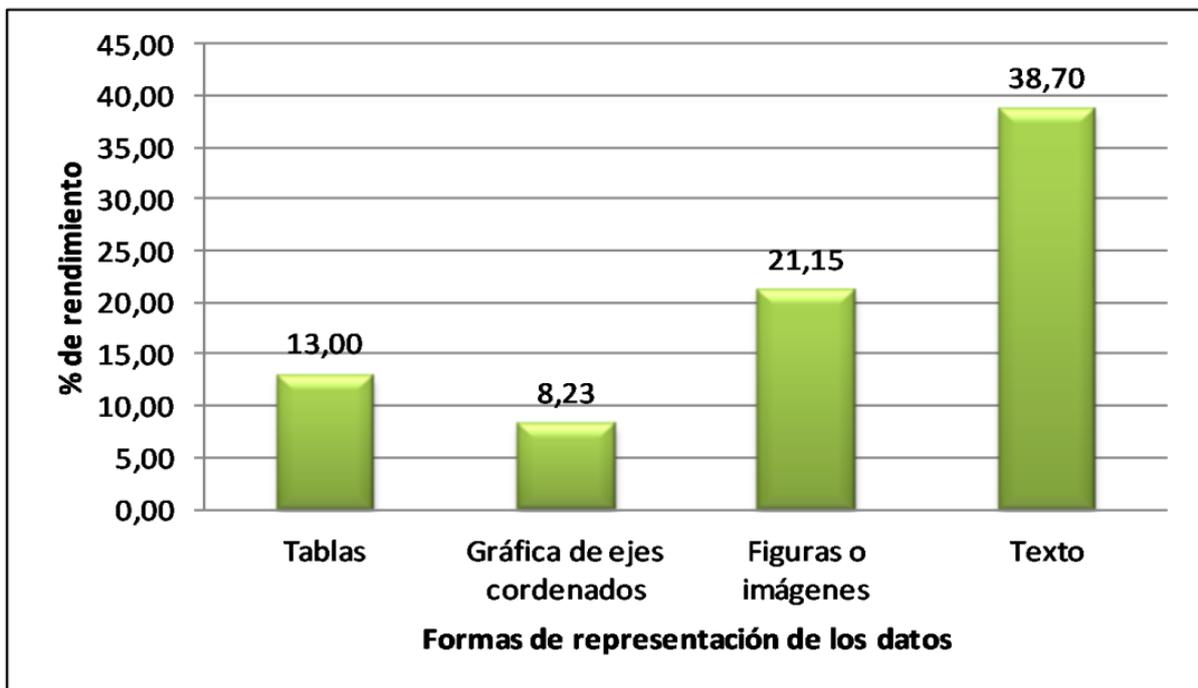
Situación que es fácil de evidenciar debido a que los que sí cuentan con internet terminan buscando información que no tiene relación con lo consultado, simplemente colocaron algunas palabras mal contextualizadas y el proceso de búsqueda termino en otro tema que no tenía nada que ver con lo trabajado en clase. Este hecho es muy común debido a que el estudiante hace las tareas por cumplir en la mayoría de los casos y no prestan atención a lo que están consultando y escribiendo.

Es por esta razón que la clase magistral no es funcional dentro del contexto educativo en nuestra institución y las tareas no ofrecen un verdadero aporte, llevando a reflexionar en ¿cómo se puede cambiar esta realidad?, con lo que la propuesta pedagógica de lectura y trabajo en clase genera que el estudiante sea el agente activo y el docente solo un orientador de las dudas que pueda surgir en ellos.

Las habilidades de la sub-competencia II *Interpretar datos o pruebas científicas* dadas en la figura 9, muestra que procesos como la interpretación de gráficas de ejes coordenados presentan mayor dificultad para los estudiantes, seguido de las tablas y la interpretación de información dada en forma de figuras o imágenes. Por tanto, en las actividades propuestas se enfocará en graficas de ejes coordenados a fin de mejorar su rendimiento en esta sub-competencia.

**Figura 9.**

*Rendimiento en Ciencias de las Habilidades de la sub-competencia II en G1.*



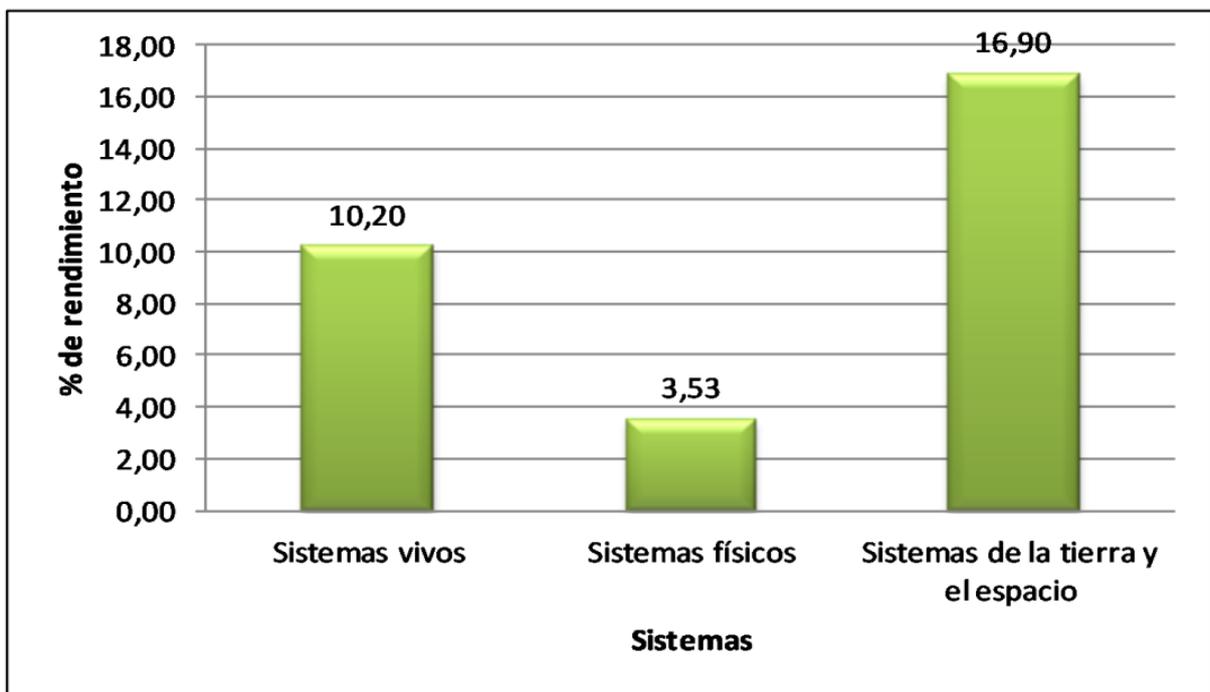
El tema de las gráficas en las ciencias se ha descuidado mucho, tal vez porque se ha prestado mayor atención a la exposición del conocimiento de contenido y la reproducción de conocimiento cuando se deja solo ejercicios para pasar a desarrollar sin contexto alguno. De tal manera que al volver a profundizar en este tema es notorio encontrar errores insignificantes como la incapacidad de organizar los datos en una tabla en orden ascendente o descendente, o la dificultad que nace al momento de escoger una escala para pasar a tabular los datos e incluso al desconocimiento del concepto de variable y la ubicación en los respectivos ejes según sea dependiente e independiente, e incluso a no saber qué tipo de formato de gráfica se debe utilizar para representar una serie de datos.

Lo que nos indica de primera mano que no se podrá pasar a un nivel de inferencia o argumentación o proposición de conclusiones cuando ni siquiera se sabe que es un dato. Justificándose así el trabajo por niveles propuesto en la línea de saberes, donde es necesario empezar por desarrollar las habilidades más básicas para poder llegar a procesos de indagación complejos a partir de los datos.

En la sub-competencia III *Explicar fenómenos científicamente* (Figura 10), que se centra en el uso de los conceptos teóricos en cada uno de los sistemas: físico, vivo y tierra-espacio. Los resultados muestran mayor dificultad de los estudiantes a la hora de utilizar los conceptos trabajados en clase para explicar principalmente sistemas físicos, seguido de los sistemas vivos. Esto nos permite orientar la intervención a partir de la explicación y argumentación de los fenómenos utilizando los conceptos científicos tanto en química como en biología.

**Figura 10.**

*Rendimiento en ciencias en cada sistema de la sub-competencia III en G1.*



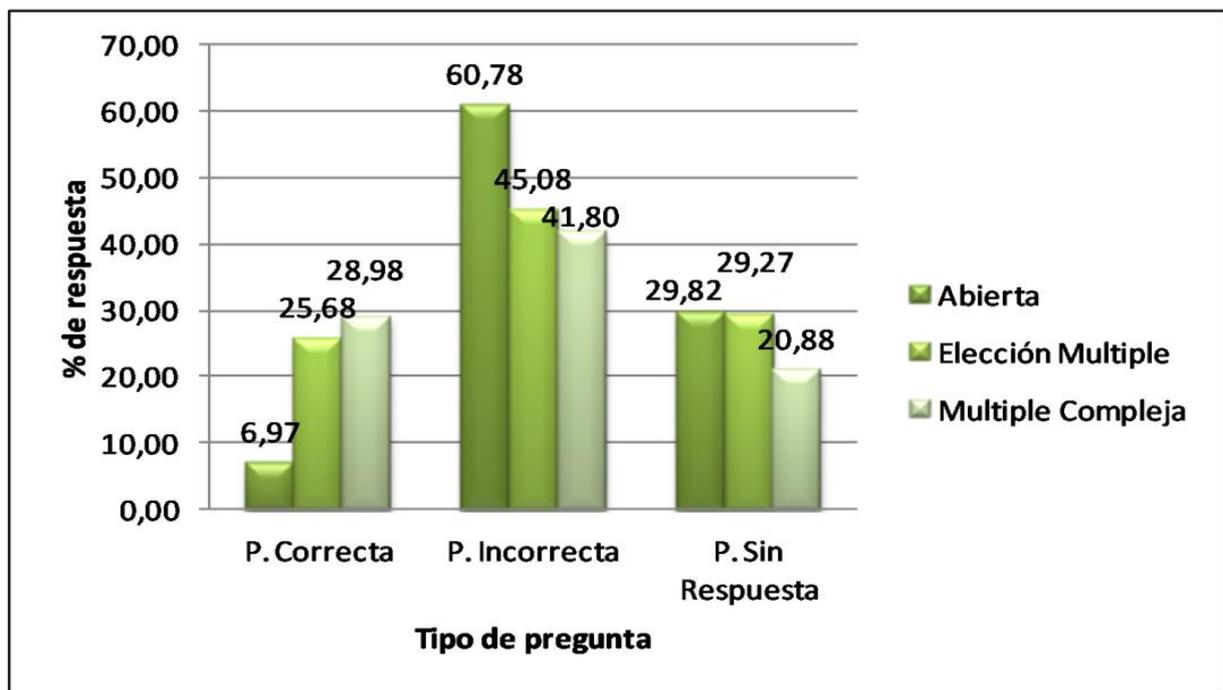
Como ya se mencionó anteriormente, la sub-competencia *explicar fenómenos científicamente* es la que más bajo promedio presenta, por lo tanto en el nivel más bajo referido al saber-saber, se cambiará los papeles y el docente dejará de explicar los conceptos para que cada uno de los estudiantes los extraiga de forma literal de la lectura asignada y después utilizar dicho concepto en un ejemplo que debe explicar con sus propias palabras. Estas actividades

iniciales si bien parecen fáciles son las que presentan mayor dificultad debido al cambio en la forma de trabajo al que vienen acostumbrados los estudiantes, donde su aporte era mínimo para pasar a realizar prácticamente todo el trabajo en clase.

Los resultados obtenidos por los estudiantes del grupo G1 en función del tipo de formato de la pregunta utilizado (selección múltiple, múltiple compleja y abiertas) se presentan en la Figura 11. Se muestra que el mayor % de respuestas incorrectas es debida a preguntas abiertas. Este hecho permite reafirmar sobre las carencias que tiene el estudiante tanto en el proceso de lectura como de comprensión y argumentación, para lo que se lleva a cabo un análisis cualitativo de las respuestas, las cuales se clasificaron según 6 categorías (Correcta, Correcta parcialmente, Incorrecta coherente, No entendió y en Blanco), y el porcentaje de cada una se muestra en la tabla 26.

**Figura 11.**

*% de Respuesta según el Formato de la Pregunta.*



Si bien los formatos utilizados fueron variados para evaluar cada sub-competencia, el formato de pregunta abierta supone un trabajo extra para el estudiante donde llama la atención que aproximadamente el 93% de los estudiantes respondieron mal esta pregunta o decidieron no contestarla. Un valor preocupante debido a que las explicaciones que se exigen no suponen ideas de más de dos renglones, siendo la característica principal de las respuestas incorrectas

el no uso de un vocabulario científico en el cual se pueda justificar concretamente la idea principal y se pasa a dar vueltas de ideas que lo logran concretar nada. Siento este hecho importante ya que de ahora en adelante se motivará al estudiante a realizar explicaciones de lo que comprendió en la lectura utilizando no sus propias palabras sino más bien organizando su explicación con el vocabulario científico adecuado.

**Tabla 27.**

*Categorías Derivadas del Tipo de Respuesta Abierta Dada*

<b>Categoría</b>	<b>Explicación de la categoría</b>	<b>% obtenido</b>
<i>1.- Correcta</i>	Respuesta que cumple con las condiciones puestas en la rúbrica dada por PISA	4,57
<i>2.- Correcta Parcialmente</i>	Respuesta que cumple parte de las condiciones de la rúbrica dada por PISA y con puntuación	4,81
<i>3.- Incorrecta Coherente</i>	Respuesta sin puntuación pero que indica que leyó el texto y su respuesta está estrechamente relacionada con él.	9,28
<i>4.- Incorrecta Incoherente</i>	Respuesta sin puntuación y cuya explicación implica falta de lectura del texto y sin conexión con él.	50,69
<i>5.- No entendí</i>	Respuesta literal: la frase “no entendí”	1,05
<i>6.- Blanco</i>	Espacio en blanco	29,82

Partiendo de esta categorización, encontramos que la mitad de los estudiantes que respondieron las preguntas abiertas lo hicieron de manera errónea e incoherente reflejando un grado de comprensión lectora muy bajo que afectan los demás procesos como la comprensión, el análisis y la argumentación.

## **5.3 Análisis cualitativo de la intervención en el aula**

### **5.3.1 Actividad inicial**

Teniendo en cuenta los resultados del pre-test que dejan ver bajos niveles en la competencia lectora, se propuso una actividad inicial con el fin de confirmar que tan grave es el nivel de lectura en nuestros estudiantes, indagando inicialmente por el motivo de la ausencia de respuesta, puesto que esta alcanza el 29,8%, siendo la respuesta de la mayoría “que no la entendieron”. Para tener constancia de su nivel de comprensión lectora se planteó un pequeño

ejercicio consistente en la lectura en voz alta de un texto titulado “¿Cómo afecta la contaminación atmosférica a nuestro cerebro y a otros órganos? (Gibbens, 2018). Se puso en evidencia que los estudiantes con puntajes bajos presentaban dificultad para leer y no pudieron dar ninguna información acerca de lo leído.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que las dificultades encontradas en los procesos de lectura y su comprensión pueden ser fundamentalmente debidas a los contextos sociales y familiares que no favorecen la adquisición de una cultura lectora. De este modo, el centro escolar es el único entorno que favorece el acercamiento a la lectura para un alto porcentaje de estudiantes, pero el desarrollo del proceso lector se ve muy poco favorecido debido al modelo de clase magistral que siguen la mayoría de los docentes y no dan espacio a que el estudiante sea el que haga el ejercicio de lectura y comprensión de sus propios saberes, de esta manera se da paso a la aplicación del saber- saber que pretende mejorar la competencia lectora.

### **5.3.2 Actividades asociadas a la línea del Saber – Saber**

Desde un principio se observó en la mayoría de los estudiantes una gran resistencia a la lectura, para lo que fue precisa la motivación por parte del docente y un acompañamiento constante, enfocando su atención en aquellos estudiantes que presentaban mayores dificultades, guiándoles en su proceso lector y orientándoles en el desarrollo de cada pregunta. Sin bien las tareas propuestas eran simples, el mayor de los retos consistió en eliminar esa resistencia a la lectura y al trabajo, de manera que fue necesario generar un hábito para este proceso.

Conforme avanzaban las sesiones, los estudiantes se adaptaban y se comprometían más con la tarea que realizaban de una manera cada vez más consciente. Otro de los aspectos que mejoró conforme avanzaban las sesiones fue el tiempo empleado en la ejecución de las tareas, lectura y resolución de preguntas, el cual se acortó, observándose también una mayor facilidad por parte del alumnado para realizar preguntas cada vez más acordes al tema, que denotaban una mejor comprensión del texto y que propiciaban la discusión en el aula.

En este sentido, fue necesario modificar gradualmente la extensión de los 5 textos propuestos, que son:

- a.- Los seres vivos y los estímulos.
- b.- Estímulos y respuestas en plantas.
- c.- Estímulos y respuestas en animales.
- d.- Sistema nervioso humano.
- e.- Sistema nervioso autónomo y periférico.

Con los cuales se abordó todo el tema del sistema nervioso en primer periodo, aprovechando al máximo los tiempos de cada sesión. Para el segundo periodo los 5 textos trabajados para desarrollar el tema del sistema endocrino fueron:

- a.- Mecanismos de acción de las hormonas.
- b.- Conformación del sistema endocrino.
- c.- Glándulas endocrinas.
- d.- Glándulas exocrinas.
- e.- Mecanismos de retroalimentación de las hormonas.

Si bien al iniciar el trabajo con los primeros textos se presentaba una extensión máxima de media página, al ir avanzando a lo largo del periodo, dichos textos fueron más extensos llegándose a trabajar dos páginas en el mismo tiempo de clase, proceso que fue gradual y que según la ejecución de cada ciclo de saberes realizado se cuantificaba los tiempos de trabajo y al ver que empezaban a tener más tiempo libre dentro de la clase por terminar su actividad se fueron modificando. De tal manera que se generó un hábito por la lectura y el trabajo empezaba a ser notorio, desarrollándose un trabajo autónomo en donde el estudiante empezaba a ser el responsable de su aprendizaje y el docente el orientador de los procesos.

Desde química se encontró un desconocimiento total en lo que es una variable, más aún diferenciar entre variables dependientes e independientes, sin embargo, el análisis de los experimentos teóricos que dieron origen a los modelos atómicos como el tubo de rayos catódicos, el efecto fotoeléctrico, entre otros permitieron, permitieron acercar al estudiante al concepto de variable, y las diferencias entre variable dependiente e independiente.

Una vez comprendido estos conceptos se practicaban en casi todas las actividades realizadas donde poco a poco los estudiantes en grupo respondían de manera acertada cual era la variable dependiente y cual la independiente, generan explicaciones en torno al análisis de su

propio nombre, donde una depende de la otra y la otra no depende de nada, conceptos que rápidamente relacionaban con el ejercicio propuesto y diferenciaban sin dificultad al final del año lectivo.

### **5.3.3 Actividades asociadas a la línea del Saber – Hacer**

En esta dimensión los estudiantes empezaron a comprender e integrar lo leído, de tal manera que el ejercicio propuesto de generar una pregunta a la cual responde el texto dado, resultó mejor de lo esperado en la mayoría de los estudiantes, sin embargo, en algunos casos toco generar las correcciones pertinentes en lo referente a cómo proponer una pregunta. Una vez cerciorado de la comprensión del texto y la integración de la información se dio paso a la reflexión sobre el problema propuesto ¿cómo afecta el consumo de drogas nuestro cerebro y nuestras vidas?, generándose una gran participación en torno al tema, en donde muchos de los estudiantes hablaban desde la experiencia de sus hogares con familiares cercanos y/o amigos, observándose que relacionaban lo leído y aprendido con sus experiencias.

Es aquí donde el contexto toma importancia y se vuelve el catalizador que impulsa el uso del conocimiento y también ayuda a comprenderlo de tal manera que el cerebro se apropia de él y puede llegar a perdurar más tiempo. Así mismo la discusión que si bien inicio con aquellos estudiantes que pueden tener una cercanía con el consumo de drogas, al ver este hecho el resto de estudiantes presentaron sus propias ideas al respecto generando una discusión entre lo bueno y lo malo del consumo de drogas, incluso con argumentos de los que consumen marihuana basados en sus propiedades curativas, con lo cual intentaban justificar su uso pero desconocían los efectos secundarios que pueden llevar a una adicción, tema tratado en la lectura sobre las drogas y el cerebro indicadas en el anexo 11.

Desde química se inició la parte procedimental en la construcción de tablas y gráficas, teniendo en cuenta la ubicación de las variables, la elección de las escalas a utilizar en los ejes según los datos dados y la ubicación de los datos respectivos alrededor del tema de las propiedades de los átomos como la masa atómica y el número de electrones y protones.

Encontrándose como principales debilidades la ubicación de las variables en su eje respectivo y la elección de la escala respectiva según los datos, donde en gran parte de los estudiantes pensaban que los datos dados se colocaban directamente sobre los ejes sin detallar que los

datos no eran uniformes y que por tanto era necesario primero construir una escala simétrica y bien definida para después ubicar los datos dados. Este proceso fue el que llevo más tiempo ya que sin una escala adecuada no se puede lograr una relación entre los datos de las variables y menos aún se puede realizar un análisis adecuado.

A medida que se veía mayor destreza y aptitud en el desarrollo de las actividades se aumentó en el siguiente ciclo de saberes el número de dígitos en los datos a usar, el número de valores por variable y el número de variables, de modo que el nivel de análisis e interpretación de los datos y de elaboración de conclusiones fue aumentando también progresivamente, al paso de la aplicación de la línea de saberes. Observándose conclusiones construidas en torno a las variables utilizadas cada vez más concretas y apegadas a los datos, que dejaban ver la comprensión alcanzada en torno a la relación de las variables analizadas.

#### **5.3.4 Actividades asociadas a la línea del Saber – Pensar**

En esta etapa desde biología se trabaja talleres que no solo contienen lectura sino también datos dados en tablas sobre el tema de drogadicción, de tal manera que el estudiante empieza a integrar diferentes tipos de información que lo llevan a reflexionar sobre la misma pregunta problema, *¿Cómo afecta el consumo de drogas nuestro cerebro y nuestras vidas?*, observándose que los estudiantes tomaban tanto la información dada desde los textos y los datos dados en las tablas para argumentar sus ideas, sus actitudes y posturas con respecto a la pregunta problema dada.

Sin embargo, uno de los temas donde más se generó discusión fue en el sistema endocrino al relacionarlos con el glifosato y sus efectos. Este permitió trabajar tres talleres entre los cuales la presentación de varias lecturas (Anexo 13) entre opiniones personales de políticos y artículos científicos llevaron a diferenciar entre textos personales e ideas sin fundamento dadas por los políticos para defender el uso de glifosato y artículos científicos que demuestran sus graves efectos, donde sin bien la discusión inició en torno a las ideas de los políticos y el gran daño que han hecho al país para defender intereses particulares, finalizó con la exposición de ideas concretas del por qué es importante no creer todo lo que se presenta en la televisión o medios sociales y es mejor buscar información científica que pueda dar una visión clara sobre el verdadero efecto del glifosato en Colombia.

Desde química en torno al tema de enlaces químicos, se profundiza en el enlace metálico y las aleaciones formadas entre el oro y el mercurio dentro de los procesos de explotación minera en Colombia, de tal manera que se aborda el problema sociocientífico muy complejo bajo la pregunta problema ¿por qué están matando a los líderes sociales?, en el taller planteado se inicia con un video del cual los estudiantes tienen que extraer los datos más relevantes, después se entrega una serie de datos sobre el mercurio no recuperado para que el estudiante construya su propia gráfica y genere las conclusiones pertinentes. En esta etapa se nota un mayor desempeño de los estudiantes tanto en el uso de los conceptos para dar respuesta al problema como en su destreza para realizar las respectivas gráficas, ubicar las variables y generar escalas adecuadas. De tal manera que la discusión sobre el problema planteado les permite relacionar toda la información para deducir por qué en Colombia muere tanto líder social.

Este taller (Anexo 12) adaptado de la unidad liberada de PISA titulada *El efecto invernadero*, permitió la comparación de datos dados en dos mapas, lo que lleva al estudiante a buscar información relevante para poder defender la idea que se está planteando. Si bien el taller inicio con ejercicios que ellos debían desarrollar termino en una discusión académica con gran participación donde su preocupación por el contexto de Colombia con respecto a la muerte de líderes sociales era notoria.

Lográndose una alta sensibilización de los estudiantes sobre estos temas que tanto afecta a Colombia y sobre todo haciendo análisis a inferencias en torno a los verdaderos responsables de generar dicho problema y no hacer nada para solucionarlo. De tal manera que cada clase era un festín de discusiones y argumentos en torno a los problemas sociales discutidos cambiando despertando el pensamiento socio crítico y socio científico de los estudiantes.

Desde el tema de reacciones químicas se vinculó dos actividades de laboratorio sobre propiedades de la materia, poniendo en práctica la teoría, desde la recogida de datos hasta la creación de las respectivas tablas y graficas con sus conclusiones, ya que la demostración experimental abre puertas a los estudiantes al planteamiento de nuevas incógnitas y problemas que lo ayudan a construir su conocimiento científico (Álvarez y Valls, 2019).

Actividades que permitieron ver mayor destreza de los estudiantes en la recolección de datos, su sistematización en tablas y finalmente la construcción de sus gráficas respectivas y

generación de conclusiones. Estas últimas cada vez más acertadas en torno a la relación de las variables graficadas.

Si bien los primeros ciclos dados en el primer periodo fueron difíciles y la motivación del maestro a sus estudiantes y el acompañamiento constante exigía un fuerte trabajo, ya en los ciclos de saberes dados en el tercer periodo fueron más fáciles. En esta etapa no era necesario estar guiando al estudiante o encima de él apoyándolo o convenciéndolo para que realizara el trabajo, sino que ellos mismos iniciaban su actividad demostrando un trabajo autónomo en donde el trabajo del docente disminuyó bastante. No obstante en los periodos de discusión se actuaba como moderador para que las discusiones fueran organizadas.

### **5.3.5 Actividades asociadas a la línea del Saber – Actuar**

Finalmente el problema abordado debía llevarse a discusión con el núcleo familiar del estudiante con el fin de que el conocimiento no se quede dentro de las cuatro paredes del aula sino trascienda a las familias, de tal manera que los estudiantes realizaron un folleto sobre cada uno de los problemas planteados en cada periodo, de tal manera que el estudiante debía evaluar qué información debía llevar su folleto, y comunicarla a su núcleo familiar argumentando por qué se considera un tema importante dentro de nuestro país. Actividad que resultó muy importante para los chicos ya que el producto era grabar un pequeño video de su familia expresando su sentir con respecto al problema planteado, que después serían vistos y discutidos en clase.

Si bien las tareas que se dejan para casa no suelen ser desarrolladas por la mayoría de los estudiantes, y tan solo el 20% las suelen realizar, este trabajo permitió un incremento en la entrega de esta actividad en un 50%, siendo los temas de interés socio-científico, más llamativos para los estudiantes y que permitían generar discusión y argumentación en clase, dándose una mayor participación. Se concluyó entonces que este tipo de tareas y contextos donde se hace partícipe a las familias son las que generan mejores resultados.

De este modo, a través de los distintos talleres se trató de abarcar el mayor número de habilidades científicas, con énfasis en las que presentaban mayor dificultad, observándose aparentemente cambios destacables en su rendimiento en ciencias en el grupo G1, lo que se comprobará posteriormente con el pos-test realizado.

Nuevamente el ejemplo del taller del glifosato volvió a ser escenario de esta etapa ya que la lectura de textos científicos y noticias periodísticas que versaban sobre el uso del glifosato y sus efectos y la opinión por parte de políticos apoyando su uso, también generó gran participación de las familias, generándose un proceso de aprendizaje significativo del estudiantes ya que comentaba cual es la idea de sus padres y familiares sobre estas prácticas y emocionado exponían los videos que habían grabado. Si bien esta actividad estaba pesada en el desarrollo de la capacidad para diferenciar cuestiones científicas de las que no lo son en los estudiantes, se terminó por llevar la escuela a la familia donde el docente era el estudiantes y se llevó a la reflexión de dichas problemáticas a un entorno extraescolar, siendo significativo que las discusiones escolares no se queden dentro de las cuatro paredes sino trasciendan más allá de la escuela.

En conclusión podemos decir que la propuesta pedagógica planteada y ejecutada durante el año escolar 2019 en grados octavos J.T. fue enriquecedora en todo sentido, pero principalmente movilizó la participación activa de los estudiantes, los cuales a inicio reacios a participar y leer fueron cambiando su actitud para generar un trabajo autónomo donde los conocimientos fueron generados por ellos mismos y a medida que iban avanzando en los ciclos de saberse propuestos, fueron reforzando lo aprendido y relacionándolo con el contexto que propuesto y las problemáticas planteadas.

Si bien para el docente investigador fue un año muy exigente debido a la organización constante de las guías, la preparación e impresión de ellas, los recursos económicos extra utilizados ya que en la institución no dota de suficiente material al docente como libros o acceso a copias suficientes, teniendo cada docente un límite de 600 copias por semestre que solo alcanzaron para el primer periodo del año, el uso de tablet que si bien son un recurso tecnológico importante, su uso es limitado por cuestiones de falta e inestabilidad del internet o simplemente porque algunas fallaban por su sistema operativo el cual tenía una configuración baja y generaba un trabajo lento.

También podemos destacar que fue un año muy enriquecedor donde el esfuerzo extra valió la pena y con hechos y resultados de ha venido demostrando en la misma institución que si se puede llevar a cabo otras formas de trabajo con los estudiantes, y ha llevado a reflexionar a muchos docentes y aventurar en nuevos procesos. Así también, se destaca que debido a los resultados de este trabajo se han venido haciendo cambios con respecto a la compra de libros

que permitan trabajar con los estudiantes de manera autónoma y planteando temas de interés sociocientífico que pueden ser discutidos en las diferentes aéreas, volviendo el conocimiento transdisciplinar.

## **5.4 Análisis de los resultados del Pos-test**

### **5.4.1 Análisis transversal**

Los resultados del rendimiento en ciencias analizado en el post-test se presentan a través de la media para cada grupo en la Tabla 28, donde sólo se han tenido en cuenta los alumnos que también participaron en el pre-test. En primer lugar, se procede a comprobar si los resultados del rendimiento en ciencias del post-test presentan una distribución normal, para lo que se efectúa la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. La tabla 29 muestra los resultados de esta prueba, donde se confirma que solo el grupo G2 presenta una distribución normal dado su valor de significancia superior a .05 por lo que habrá que utilizar pruebas no-paramétricas para el análisis de los datos del pos-test.

Desde ya las medias obtenidas del pos-test en el nivel de rendimiento en ciencias alcanzado por los estudiantes nos dejan ver un panorama favorable y consecuente con lo que se venía observando en clase, donde el grupo intervenido al igual que los otros mejoraron su nivel en ciencias pero el intervenido lo hace mucho mejor. En el análisis del pos-test se preveía esto debido a que a diferencia del pre-test, las respuestas abiertas dadas por los estudiantes estaban mucho más estructuradas, se notaba el uso del lenguaje científico y sobre todo su proceso de lectura había mejorado, siendo este el detonante que permitió avanzar en el resto de habilidades.

El grupo G3 perteneciente a los dos grados novenos J.T. continua siendo el grupo con el nivel más bajo, en comparación a los del grupo G4 o novenos J.M. lo que nos confirma que el nivel del pre-test si estaba bien obtenido ya que generaba dudas debido que es un grupo de un grado superior al intervenido, pero que demostraba niveles más bajos en ciencias. Sin embargo al consultar con los docentes que dan clase en dichos cursos, la visión era de un grupo muy complejo con varias dificultades de aprendizaje y que su rendimiento en la mayoría de las áreas era bajo. A pesar de los resultados presentados es necesario analizar si estas diferencias son significativas o no.

**Tabla 28.***Medias Pre-test y Postes de cada grupo*

<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Medias Pre-test</b>	<b>Medias Pos-test</b>
<i>G1</i>	71	18,10	31,17
<i>G2</i>	51	18,12	22,44
<i>G3</i>	53	16,67	21,73
<i>G4</i>	59	21,03	24,86

**Tabla 29.***Resultados del análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnova*

<b>Grupo</b>	<b>Estadístico</b>	<b>G1</b>	<b>Significancia</b>	<b>A</b>
<i>G1</i>	,118	71	,017	< ,05
<i>G2</i>	,097	51	,200*	> ,05
<i>G3</i>	,154	53	,003	< ,05
<i>G4</i>	,121	59	,031	< ,05

Nota: \*. Esto es un límite de la significancia verdadera.

a. Corrección de significancia de Lilliefors

Se lleva a cabo la prueba H de Kruskal-Wallis para grupos independientes y se obtiene un nivel de significancia de 0,000 lo que confirma que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los rendimientos de los grupos estudiados, lo que indica que estas diferencias no son debidas al azar si no a la intervención efectuada.

Continuando con el análisis transversal de los resultados del Pos-test, se utilizará la prueba U-Mann-Whitney para visualizar las diferencias del grupo intervenido (G1) con los demás, obteniendo los datos presentados en la tabla 30. Los resultados muestran que el nivel de rendimiento en ciencias en el pos-test del grupo intervenido G1 presenta diferencias estadísticamente significativas con el resto de grupos (G2, G3 y G4), y no son debidas al azar.

A diferencia del pre-test en donde si bien se presentaba diferencias en las medias del rendimiento en ciencias, estas no eran diferencias estadísticamente significativas, ahora en el pos-test las diferencias si son estadísticamente significativas. Lo que nos indica que el nivel alcanzado se da como resultado del proceso de intervención.

**Tabla 30.**

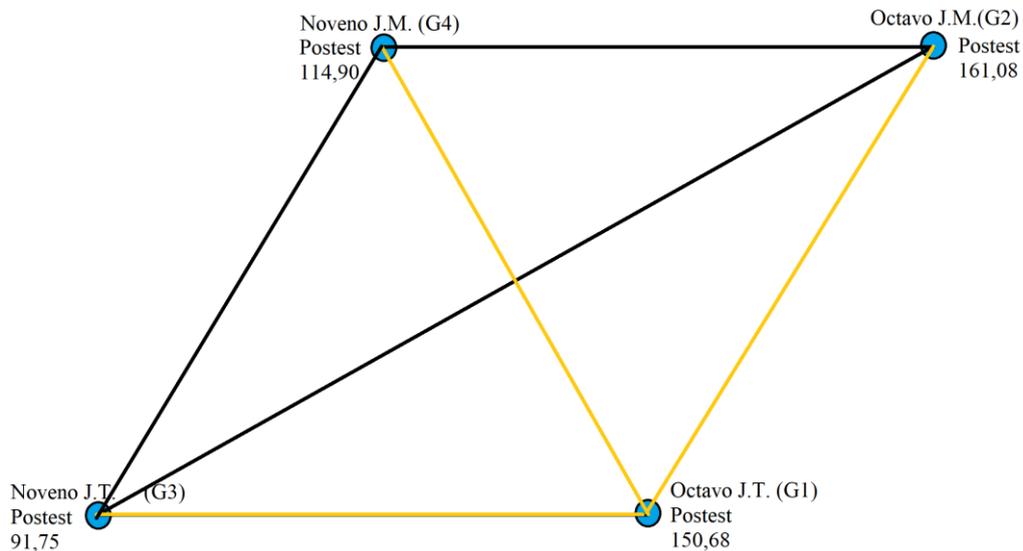
*Resultados del análisis de la Prueba U de Mann – Whitney*

<i>Muestra 1/Muestra 2</i>	<b>U de Mann-Whitney</b>	<b>Z</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>asintótica</b>	<b><math>\alpha</math></b>
<i>G1/G2</i>	1057,50	-3,92	,000		< ,05
<i>G1/G3</i>	940,50	-4,76	,000		< ,05
<i>G1/G4</i>	1433,00	-3,098	,002		< ,05
<i>G3/ G4</i>	1248,00	-1,840	,066		> ,05

Estas diferencias entre grupos se pueden apreciar en la figura 14, extraída del programa SPSS 22 con el cual se realizaron los análisis y en donde el grupo intervenido ubicado en la parte derecha inferior de la gráfica se relaciona con líneas amarillas lo cual indica que hay diferencias estadísticamente significativas con los demás, situación que no se presenta entre los otros grupos ya que se relacionan con líneas oscuras lo que marca que hay equivalencia entre ellos.

**Figura 12.**

*Gráfica de comparaciones por parejas de Grado.*



*Nota:* Cada nodo muestra el rango promedio de muestra de grado. Diferenciando los rangos entre el grupo intervenido y los observados.

En este sentido podemos decir que el único grupo que alcanzó diferencias estadísticamente significativas en comparación con los demás fue el grupo intervenido (G1) y por tanto cada vez más nos reafirma que el cambio alcanzado es debido al proceso de intervención ejecutado.

Para constatar si la intervención en G1 explica la diferencia entre los resultados de los grupos, se calcula el tamaño del efecto mediante la prueba g de Hedges, para muestras independientes con datos no paramétricos, obteniéndose los resultados presentados en la tabla 31. Los valores de g muestran que el mayor efecto sobre el grupo intervenido (G1) se presenta con respecto al grupo G3, y contra G2 y G4 resultando en efecto mediano, lo que indica que el proceso de intervención si tiene un efecto representativo en comparación al alcanzado por los grupos control.

**Tabla 31.**

*Resultados del análisis de la Prueba g de Hedges Intergrupos*

<b>Grupos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Std. Desviación</b>	<b>g de Hedges</b>	<b>Efecto</b>
G1	71	31,17	11,82	G1/G2 = 0,78	Mediano
G2	51	22,44	10,20	G1/G3 = 0,82	Grande
G3	53	21,73	10,88	G1/ G4 = 0,55	Mediano
G4	59	24,86	10,68	G3/G4 = 0,29	Pequeño

*Nota:* Interpretación (Cohen's, 1988): 0,2 Tamaño del efecto pequeño; 0,5 Tamaño del efecto Mediano; >0,8 Tamaño del efecto Grande.

En otras palabras podemos decir que el efecto más grande de los tres grados octavos J.T. pertenecientes al grupo G1 fue con respecto los dos grados novenos J.T. (G3). Es decir siendo estos grupos de la Jornada Tarde y coincidiendo en la mayoría de los docentes que les dan clase a excepción del docente investigador, se ve una gran diferencia, en donde la mayoría de clases tiende a ser magistrales y solo cambia en las clases de ciencias, siendo la lectura y el trabajo del estudiante durante 4 horas a la semana lo que marcó una gran diferencia en el nivel alcanzado, de aquí que es importante que más docentes se sumen a este trabajo para poder potenciar aún más el nivel de los estudiantes.

En comparación del grupo intervenido (G1) con respecto al grupo control de la Jornada Mañana (G2) el efecto fue mediano, siendo un punto a destacar que no había relación de maestros entre la jornada mañana y tarde, lo que generaba una cierta independencia del trabajo realizado con respecto a dichos grupos. Sin embargo una constante de la Jornada

Mañana es que se genera una escogencia de estudiantes debido a que la mayoría de la población del sector suele preferir dicha jornada y por ende solo quienes cumplan ciertos requisitos académicos se les abre la posibilidad de hacer parte de dicha jornada, en cambio en la jornada tarde se suelen dejar estudiantes que presentan mayores dificultades académicas, pero a pesar de lo anterior los resultados fueron mejores con el grupo intervenido perteneciente a la jornada tarde.

Así mismo, puede verse que el grupo intervenido (G1) generó un efecto pequeño con respecto al grupo G4, aquí vemos un gran cambio ya que el grupo G4 es formado por los dos grupos noveno de la jornada mañana y que en el pre-test, este, por ser de estudiantes con un grado más avanzado tenía un nivel más alto aunque no estadísticamente significativo. Ahora en el pos-test el grupo intervenido (G1) siendo de un grado menor marca un nivel más alto en el rendimiento en ciencias que G4, aunque el efecto es pequeño, la diferencia es considerada como estadísticamente significativa, con lo cual se puede decir que el nivel de rendimiento en ciencias del grupo intervenido superó ampliamente las expectativas.

#### **5.4.2 Análisis longitudinal**

Las diferencias entre el pre-test y el pos-test en el grupo intervenido (G1) marcaron una amplia ventaja en el rendimiento en ciencias con respecto a los otros tres grupos. Si bien, en el pre-test estas diferencias no eran estadísticamente significativas, ahora en el pos-test si se alcanza unas diferencias estadísticamente significativas. Caso contrario al presentado en los grupos novenos (G3 y G4) que iniciaron con diferencias significativas en el pre-test pero ahora en el pos-test estas diferencias no son estadísticamente significativas, siendo G3 el de mayor valor agregado en su rendimiento en ciencias.

Teniendo en cuenta las medias alcanzadas en el pos-test podemos decir que en todos los grupos observados se generaron mejorías en su nivel de rendimiento en ciencias a lo largo del año escolar 2019, sin embargo, se aplicará la prueba de Wilcoxon, para datos no paramétricos, y confirmar si estas diferencias entre el pre-test y el pos-test dada en cada grupo son estadísticamente significativos o no. Los resultados de la prueba se exponen en la tabla 32.

**Tabla 32.**

*Resultados del análisis de la Prueba de Wilcoxon*

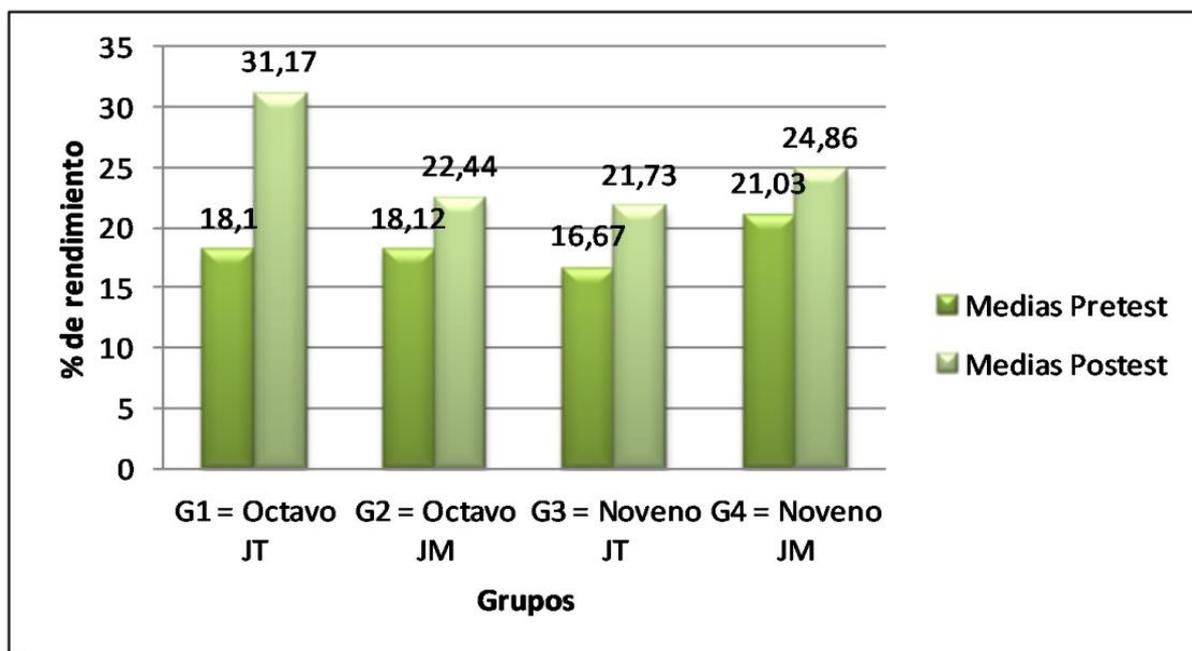
<b>Grupo</b>	<b>N</b>	<b>Z</b>	<b>P-Valor</b>	<b>A</b>
<i>G1: Pre-test/Pos-test</i>	71	-6,343 <sup>a</sup>	,000	< ,05
<i>G2: Pre-test/Pos-test</i>	51	-2,563 <sup>a</sup>	,010	< ,05
<i>G3: Pre-test/Pos-test</i>	53	-2,943 <sup>a</sup>	,003	< ,05
<i>G4: Pre-test/Pos-test</i>	59	-2,504 <sup>a</sup>	,012	< ,05

*Nota:* a. Se basa en rangos positivos

Teniendo en cuenta los diferentes valores de Z de la prueba y con P-Valor menores al nivel de significancia  $\alpha = .05$  que aparecen en la Tabla 30, se puede afirmar con margen de confianza del 95% de probabilidad que el nivel de rendimiento en ciencias en los cuatro grupos ha cambiado significativamente del pre-test al pos-test, como se puede observar en la figura 13.

**Figura 13.**

*Nivel de Rendimiento en Ciencias del pre-test y pos-test en los 4 grupos*



La figura 13 muestra que todos los grupos mejoraron su nivel de rendimiento en ciencias, pero el grupo intervenido G1 lo hizo notablemente, de modo que no se puede atribuir esa mejora al proceso de maduración de los grupos y el aprendizaje alcanzado durante el año lectivo 2019. El incremento en el grupo G1 ha sido de un 13,07% frente al 4% en promedio

del resto de los grupos, a pesar de que los grupos G3 y G4 corresponden a alumnos de un año académico por encima de G1 y G2.

Después del grupo intervenido, los grupos que más mejoraron durante el año escolar fueron los grupos G2 o grados octavos J.M. y los grupos G3 o grados novenos J.T. con un incremento aproximado del 5% y el grupo que menos mejora tuvo fue el grupo G4 o grados novenos J.M. con un incremento del 3,83%, situación que presenta extrañeza debido a que era el grupo de mayor rendimiento en el pre-test y se esperaba un mayor valor agregado. Lo que invita a profundizar en el análisis de estas diferencias para ver que variables afectan el desarrollo del nivel de rendimiento en ciencias.

Para ver si la intervención fue efectiva se pasa a calcular la potencia de la intervención con la prueba *g* de Hedges para muestras relacionadas con datos no paramétricos, asegurando estadísticamente que el proceso de intervención cumplió con su cometido. Los resultados se presentan en la tabla 33, donde se muestra el valor de  $g = 1,12 > 0,8$  indicando que el nivel de rendimiento en ciencias alcanzado del pre-test al pos-test es grande y debido al proceso de intervención, mientras que los otros grupos control alcanzaron tamaños del efecto pequeños, es decir, que en su proceso normal de aprendizaje si bien tuvieron un mejor nivel de rendimiento en ciencias, éste no fue lo suficientemente potente como el alcanzado por G1.

**Tabla 33.**

*Resultados del análisis de la Prueba *g* de Hedges Intragrupos*

<i>Grupos</i>	<i>N</i>	<i>Media Pre-test</i>	<i>DS-Pre-test</i>	<i>Media Pos-test</i>	<i>DS-Pos-test</i>	<i>g de Hedges Pre-test/Pos-test</i>	<i>Efecto</i>
G1	71	18,10	10,23	31,17	11,82	1,12	grande
G2	51	18,12	9,29	22,44	10,20	0,42	pequeño
G3	53	16,67	10,10	21,73	10,88	0,46	pequeño
G4	59	21,03	10,27	24,86	10,68	0,35	pequeño

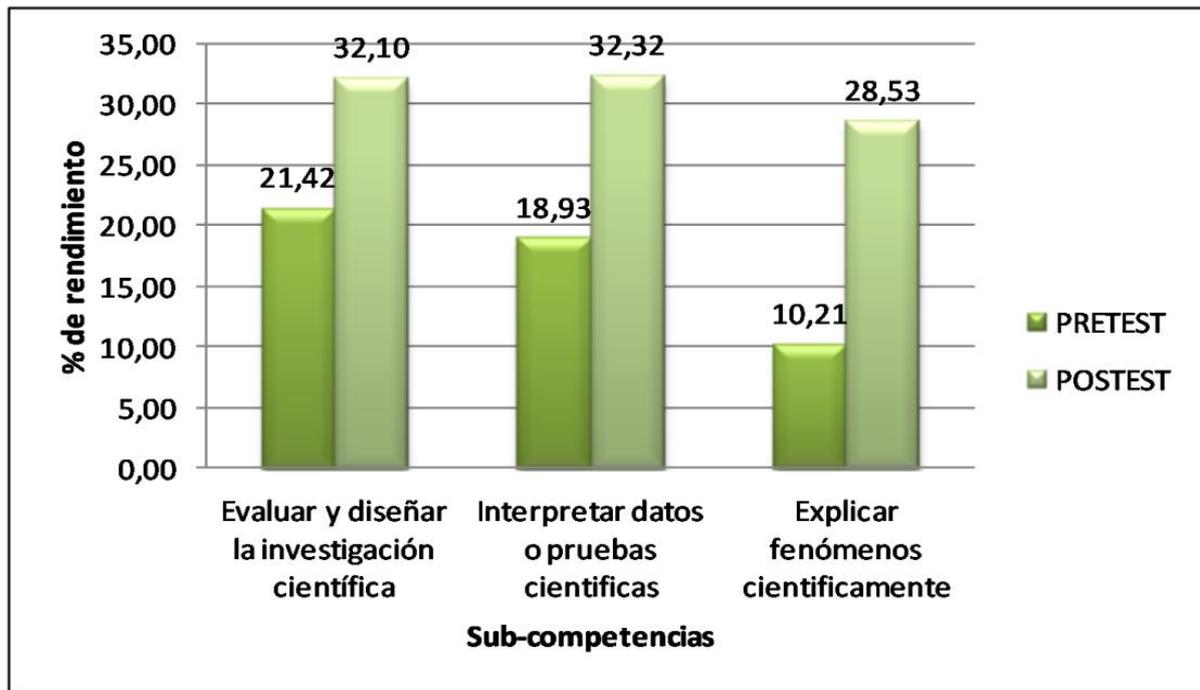
*Nota:* Interpretación (Cohen's, 1988): 0,2 Tamaño del efecto pequeño; 0,5 Tamaño del efecto Mediano; >0,8 Tamaño del efecto Grande. DS: desviación standard

Desde el punto de vista de cada sub-competencia los resultados presentan cambios sustanciales tal como se puede observar en la figura 14, donde la competencia en la que se visibilizó una mayor dificultad en el pre-test *Explicar fenómenos científicamente* fue la que

mejor respondió al proceso de intervención pasando de un 10,21% en el pre-test a un 28,53% en el pos-test con un incremento de más del doble, respondiendo así a la mejora de dichas debilidades encontradas.

**Figura 14.**

*Rendimiento en Ciencias de las Sub-competencias en G1 en el pre-test y pos-test*



Si recordamos que la competencia *Explicar fenómenos científicamente* se basa en el uso de conceptos sobre el entorno vivo, físico y de la tierra y el espacio, podemos decir que durante el proceso de lectura dentro del primer saber o saber-saber, el estudiante era el que tenía que sacar el concepto principal del tema y explicarlo mediante ejemplos, donde se alentaba al estudiante a leer, comprender, extraer la información solicitada y después pasar a explicarla, de tal manera que se puede decir que este ejercicio donde el estudiante es el encargado de obtener su propio conocimiento a partir de trabajo constante realizado en clase es más efectivo que la clase magistral a la cual venían acostumbrados. Este hecho se puede notar en las respuestas que dieron en el pos-test en los ítems abiertos, generando explicaciones concretas con el uso de la terminología adecuada en la mayoría de los estudiantes.

Las otras dos competencias también mejoraron en más de 10 puntos porcentuales, pero es interesante ver que las tres competencias dejan de marcar diferencias vistas en el pre-test para

empezar a tener promedios muy cercanos en el pos-test, observándose un equilibrio en la intervención que permitió mejorar en cada sub-competencia y disminuir las brechas entre ellas.

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio muestran que el nivel de rendimiento en ciencias ha mejorado considerablemente en el grupo sobre el que se llevó a cabo la intervención, frente al resto de grupos, a pesar de tratarse de un grupo de curso inferior al de los grupos G3 y G4, demostrándose así la efectividad de la intervención realizada. En este sentido el conocimiento de las competencias científica de PISA, el uso de los ítems que aclaraban las habilidades individuales evaluadas, llevaron a proponer actividades y talleres acertados dentro de un proceso de intervención que tenía en cuenta tanto el contexto del país como el nivel de los estudiantes y sus necesidades, resultado en la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje en el aula y la obtención un mayor nivel de rendimiento en ciencias que los obtenidos por los grupos control.

## **5.5 Implicaciones didácticas**

La evaluación es uno de los puntos más complejos del proceso educativo y un enfoque por competencias implica evaluar desempeños que contienen procesos de aprendizaje donde se tiene en cuenta la movilización de diferentes conocimientos y habilidades en gran variedad de contextos, de tal manera que el proceso de evaluación basado en competencias debe ser un proceso continuo, sistemático y basado en evidencias que demuestren la relación entre la competencia y el desempeño (Alarcón, Medina, y Loyo, 2010)

En este sentido el proceso de evaluación debe ir de la mano con el proceso de enseñanza el cual se centró en el aprendizaje significativo (Ausubel, 1983) y en un enfoque socio-crítico, para dar sentido a los procesos educativos como espacios de construcción social (Beltrán, Maldonado, y Silva, 2013). Por tanto el papel del docente se centró en una estrecha relación entre el cognitivismo y el constructivismo, donde el primero se ocupó de la manera cómo el estudiante adquiere y aplica los conocimientos y las habilidades y el segundo hizo hincapié en el proceso del estudiante donde el docente guio dichos procesos de manera activa, acompañando, orientando y resolviendo sus dudas, motivando siempre su trabajo en clase y ayudándoles a superar sus dificultades, fomentando su autonomía e iniciativa en el

aprendizaje y llevándolo a construir sus saber ser y su saber hacer, tal como lo propone Fernández (2011).

De tal manera que el proceso de evaluación utilizado fue constante y desde un enfoque formativo como proceso de aprendizaje del estudiante y del maestro (López-Lozano y Solís, 2020) en donde desde la propuesta de intervención en la línea de saberes se permite evaluar la competencia a partir de la descomposición de sus componentes que son de tipo conceptual, procedimental y epistémico y su relación con las diferentes habilidades científicas, siendo el proceso de desarrollo progresivo y parte de actividades simples hasta llegar a las más complejas, permitiendo ver en qué nivel ha desarrollado el estudiante su aprendizaje. Es así como cada actividad, taller, participación y actitud generado a lo largo del proceso debe ser valorado por el docente y que al final le permita evaluar la globalidad del proceso y del desarrollo de la competencia.

Si bien la evaluación de competencias no resulta fácil dentro de un proceso de enseñanza aprendizaje, se puede definir unos criterios que delimiten la comprensión holística del aprendizaje del estudiante (Fernández 2011), parcelando las actividades y los niveles del proceso para responder a diferentes tareas que vayan desde las mas sencillas hasta las mas complejas y permitan sumar y generar un desarrollo progresivo de la competencia. En este sentido una plantilla con criterios básicos dentro de cada saber ayudó a llevar el estado del proceso del estudiante con el fin de dar un informe final del nivel alcanzado. Para el caso de la presente investigación esta planilla se presenta en el anexo 14.

**CAPÍTULO 6.**  
**CONCLUSIONES Y**  
**REFLEXIONES**



## 6.1 Conclusiones según los objetivos propuestos

Para finalizar esta tesis doctoral, este capítulo recoge un conjunto de conclusiones acerca del potencial que supone para el docente conocer y familiarizarse con las pruebas PISA a fin de mejorar el desarrollo competencial escolar del alumnado en la etapa de educación secundaria. Para ello, se va a partir de cada una de las preguntas y objetivos planteados en un inicio (Capítulo 1).

Al inicio de esta tesis doctoral establecimos 4 preguntas de investigación, para cuya respuesta fueron planteados cuatro objetivos generales de los que, en determinados casos, se derivaron algunos objetivos específicos, así como sus correspondientes tareas a realizar. En este sentido en las siguientes tablas precisamos de manera organizada las preguntas problema, los objetivos y las conclusiones principales.

<i>Pregunta a-</i>		
¿Cuáles son las características y fundamentos teóricos de las pruebas PISA?		
<b>Objetivo General 1-</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades a Realizar</b>
Realizar una revisión detallada de los marcos teóricos de PISA que permitan comprender el trasfondo de las competencias científicas propuestas y las habilidades específicas que las componen.	i.- Analizar los marcos teóricos de PISA 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2015 y 2018 para hacer un seguimiento detallado de sus respectivas dimensiones y su evolución. ii.-Caracterizar cada una de las habilidades que componen las subcompetencias científicas propuestas por PISA.	i. Una revisión bibliográfica sistemática y crítica sobre la investigación acerca de los estudios sobre pruebas PISA. ii. Un examen de las pruebas liberadas PISA, analizando el tipo de pregunta y las competencias y subcompetencias que involucra.
<b>Conclusiones</b>		
En respuesta a esta pregunta la primera investigación que realizamos (Muñoz y Charro 2017a) y más ampliamente en el capítulo 3 de la presente memoria, se deja ver la importancia de cada una de las dimensiones de PISA, que nos aproxima al enfoque por		

competencias propuesto por la OCDE y que busca que un ciudadano pueda utilizar sus conocimientos y habilidades científicas, no solo para entender el mundo natural sino también para intervenir y ayudar en la toma de decisiones que lo afecta y que le permitan generar cambios en la actividad humana (OCDE 1999, 2003, 2006, 2015, 2016). Esta idea ha generado un revolcón en el proceso educativo durante estas dos últimas décadas y tocado los hilos más sensibles de la educación, en donde si bien muchos no han estado de acuerdo con dicho enfoque, realmente desde el proceso realizado en esta investigación coincidimos en la importancia de generar una cultura científica en nuestros estudiantes para que puedan intervenir responsablemente en situaciones sociocientíficas importantes que permitan contribuir al desarrollo del país tal como lo propone Holbrook y Rannikmae (2009). En este sentido el enfoque por competencias toma gran relevancia en la educación ya que se tienen en cuenta tres dimensiones que deben estar presentes en todo proceso formativo, como son:

- Los Contextos: Considerados como cuestiones personales, locales, nacionales y globales, tanto actuales como históricas, que exigen una cierta comprensión de la ciencia y la tecnología (OCDE 2016). Dimensión que permitió dar un sentido a la educación en donde el conocimiento tomó relevancia al ser embebido dentro un contexto específico que puede variar de región a región y el cual fue un punto crítico en el aprendizaje de nuestros estudiantes ya que las diferentes habilidades y conocimientos fueron orientados desde las problemáticas que aquejan nuestro país, como la corrupción, el narcotráfico, la minería, las fumigaciones con glifosato, entre otras. Problemáticas que llevaron a sensibilizar al estudiante y hacerlo partícipe de una realidad en la cual tal vez no se había involucrado pero que bajo el contexto educativo es necesario que desarrolle un sentido crítico ya que de él también dependerá el futuro de nuestra sociedad.
- Los Conocimientos: Referidos a la comprensión de los principales hechos, conceptos y teorías explicativas que son la base del conocimiento científico, en donde no solo se tuvo en cuenta los conocimientos de contenido del mundo natural y artefactos tecnológicos sino también se profundizó en desarrollar esos conocimientos procedimentales referidos a los procesos de análisis de datos y uso de formas de representación de los mismos y al diseño de investigaciones donde la identificación de una pregunta de investigación, el reconocimiento de variables y la puesta en marcha de una idea de investigación fueron los objetivos de cada una de las

actividades propuestas en el aula de clase. Finalmente, el uso del conocimiento epistémico llevó a relacionar los conocimientos científicos tanto de contenido como procedimentales en el análisis de hechos y contextos que llevaron al estudiante a argumentar su postura frente a las problemáticas del país.

- Las Competencias: Que hacen referencia al resultado de la confluencia entre los contextos y los conocimientos para desarrollar habilidades que en conjunto permitieron la Explicación de fenómenos científicamente, la Evaluación y el diseño de la investigación científica y la Interpretación de datos y pruebas científicas. Habilidades que independientemente de los temas tratados fueron siempre aplicadas en los diferentes talleres para que el estudiante a partir de una práctica constante llegara a manejar y comprender con mayor profundidad, tal como lo demuestran los resultados presentados en el último artículo.

En general, el estudio a profundidad del enfoque por competencias analizado desde los marcos teóricos de PISA, llevaron al docente investigador a comprender y utilizar dicho enfoque con más facilidad dentro del aula de clase, lo que permitió la propuesta de unos objetivos claros en las actividades planteadas, una mejor planeación de los talleres, unas metas sólidas para alcanzar durante el año lectivo y sobre todo un enriquecimiento personal y profesional que se vio reflejado en los niveles alcanzados con los estudiantes. En si, tal como lo proponía Alcaniz y Cervera (2014, p.1) el conocimiento y técnicas que sustentan estas evaluaciones se pueden inducir en el día a día del aula estos procesos, adaptados a cada materia, acercándonos a los alumnos a una competencia internacional y a emplear sus habilidades y destrezas para resolver problemas y tareas cercanas a su entorno. Sin embargo, sabemos que todavía hay mucho camino por recorrer y mucho por mejorar, pero los resultados nos muestran que vamos en la dirección adecuada y se tratará al máximo de replicar esta experiencia en diferentes niveles de básica secundaria y diferentes instituciones.

**Pregunta b-**

¿Cómo se contrastan los marcos teóricos de las pruebas PISA propuestos con los ítems utilizados?

<b>Objetivo General 2-</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades a Realizar</b>
Dilucidar cada una de las habilidades que componen la competencia científica a través de la clasificación de 50 unidades que contienen 157 reactivos de ciencias naturales liberados por PISA, según sus competencias y subcompetencia, en pro de evaluar, identificar y retroalimentar el desarrollo de competencias científicas de manera Transdisciplinar como herramienta de orientación en la labor docente.	<p>i.- Comparar diferentes fuentes bibliográficas para organizar una base de ítems PISA confiable.</p> <p>ii.- Categorizar cada uno de los ítems PISA de acuerdo a las habilidades exploradas en los marcos teóricos.</p> <p>iii.- Recoger un conjunto de conclusiones novedosas acerca de las implicaciones educativas del uso de las pruebas PISA para el diseño de intervenciones en el aula.</p>	<p>i. Una revisión de diferentes fuentes donde se hayan publicado los ítems PISA, tanto fuentes oficiales de la OCDE como fuentes secundarias donde utilizan estos ítems para el apoyo de maestros o en artículos donde hacen la revisión de algunos.</p> <p>ii. Una clasificación inicial de cada ítem con respecto a la subcompetencia a la cual pertenezca y después una clasificación según la habilidad específica que pretende evaluar.</p>

**Conclusiones**

En respuesta a esta pregunta se generaron dos publicaciones más (Muñoz y Charro 2017b, 2018) en las cuales se sustenta la importancia de los ítems PISA en un proceso de orientación docente ya que al igual dentro de los procesos de enseñanza aprendizaje con los estudiantes no hay nada mejor que el uso de ejemplos para la comprensión de un concepto que presenta alguna dificultad, siendo los ejemplos modelos que facilitan el proceso de aprendizaje, en este sentido los ítems de PISA fueron esos modelos que permitieron entender qué es lo que busca evaluar el proyecto PISA en cada una de las competencias científicas y cómo pretendía que dicho conocimiento sea utilizado por los estudiantes al momento de

responder. De tal manera que coincidimos con Gil-Pérez y Vilchez (2006) cuando expresaba que los ítems pueden servir de ejemplo puesto que llevan a la elaboración de representaciones mentales para explicar cómo el conocimiento científico puede explicar algún aspecto de la realidad y como se puede intervenir en el mundo. Por lo anterior dichas representaciones mentales son importantes para la construcciones de modelos teóricos, o teorías científicas que se caracterizan por relacionar los conceptos científicos con la realidad utilizando un lenguaje científico propio de las ciencias. Idea que no solo se aplica para los estudiantes sino principalmente se vio reflejada en el actuar del docente investigador ya que cada ítem dio claridad a las habilidades teóricas planteadas en los marcos teóricos de PISA facilitando su comprensión y entendiendo como dichos ítems pueden ser utilizados en el aula de clase.

En este sentido se encontraron diferentes tipos de ítems, siendo los más básicos los que solo evalúan el recordar y aplicar el conocimiento científico adecuado como los que hacen parte de la sub-competencia Explicar fenómenos científicamente, donde su objetivo principal era evaluar el conocimiento de contenido, pero que indudablemente sirvieron de base para plantear otros ítems relacionados a las temáticas trabajadas en la presente investigación. Sin embargo, los que mayor aporte generaron fueron los ítems relacionados con la sub-competencias Evaluar y diseñar la investigación científica e Interpretar datos y pruebas científicamente. Aquí se generó uno de los mayores aportes debido a que muchos profesionales nos centramos en enseñar y evaluar contenido, pero olvidamos o damos menor importancia al conocimiento procedimental y epistémico, siendo los ítems de estas dos últimas Sub-competencias los que mayor claridad aportaron a la comprensión de los tipos de conocimiento y de las competencias y habilidades científicas a desarrollar. En consecuencia los objetivos en los procesos de enseñanza aprendizaje cambiaron y el docente investigador empezó a diseñar actividades que respondieran a la identificación de una pregunta de investigación, al reconocimiento de variables, a diferenciar entre posturas que provienen de opiniones personales de aquellas que se basan en aportes científicos, en el uso de tablas, gráficas, figuras o imanes que llevaran al estudiante a procesos de interpretación más rigurosos y generar análisis con mayor profundidad de argumentación.

De esta manera estudios como los de Gallardo-Gil et al (2010) nos muestra que los ítems estan contruidos desde los niveles de la dimensión congnitiva del aprendizaje propuesta por

Bloom (1956) concluyéndose que la mayoría de los ítems estudiados evalúan los niveles medios de la dimensión cognitiva como la aplicación, comprensión, reflexión, conexión y transferencia, y muy pocos evalúan las dimensiones de menor complejidad como la reproducción del conocimiento o las de mayor complejidad como la síntesis, la eurística, la evaluación, la argumentación y la comunicación del conocimiento. Siendo ejemplos, independiente de su cantidad, de cada uno de dichos niveles y aportando al docente además de la fundamentación teórica de la escala de la dimensión cognitiva, un ejemplo del cual se puedan desprender actividades de aplicación en el aula tal como lo hicieron Caamaño (2011), Blaco-López, España y Ramos, (2012), Franco-Mariscal, Blanco-López, y España-Ramos (2014), Franco-Mariscal, Blanco-López, y España-Ramos (2017) y Blanco y Lupión (2015). En este sentido PISA ha tratado de construir sus ítems con ayuda de expertos para evaluar los niveles más altos en la escala de Bloom (1956) o las dimensiones conceptual, procedimental y multidimensional desde la escala de Bybee (1997) para el caso de las ciencias naturales.

Así también, al momento de realizar análisis de aquellos ítems que exigían una respuesta abierta se encontró que muchas ideas que escribieron los estudiantes para tratar de explicar un fenómeno científico dado en el ítem no son claras, ya que no utilizan unos conectores adecuados que permitan expresar un pensamiento científico coherente, con lo cual se refleja un bajo desarrollo de la habilidad cognitivo-lingüística que imposibilita una argumentación adecuada dentro del proceso de la alfabetización científica como se menciona por Archila, P. (2015, p. 1). Sin embargo la comprensión de estas debilidades indujeron a plantear actividades de lectura constante que en compañía del docente se fueron creando ideas y argumentos más claros y utilizando un vocabulario científico más detallado.

Las competencias científicas presentadas por PISA y analizadas desde sus ítems, muestran un grupo de habilidades que no son ajenas al contexto colombiano y que por tanto todo estudiante debe desarrollar, en donde las dos primeras competencias están enfocadas en evaluar habilidades en torno a los procesos de investigación, lo que permite hacer un llamado a los docentes para complementar los conocimientos científicos de contenido con actividades de investigación donde se potencien los conocimientos procedimentales como la identificación y propuesta de preguntas científicas, se trabaje en cuestiones que permitan diferenciar las ideas científicas de las que no lo son o están basadas en otros aspectos, la

identificación y control de variables, la toma de evidencia o muestreo adecuado de los datos, la búsqueda de información y sobre todo fomentar la crítica con respecto a las fuentes de información. De esta manera, estas dos primeras competencias también se prestan para trabajar la competencia argumentativa, considerada una de las más complejas en el ámbito de la educación.

La última competencia más bien se centra en los conocimientos de contenido que todo estudiante debe tener claro sobre las ciencias y que se enumeran en la tabla 4; sin embargo, esto no quiere decir que el resto de conocimientos que son parte del currículo en los colegios deje de ser importante, puesto que el grado de importancia lo da el contexto en donde labore el docente en torno a las necesidades de los estudiantes y de la región. Por tanto, los ítems de esta última categoría pueden servir de ejemplo para que los docentes puedan formular sus propios instrumentos de evaluación según sus necesidades y contextos.

<b>Pregunta c-</b>		
¿Cómo podemos utilizar el conocimiento generado tanto de los marcos teóricos de las pruebas PISA como de sus ítems para ser utilizados en clase?		
<b>Objetivo General 3-</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades a Realizar</b>
Diseñar una intervención apropiada que permita fortalecer las debilidades encontradas entre el alumnado en torno a las competencias científicas evaluadas por PISA.	i.- Analizar el contexto de los estudiantes en torno a las debilidades encontradas en la evaluación diagnóstica para organizar el proceso de intervención en aula. ii. Organizar los diferentes ciclos y microciclos dentro de la investigación acción que permitan avanzar en el desarrollo de competencias de forma progresiva.	i. Un diagnóstico inicial usando una prueba PISA con alumnos de secundaria para identificar los puntos débiles (pre-test). ii. Diseñar una intervención en el aula longitudinal en el tiempo basado en planificar una secuencia de actividades y proponer problemas contextualizados para trabajar las debilidades

	iii. Diseñar a partir de los ítems liberados de PISA actividades y talleres que conlleven al trabajo por competencias en el aula.	encontradas y que permita desarrollar de las competencias seleccionadas. iii. Implementar las actividades y talleres propuestos en el aula.
--	---	--

### Conclusiones

El uso de la evaluación diagnóstica permitió obtener una visión clara de las debilidades tanto grupales como individuales de los estudiantes y comprender que su nivel de lectura es realmente preocupante, de ahí que todo trabajo en clase partió de un proceso de lectura constante generando un hábito que permitió mejorar en los posteriores procesos. Este ciclo inicial fue esencial ya que en él se eliminaron algunas resistencias a la lectura y se convenció al estudiante de la importancia de dicho proceso en un contexto donde es necesario leer y comprender por su propia cuenta las problemáticas que nos aquejan y dejar de creer todo lo que se presenta en los medios de comunicación. De la misma manera la evaluación diagnóstica presentó las habilidades científicas que debían de ser trabajadas con mayor profundidad dando paso al diseño de las actividades.

Una vez el docente tiene claras cada una de las competencias a trabajar con los estudiantes se vuelve intuitivo el proceso a desarrollar ya que cada actividad a realizar tiene un objetivo concreto. En este sentido si bien los marcos teóricos de PISA dan pautas de las competencias científicas a desarrollar, son los ítems liberados de esta evaluación los que inicialmente dan claridad sobre cada una de las habilidades que componen las competencias científicas y más aún sirven de plantilla para diseñar nuevas actividades y talleres que fueron aplicados en clase. Por ejemplo Franco-Mariscal, A., Blanco-López, A., España-Ramos, E. (2017) utilizaron la unidad liberada por PISA titulada “*La caries dental*” para diseñar actividades para el desarrollo de competencias científicas.

Sin embargo, ajustando nuestras actividades a los contextos seleccionados se utilizó ítems como por ejemplo el título “El Efecto Invernadero” que tiene como objetivo evaluar la capacidad de los estudiantes de buscar datos claves dentro de una gráfica para justificar o refutar una idea previa. Así también se destaca la comparación de dos fuentes de

información para que el estudiantes encuentre los datos que relacionan dichas gráficas y el porque pueden apoyar o refutar una conclusión dada. Esta unidad permitió organizar uno de los talleres presentados en el anexo 12, en donde se siguen las misma pautas y se mantienen las misma estructura de las preguntas, pero se cambia el cntexo donde a diferencia se presentan dos mapas, en el primer se muestra unas zonas con alta explotación minera y en el otro se señalan zonas donde la muerte de líderes sociales y ambientales se presenta en mayor proporción, contexto que lamentablemente afecta gravemente la paz de nuestro país pero que en estudiantes de grados octavo o noveno en las ciudades no llegan a dimensionar y más aún desconocen ya que no es de su interés, pero que bajo el trabajo en clase despiertan su sentido crítico y terminan por comprender la realidad de nuestro país.

Estas actividades organiadas desde las mas simples hasta las mas complejas en un entramado de ciclos y microciclos permitieron ir avanzando en una propuesta que llevó al fortalecimiento de las debilidades que presentaba el alumnado. Siendo los primeros ciclos de la metodología de Investigación acción las que nos dieron pautas de que se puede cambiar en los talleres siguientes e ir aumentando la dificultad en el siguiente nivel del saber.

<i>Pregunta d-</i>		
¿Cuáles son los posibles aportes de dichas pruebas y sus ítems al proceso de formación docente y cómo afecta la didáctica en la escuela?		
<b>Objetivo General 4-</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades a Realizar</b>
Evaluar el impacto de la propuesta y sus efectos en la didáctica en la escuela y sus aportes en los procesos de formación docente.	i.- Evaluar el proceso de intervención mediante un diseño cuasi-experimental que permita ver el impacto generado en los estudiantes en un estudio de caso con alumnos de grado octavo de la Institución Educativa Alfredo Iriarte en Bogotá	i. Determinar la influencia de la intervención a través de la evaluación de resultados del alumnado y deducir el nivel competencial del alumnado derivado de esta intervención.  ii. Mostrar cómo este tipo de pruebas pueden aportar a los

	Colombia.  ii. Evidenciar los principales aportes de estas pruebas censales en los procesos de formación docente.	procesos de formación docente y apoyar sus prácticas.
--	---	---

### Conclusiones

En respuesta a esta pregunta hemos podido utilizar este conocimiento sobre los marcos teóricos de PISA y sus ítems liberados en varios aspectos tal como se enumera:

- La Evaluación diagnóstica: Una vez comprendidas las habilidades que se evalúan en la competencia científica y analizados los ítems liberados, el proceso de sistematización de los mismo dentro de la plataforma Moodle facilitó su uso como parte de una evaluación diagnóstica inicial, la cual permitió comprender las ideas previas que los alumnos tienen sobre un determinado tema y su capacidad de relacionar la información presentada y exponerla de forma válida utilizando un lenguaje científico adecuado, es decir, mediante la evaluación diagnóstica aplicada se volvió explícita la habilidad o competencia que tenían los alumnos inicialmente para resolver un determinado problema, y fue el punto de partida del docente en donde en conjunto con el estudiante se fortalecieron durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y que posteriormente se volvió a evaluar al finalizar el proceso de intervención, analizando sus respuestas y comparando el progreso conseguido en torno a las habilidades iniciales.

De esta manera la evaluación diagnóstica toma gran importancia dentro del proceso de enseñanza – aprendizaje puesto que nos permitió obtener una información profunda del grupo de estudiantes respecto a sus habilidades desarrolladas hasta ese momento y detectar en donde se presentaron mayores dificultades, lo que guió en la preparación de actividades que llevaron a abordar de manera didáctica las habilidades más complejas para que el estudiante pueda entender el mundo natural y asumir su

papel crítico dentro de las ciencias.

Así mismo, la evaluación inicial no solo cumplió con la tarea de orientar al docente en el camino a tomar en el proceso de intervención, sino que llevó a construir lazos más estrechos con los estudiantes ya que permitió pasar de una mirada global del grupo a una mirada personal donde la individualización de los casos genera mayor empatía al momento de entender las dificultades reales de un estudiante en particular, llevando a ponerle mayor atención en cada una de las actividades realizadas. Este interés sobre un estudiante en particular, dado por el conocimiento real de sus problemas en el aprendizaje, conllevó a que el estudiante sintiera el apoyo del docente y en consecuencia se vio reflejado en su esfuerzo por desarrollar las actividades planteadas y mejorar cada vez más su nivel. De tal manera que este tipo de evaluaciones bajo una mirada pedagógica contribuyó a mejorar las relaciones maestro - estudiante que genera una transformación y crecimiento en ambos lados del proceso enseñanza aprendizaje.

Otro de los cambios que generó la comprensión de las competencias y el uso de los ítems liberados, fue el pasar de evaluar el conocimiento por separado en las asignaturas de química, física y biología a una evaluación conjunta que las incluye a las tres dentro de la ciencia naturales, dejando así la segmentación del conocimiento y evaluándolo en forma conjunta, en donde se vincularon todos los docentes del área de ciencias naturales para realizar un trabajo en común que lleve al desarrollo de las competencias científicas.

Finalmente, la evaluación diagnóstica utilizando ítems con diferente nivel de dificultad permitió definir las habilidades desarrolladas y en qué nivel las han alcanzado los estudiantes, de tal manera que orientó a una modificación constante tanto de los temas de currículo como de las actividades propuestas por el docente en el proceso de enseñanza aprendizaje. En este mismo sentido y teniendo en cuenta que el aprendizaje es progresivo y puede profundizarse cada vez más dependiendo de la necesidad que presente el grupo de alumnos, los resultados de dicha evaluación informaron del nivel alcanzado por los estudiantes en un determinado tiempo y partir de dicho nivel para realizar cambios constantes al nivel de complejidad de las

actividades a realizar por el docente con el fin de que un grupo no sufriera un estancamiento en el proceso de aprendizaje sino que se tuvo la oportunidad de ir mejorando y alcanzando niveles más altos de desarrollo de dichas habilidades.

- La Intervención en el aula: Esta fue una de las etapas más enriquecedoras, puesto que todo ese conocimiento generado desde la comprensión de las competencias, su comparación con los respectivos ítems e identificación de las habilidades individuales y sobre todo el conocer mediante la evaluación diagnóstica cuál son las debilidades de los estudiantes, nos llevó a reflexionar sobre cuál debía ser la mejor forma de intervenir en ellos. Esta reflexión pudo llevarnos por muchos caminos, pero dentro de la institución y sobre todo desde la experiencia del docente investigador ya se había recorrido un camino sobre saberes, pero con aspectos por mejorar ya que el principal eje era el trabajo del conocimiento de contenido, y si bien se trabajaba parte del conocimiento procedimental, no se le daba la importancia adecuada y menos a un se había pensado en el trabajo con el conocimiento epistémico. En consecuencia, no se desechó nada de lo que ya se sabía, sino más bien, se trató de mejorarlo puesto que los saberes es uno de los enfoques que más conocen los docentes y puede facilitar el salto a las competencias, puesto como lo decía Perrenoud (2008), estos no chocan, sino más bien se complementan.

En este sentido se contruye un grupo de saberes teniendo en cuenta el contexto de nuestra institución ya que al ser Colombia un país tan desigual, no podemos propender porque la educación sea la misma para todos, además la debilidad en lectura era uno de los aspectos más preocupantes que llevó a definir saberes progresivos, todo en función de iniciar desde los niveles más básicos de la lectura y la apropiación del conocimiento a partir de ejercicios de lectura. Por tanto el saber saber fue el que más resistencia presentó en los estudiantes ya que estaban acostumbrados a un trabajo pasivo generado por las clases magistrales y pasaron a un trabajo activo de lectura constante, incluso algunos se reusaban a leer voluntariamente y fue necesario una motivación constante del docente, en donde las bases empezaron a tomar forma y se generó un hábito lector que permitió dar el paso a los siguientes saberes.

Esto dejó ver que una de las grandes debilidades de los docentes es dar continuidad a un plan de estudios según el grado en el que estemos, y damos por hecho que los estudiantes ya traen unos conocimientos y habilidades previas desarrolladas, sin embargo, este hecho de los conocimientos previos puede variar mucho dependiendo del contexto de los estudiantes, donde bajo el contexto de nuestra institución se visibilizó que muchos de sus conocimientos eran errados e incluso sustentados en el dogma o cuentos míticos o leyendas como por ejemplo que el arcoiris se debe a duendes u ollas de oro en su nacimiento o formación. Explicaciones que en grado noveno ya no deberían encontrarse. En sí la evaluación diagnóstica nos estaba diciendo que la construcción de dichas habilidades debían de trabajarse desde los niveles básicos para así facilitar la comprensión de los niveles más complejos dados en el saber hacer, saber pensar y saber actuar.

En el saber hacer se generó una práctica constante de las habilidades procedimentales, desde la toma de datos, hasta la construcción de tablas y gráficas con sus respectivas conclusiones, encontrándose las mismas debilidades en la interpolación y extrapolación de datos que ya habían mencionado Berciano, Ortega, y Puerta (2015), donde desde el proceso de tabulación y marcación de los ejes requirió gran trabajo y varias actividades para poder superar las dificultades. Por tanto podemos darnos cuenta que estas actividades si bien se las veía como ejercicios que deben desarrollarse desde el área de matemáticas, son actividades transversales que deben de trabajarse desde todas las áreas ya que el uso de información dadas en estas formas de abstracción de los datos son la forma más utilizada por los medios de comunicación al momento de expresar diferentes tipos de resultados, y es indispensable su comprensión si queremos entender la realidad de nuestro país.

Finalmente desde el saber pensar y saber actuar se centró en el trabajo de problemáticas que aquejan nuestro país, en donde todo ese conocimiento en los dos primeros saberes fue utilizado conjuntamente para estudiar problemáticas como la drogación, la deforestación, el uso de glifosato, la minería y su relación con la muerte de líderes ambientales y líderes sociales entre otros que llevaron a al estudiante a analizar datos sobre dichas problemáticas, a correlacionarlo con los temas vistos y a generar argumentos más complejos donde el conocimiento epistémico se

veía reflejado en las explicaciones de los estudiantes en las continuas participaciones que generó el trabajo de dichas problemáticas.

En sí el trabajo por saberes generado bajo los conocimientos que nos dieron los lineamientos previos nos marcó el camino a seguir con los estudiantes, generando unos objetivos claros en cada clase y favoreciendo el desarrollo de las habilidades en las cuales se había encontrado mayor debilidad, siendo el proceso de intervención muy enriquecedor debido a que en cada clase se veía como los estudiantes empezaban a dar lo mejor de sí y poco a poco iban desarrollando hábitos de estudio y más aún las habilidades tan anheladas para favorecer el desarrollo de la competencia científica.

- La Evaluación de Competencias: Cuando se tiene claridad sobre los objetivos que se busca con los estudiantes, la evaluación toma sentido dentro del proceso de enseñanza aprendizaje y pasa a formar parte esencial del mismo, donde mediante la planilla presentada en el anexo 14, se generó un seguimiento continuo del proceso del estudiante en cada actividad desarrollada. Por tanto la evaluación final fue la suma de diferentes aspectos que se tuvieron en cuenta a lo largo del proceso, tanto a nivel de sus conocimientos como habilidades desarrolladas.

En consecuencia para la presente investigación se realizó un proceso de evaluación doble, en el primer caso y para efectos de los análisis estadísticos presentados en el capítulo 5 se realizó una evaluación diagnóstica utilizando los ítems liberados de PISA, que permitió verificar el nivel de partida y el nivel alcanzado en la competencia científica, evaluación que condujo a visibilizar de manera detallada las debilidades de los estudiantes y enfocar y redireccionar el proceso de intervención para generar un cambio en torno a dichas debilidades, llevando a un cambio satisfactorio en el desarrollo global de la competencia. En el segundo caso la evaluación pretendía ser un informe constante durante el proceso para ir identificando el progreso de los estudiantes y además permitiera dar cuenta del nivel alcanzado durante cada periodo y generar los respectivos informes ante los académicos y la institución. En ambos casos se generaron cambios positivos, siendo los dos tipos de evaluación complementarias ya que mientras la una genera un

informe directo del proceso del estudiante, la otra nos da cuenta del cambio de nivel generado.

## **6.2 Reflexión final**

El enfoque por competencias ha sido implementado tanto en Colombia como en otros países, sin embargo a pesar de que sus estándares dicen al docente qué deben alcanzar sus estudiantes en los diferentes niveles, y las evaluaciones estandarizadas tanto nacionales como internacionales evalúan el nivel alcanzado por ellos, no se ha dispuesto o se ha tenido mucha claridad en apoyar al docente para orientarlo en cómo puede abordar de una forma efectiva el desarrollo de dichas competencias, puesto que este proceso implica un nivel de complejidad muy alto en donde muchos docentes terminan por desistir y recaen en la forma tradicional de enseñar las ciencias.

Por tal motivo el trabajo expuesto en esta investigación buscó aportar a la labor docente y ser una herramienta que facilite el abordaje de las competencias en el aula y que cuyo proceso redunde en mejorar la calidad académica. De esta manera a partir de los lineamientos propuestos y de los respectivos análisis que de ellos se derivaron, se hace una aportación de interés científico que pretende explicar en como una adecuada orientación del docente y puesta a su disposición de herramientas para un fin pueden potenciar su labor, tal como se generó en el docente investigador.

En este sentido, la presente investigación puede aportar en una línea de trabajo dirigida a la formación de docentes, en donde los diferentes lineamientos acá propuestos no se tomen de forma separada sino más bien se trabajen de manera conjunta para que el docente en formación tenga una visión general de cada uno de los aspectos propuestos y como cada uno de ellos puede aportar a mejorar la calidad académica de sus estudiantes.



# REFERENCIAS

## BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, J. (2005). TIMSS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301.

<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3892/3467>

Acevedo-Díaz, J. A. (2006). Ejemplos de preguntas de ciencias del proyecto internacional PISA de la OCDE. *Revista Eureka en Divulgación en Ciencias*, 3(1), 103-100.

Acevedo, J. A. (2007). Las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el estudio PISA 2006. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 394-415.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.

Alarcón, E., Medina, J. y Loyo, C. (2010). *Secretaría de Educación de Veracruz*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de Manual para la Elaboración de reactivos bajo el enfoque por competencias: [https://docentesalbatros.files.wordpress.com/2011/10/manual-para-la-elaboracion-de-reactivos-\\_dgb\\_.pdf](https://docentesalbatros.files.wordpress.com/2011/10/manual-para-la-elaboracion-de-reactivos-_dgb_.pdf)

Alcañiz, V. y Cervera, D. (2014). Evaluaciones externas, mucho más que resultados. Una mirada centrada en PISA. *Avances en supervisión educativa*, 1-23. <https://doi.org/10.23824/ase.v0i21.84>

Álvarez-Herrero, J. F. y Valls-Bautista, C. (2019). Utilización de la contextualización mediante el uso de demostraciones experimentales para mejorar la percepción y la actitud hacia la Química de los futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias*, 37(3), 73-88. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2674>.

- Andrade, R. y Hernández, S. (2010). El enfoque de competencias y el currículum del bachillerato en México. *Revista latinoamericana ciencias sociales niñez y juventud*, 8(1), 481-508. <http://revistaumanizales.cinde.org.co/rllcsnj/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/64/23>
- Anderson, L.W. y Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman Editions.
- Andréu, A. (2002). Las técnicas de Análisis de Contenido, Una revisión actualizada.
- Angell, C., Kjaernsli, M. y Lie S. (2000). Exploring students responses on free-response science items in TIMSS. In *Learning from others*, 159-187. Springer Netherlands.
- Argudin, Y. (2001). Educación basada en competencias. *Revista Magistral. Univerisidad Iberoamericana*, 20.
- Arias-Hernández, C., Leal, L. H. y Organista-Rodríguez, M. L. (2011). La Modelización de la Variación, un análisis del uso de las Gráficas Cartesianas en los Libros de Texto de Biología, Física y Química de Secundaria. *Revista de Ciencias*, 15, 93-128.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*, 1, 1-10.
- Balluerka, N., Vergara, A., y Arnau, J. (2002). *Diseños de Investigación Experimental en Psicología*. Prentice Hall.
- Baquero, B., Schnotz, W. y Reuter, S. (2000). Adolescents' and adults' skills to visually communicate knowledge with graphics. *Infancia y Aprendizaje. Journal for the Study of Education and Development*, 71-87.
- Barbara, D., Carstensen, C. y Prenzel, M. (2011). The Role of Content and Context in PISA Interest Scales: A study of the embedded interest items in the PISA 2006 science assessment. *International Journal of Science Education*, 33(1), 73-95, <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518646>
- Barquín, J., Gallardo, M., Fernández, M., Yus, R., Sepúlveda, M. y Serván, M. (2011). Todos queremos ser Finlandia. Los efectos secundarios de PISA. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la sociedad de la información*, 12(1), 320-339.
- Barrera, F., Maldonado, D., y Rodríguez, C. (2012). Calidad de la educación básica y media en Colombia: diagnóstico y propuestas. *Serie Documentos de Trabajo*, 2, 1-73.

[https://www.urosario.edu.co/urosario\\_files/7b/7b49a017-42b0-46de-b20f-79c8b8fb45e9.pdf](https://www.urosario.edu.co/urosario_files/7b/7b49a017-42b0-46de-b20f-79c8b8fb45e9.pdf)

- Beltrán, J., Maldonado, A. y Silva, W. (2013). La formación del componente pedagógico del docente universitario desde un enfoque sociocrítico. *EL Ágora USB*, 13(1), 367-402.
- Berciano A., Ortega T., y Puerta M. (2015). Aprendizajes de las Interpolaciones gráficas y algebraicas. Análisis comparativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 43-58.
- Blanco, A. y Lupión, T. (2015). *Competencias Científica en las aulas*. Andavira.
- Blanco-López Á. B., España E. y Mora F. R. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 9-18.
- Blanco-Anaya, P. y Díaz, J. (2017). Análisis del nivel de desempeño para la explicación de fenómenos de forma científica en una actividad de modelización. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 505-520.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Cognitive Domain*. Longman.
- Bonnet, G. (2006). Tener presentes las singularidades lingüísticas y culturales en las evaluaciones internacionales de las competencias de los alumnos: ¿una nueva dimensión para PISA? *Revista de Educación, Extraordinario*, 91-109.
- Bos, M., Viteri, A. y Zoido, P. (2019). *PISA 2018 En América Latina. ¿Cómo nos fue en lectura?* Santiago de Chile: Centro de Información para la Mejora de los Aprendizajes (CIMA). <http://dx.doi.org/10.18235/0002039>.
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación química*, 20(2), 126-131.
- Bravo, B. y Jiménez-Aleixandre, M. (2015). ¿Salmones o sardinas? Una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, 19-25.
- Bueno-Blanco, A. (2009). *Problemática contemporánea de la educación basada en competencias*. UNESCO.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Westport. CT 06881: Heinemann.

- Caamaño, A. (2008). *La Evaluación PISA en ciencias en 2006 en España e Iberoamérica*. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, 5-11.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 17(69), 21-34.
- Caamaño, A. (2017). Formas y niveles de representación de las reacciones químicas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 8-16.
- Cardona, M., Quintanal, A., y Larios, J. (2011). *Manual Para la elaboración de reactivos*. Colima: Secretaría de Educación dirección de educación pública Escuela secundaria estatal, (12).
- Carrillo, E., Orjuela, M., Samacá, N., Mora, G., Villegas, M. y Muñoz, C. (2010). *Ciencias, Hipertextos*. Santillana.
- Carswell, C. M., Emery C. y Lonon A. M. (1993). Stimulus Complexity and Information integration in the Spontaneous Interpretations of Line Graphs. *Applied Cognitive Psychology*, 7, 341-357.
- Casas, A. (2013). Colombia en PISA 2012, Informe nacional de resultados. ICFES. <file:///C:/Users/JAVIER/Downloads/Resumen%20ejecutivo%20Resultados%20Colombia%20en%20PISA%202012.pdf>
- Castelblanco, Y. (2008). Resultados PISA 2006. Habilidades en ciencias de los jóvenes colombianos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, 83-91. <http://130.206.160.21/rid=1RKTWRVDL-1YZLDVM-2SG/AL05708%5B1%5D.pdf>
- Cingano, F. (2014). *Trends in Income Inequality and its Impact on Economic Growth; OCDE Social, Employment and Migration Working Papers, No 163*. OCDE Publishing [https://read.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/trends-in-income-inequality-and-its-impact-on-economic-growth\\_5jxrjncwxv6j-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/trends-in-income-inequality-and-its-impact-on-economic-growth_5jxrjncwxv6j-en#page1)
- Cordero, G., y Nassar, Y. (2013). Modelo didáctico para la aplicación del enfoque por competencias en la formación de licenciados en ciencias de la educación. *Revista Digital de Investigación Educativa*, 31-44.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. *In Didáctica de la física y la química*, 57-84.

- Crujeiras, B. y Jiménez-Aleixandre, M. (2015a). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 385-401.
- Crujeiras, B. y Jiménez-Aleixandre, M. (2012). Competencia como aplicación de conocimientos científicos en el laboratorio: ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 18(70), 19-26.
- Crujeiras, B. y Gallástegui, J. (2013). Indagación en el laboratorio de química. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74, 49-56.
- Crujeiras-Pérez, B. (2015). Competencias y prácticas científicas en el laboratorio de química: participación del alumnado de secundaria en la indagación. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 201-202. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1830>.
- Crujeiras-Pérez, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 473-486.
- Crujeiras-Pérez, B. y Jiménez-Aleixandre, M. (2015b). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84.
- Curcio, F. R. (1989). *Developing Graph Comprehension. Elementary and Middle School Activities*. Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas, Inc., 1906 Asociación Drive.
- Custodio, E. y Marquez, C. S. (2015). Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 133-155. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1316>.
- Choi, K., Lee, H., Shin, N. y Kim, S.-W. (2011). Re-Conceptualization of Scientific Literacy in South Korea for the 21st Century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670-697.
- De Pro-Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 21-41.

- De Pro, A. (2012). Hacia la competencia científica. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 5-8.
- Dubois, D. (1998). *Competency-based HR Management*. Black Well Publusing.
- Drechsel, B. C. (2011). The role of content and context in PISA interest scales: A study of the embedded interest items in the PISA 2006 science assessment. *International Journal of Science Education*, 33(1), 73-95.
- Duschl, R. (2007). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Elliott, J. (1920). *El Cambio Educativo desde la Investigación-acción*. Editorial Morata.  
<http://chamilo.cut.edu.mx:8080/chamilo/courses/PLANEACIONYDISENOCURRICULAR/document/Elliot-El-Cambio-Educativo-Desde-La-IA.pdf>.
- España, E., Blanco, A. y Rueda, J. (2012). Identificación de problemas de la vida diaria como contextos para el desarrollo de la competencia científica. En Membiela, P.; Casado, N. y Cebreiros, M.I. (eds.). *Experiencias de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, Ourense: Educación Editora. 169-173.
- Fernández-March, A. (2011). La evaluación orientada al aprendizaje en un modelo de formación por competencias en la educación universitaria. *Revista de Docencia Universitaria*, 8(1), 11-34.
- Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426.
- Fraile-Aranda, A. (1995). La investigación-acción: instrumento de formación para el profesorado de educación física. *Educación Física y Deportes*, 42, 46-52.
- Franco-Mariscal, A. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-252.  
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1645>.
- Franco-Mariscal, A., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2014). El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodenta. Diseño y análisis de tareas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 649-667.  
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1346>.

- Franco-Mariscal, A., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14, 38-53.
- Friel, S. N., Curcio, F. R. y Bright G. W. (2001). Making Sense of Graphs: Critical Factors Influencing Comprehension and Instructional Implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124-158.
- Gallardo, M., Fernández, M. y Sierra, J. (2014). La competencia de ‘conocimiento e interacción con el mundo físico y natural’: Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 160-180.
- Gallardo, M., Fernández, M., Sepúlveda, M., Serván, M., Yus, R. y Barquín, J. (2010). PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el Área de Ciencias. *Relieve. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 16(2), 1-17. <http://www.redalyc.org/pdf/916/91617139006.pdf>
- García, J. J. y Palacios, F. J. (2007). ¿Comprenden los Estudiantes las Gráficas Cartesianas usadas en los Textos de Ciencias? *Investigación Didáctica*, 25(1), 107-132.
- García, P. F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3w: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 207, 1-12.
- García, J., y Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 247-259.
- García-Rodeja, I., Silva-García, E. y Sesto-Viraleja, V. (2020). Competencia de estudiantes de secundaria para aplicar ideas sobre el funcionamiento de los ecosistemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 67-85.
- Gibbens, S. (2018). ¿Cómo afecta la contaminación atmosférica a nuestro cerebro y a otros órganos?. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/09/como-afecta-la-contaminacion-atmosferica-nuestro-cerebro-y-otros-organos>

- Gil D. y Vilches A. (2006). ¿Cómo puede contribuir el Proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)?. *Revista de Educación*, número extraordinario, 295-311. <https://roderic.uv.es/handle/10550/54165>
- Gonczi, A. (1997). *Enfoques de la educación basada en competencias: la experiencia australiana*. Universidad Tecnológica de Sydney.
- González-Rodríguez, L. y Crujeiras-Pérez, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160.
- Gott, R. y Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 791-806.
- Gott, R., Duggan, S., Roberts, R. y Hussain, A. (2008). *Concepts of evidence*. Obtenido de University of Durham. <http://community.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm>
- Gutiérrez, A. (2008). La evaluación de las competencias científicas en PISA: Perfiles en los estudiantes Iberoamericanos. Alambique. [Versión electrónica]. *Revista Alambique* 57.
- Hargreaves, E. (2005). Assessment for learning? Thinking outside the (black) box. *Cambridge Journal of Education*, 35(2), 213-224.
- Harlen, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OCDE para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 209-216.
- Hatzinikita, V., Dimopoulos, K. y Christidou, V. (2008). PISA Test Items and School Textbooks Related to Science: A Textual Comparison. *Wiley InterScience*, <https://doi.org/10.1002/sce.20256>
- Hess, D. (2009). *Controversy in the classroom: The democratic power of discussion*. Routledge.
- Holbrook J. y Rannikmae M. (2009) The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275-288.

- Holbrook, J. y Rannikmae, M. (2007). Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362. <https://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- Indepaz. (02 de 02 de 2021). *Instituto de estudios para el desarrollo y la paz*. Recuperado el 04 de 02 de 2021, de Informe de masacres en Colombia durante el 2020-2021: <http://www.indepaz.org.co/>
- INEE. (2013). *Estímulos PISA de Ciencias liberados. Aplicación como recurso didáctico en la ESO*. Instituto Nacional de Evaluación Educativa.
- Jakobsson, A., Davidsson, E., Karlsson, KG. y Oskarsson, M. (2013). Exploring Epistemological Trends in Students' Understanding of Science from the Perspective or Large-Scale Studies. *ISRN Education*, Article ID 196014, 1-13.
- Jiménez-Aleixandre, M. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez-Aleixandre, M. y Puig, B. (2013). El papel de la argumentación en la clase de ciencias. Llevando a cabo prácticas científicas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 75, 85-90.
- Joglar-Campos, C. (2015). Elaboración de preguntas científicas escolares en clases de biología: aportes a la discusión sobre las competencias de pensamiento científico desde un estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 205-206. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1838>.
- Jola, A. (2011). Determinantes de la calidad de la educación media en Colombia: un análisis de los resultados PISA 2006 y del plan sectorial "Revolución Educativa". *Coyuntura Económica: Investigación económica y social*, XLI(1), 25-61. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/283>
- Junta de Castilla y León - España. (20 de Marzo de 2015). *Taller de ítems Liberados. Ítems digitales*. Obtenido de Taller de ítems Liberados. Ítems digitales: <http://grupos.educa.jcyl.es/aula/archivos/repositorio/0/224/html/PISA/index.html>
- Lasnier, F. (2000). *Réussir la formation par compétences*. Guérin.
- Latorre-Beltran, A. (2003). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa 179*. Editorial Grao.

- Lau, K.-C. (2009). A critical examination of pisa's assessment on scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1061. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9154-2>
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. y Stein M. K. (1990) Graphs and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. *Review of Educational Research*, 60 (1), 1-64.
- Lewin, k. (1946). Action research and minority problems. *Journal of social issues*, 2(4), 34-46.
- López-Lozano, L. y Solís, R. E. (2020). Una investigación sobre la evolución del conocimiento didáctico del profesorado sobre la evaluación en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 87-104. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2755>.
- Martínez-Rizo, F. (2016). Impacto de las pruebas en gran escala en contextos de débil tradición técnica: Experiencia de México y el Grupo Iberoamericano de PISA. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa* , 22(1), 1-12.
- Marzano, R. J. y Kendall, J. S. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks, Corwin Press.
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)
- Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energético. (2014). *Estudio de la cadena del Mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera del oro*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2021, de <https://www.mineducacion.gov.co/portal/>: Disponible en: [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)
- Monereo, C. (2009). *PISA como excusa. Repensar la evaluación para cambiar la enseñanza*. GRAÓ, de IRIF, S.L. Ediciones.
- Mortimer, E.F. y Scott Ph. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. McGraw-Hill Education Editions.

- Muñoz, J. (2013). *Adaptación de un banco de preguntas de Química bajo el criterio de respuesta al ítem que facilite su sistematización y análisis en procesos de verificación de conceptos no aprendidos*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional. <https://www.webcolegios.com/file/246cf8.pdf>
- Muñoz, J. y Charro, E. (2017a). Los ítems PISA, una herramienta para la identificación de las competencias científicas en el aula. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 1(1), 106-122. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5739/573962607006/573962607006.pdf>
- Muñoz, J. y Charro, E. (2017b). Los Ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 317-338. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10498/19220>.
- Muñoz, J. y Charro, E. (2018). La Interpretación de Datos y Pruebas Científicas vistas desde los Ítems liberados de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2101. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i2.2101](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2101)
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.
- Núñez F., Hernández E. B. y Aranda R. C. (2009). Capacidad del Alumnado de Educación Secundaria Obligatoria para la Elaboración e Interpretación de Gráficas. *Investigación Didáctica, Enseñanza de las Ciencias* 27(3), 447-462.
- OCDE. (1999). *Measuring Student Knowledge and Skills*. OCDE Publications Service.
- OECD. (2002). *Muestra de reactivos empleados en la evaluación PISA 2000. Aptitudes para lectura, matemáticas y ciencias*. Santillana S.A.
- OECD. (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework - Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD Publishing.
- OCDE. (2003). *Informe PISA 2003, Aprender para el mundo del mañana*. Santillana Educación S.L. Recuperado de <https://www.OECD.org/pisa/39732493.pdf>.
- OCDE. (2004). *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas (inecse, trad.)*. Ministerio de Educación y

- Ciencia: Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo. (Obra original publicada en 2003).
- OCDE. (2006a) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006*. OCDE Publishing.
- OCDE. (2006b) *PISA 2006. Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. OCDE Publishing.
- OCDE. (2006c). *Education at a Glance 2006*. OCDE Publishing. Recuperado de <https://www.OCDE.org/education/skills-beyond-school/37376068.pdf>.
- OCDE. (2009a). *PISA 2009 Assessment Framework Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. OCDE Publishing.
- OECD. (2009b). *Take the Test. Sample Questions from OCDE's PISA Assessments*. OECD Publishing.
- OCDE. (2015a) *PISA 2015. Draft Science Framework*, OCDE Publishing.
- OECD. (2015b). *PISA 2015 Released Field Trial Cognitives Items*. OCDE Publishing.
- OCDE. (2015c). *In It Together: Why Less Inequality Benefits All*. OCDE Publishing. <https://dx.doi.org/10.1787/9789264235120-en>.
- OECD. (2015d). *PISA 2015. Estudio Piloto. Preguntas liberadas de Ciencias*. OCDE Publishing.
- OCDE. (2016a). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. OCDE Publishing. <http://www.OCDE-ilibrary.org/doc-server/download/9816021e.pdf?expires=1498741879&id=idyaccname=guestycheck-sum=4ACD6DD401C83F67D0D5C1F2BD8D7268>
- OECD. (20 de Mayo de 2016). *OECD. Programme for International Student Assessment (PISA). Based Test for Schools*. Obtenido de OECD. Programme for International Student Assessment (PISA). Based Test for Schools: <http://www.oecd.org/pisa/pisa-basedtestforschools/>
- OCDE. (2017a). *Programme for International Student Assessment*. Obtenido de Programme for International Student Assessment: <http://www.OCDE.org/pisa/data/>

- OCDE. (2017b). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo : Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar*. OCDE Publishig.
- OCDE. (2018). *A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility*. OCDE Publishing. <https://dx.doi.org/10.1787/9789264301085-en>.
- OCDE. (2019a). *PISA 2018 Results (Volumen I): What Students Know and Can Do, PISA*. OCDE Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- OCDE. (2019b). *PISA 2018 Results (Volume II): Where All Students Can Succeed, PISA*. OCDE Publishing. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>.
- OCDE. (2019c). *PISA 2018 Results (Volume III): What School Life Means for Students' Lives, PISA*. OCDE Publishing. <https://doi.org/10.1787/b5fd1b8f-en>
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What ‘‘Ideas-about-Science’’ Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Rresearch in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Osborne, J. (2013). The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265-279.
- Paz-Cardona, A. (04 de 01 de 2021). *Las deudas ambientales de Colombia en 2020: defensores asesinados, mas deforestación y la polémica sobre el glifosato*. Recuperado el 04 de 02 de 2021, de <https://es.mongabay.com/2021/01/balance-deforestacion-asesianto-lideres-colombia-2020/>.
- Perales, F. J. y Vilchez, J. M. (2015). Iniciación de la Investigación educativa con estudiantes de secundaria: el papel de las ilustraciones en los libros de texto de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 243-262.
- Pérez-Vidal, D. y Crujeiras-Pérez, B. (2019). Desempeño del alumnado de Educación Secundaria en la evaluación de una investigación científica en el contexto de la industria láctea. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 5-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2544>.
- Perrenoud, P. (2008). Construir las Competencias, ¿es darle la espalda a los saberes? *Red U. Revista de Docencia Universitaria*, 6(2).

- Postigo, Y. y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje. Journal for the Study of Education and Development*, 89-110.
- Ramírez, E. S. (2011). ¿Cómo integrar la investigación, la innovación y la práctica en la enseñanza de las ciencias? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 68, 80-88.
- Rivas, A. (2015). *América Latina después de PISA: Lecciones aprendidas de la educación en siete países (2000-2015)*. Buenos Aires: Fundación CIPPEC.
- Roegiers, X. (2000). Saberes, Capacidades y Competencias en la escuela: Una búsqueda de sentido. *Innovación Educativa*, 10, 103-119.
- Rubio, R. (2008). Propuestas para mejorar la evaluación de las competencias científicas al finalizar la ESO a partir de la evaluación PISA 2006. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14(57), 64-72.
- Ruiz, J. B., Gil, M. G., Navas, M. F., Ramos, R. Y., Ruiz, M. P. S. y Núñez, M. J. S. (2011). “Todos queremos ser Finlandia”. Los efectos secundarios de PISA. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 12(1), 320-339.
- Sadler, T. D., y Zeidler, D. L. (2009). Scientific Literacy, PISA, and Socioscientific Discourse: Assessment for Progressive Aims of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
- Sales, E., Freire, O., y Greca, I. (2015). La enseñanza de la gravitación universal de Newton orientada por la historia y la filosofía de la ciencia: una propuesta didáctica con un enfoque en la argumentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 205-223.
- Sánchez, J. G., González, F. M., y Sande, P. M. (2019). Reflexiones a partir del informe PISA 2018 en Colombia: por una agenda para la mejora de la calidad. *Cultura Educación y Sociedad*, 10(2), 7-8.
- Sanmartí N., Burgoa B. y Nuño T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 17(67), 62-69.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 27-36.

- Schalk, H. H., Van der Schee, J. A. y Boersma, K. T. (2008). The use of concepts of evidence by students in biology investigations: Development research in preuniversity education. In *The nature of research in biological education: Old and new perspectives on theoretical and methodological issues. A selection of papers presented at the VIIth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, Zeist, 279-296.
- Schleicher, A., y Tamassia, C. (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy. Education and Skills*. OECD Publishing.
- Schleicher, A. (2006). Fundamentos y cuestiones políticas subyacentes al desarrollo de PISA. *Revista de Educación, Extraordinario*, 21-46.
- Sesento G. L. (2018). "La evaluación diagnóstica y su importancia en la docencia universitaria". *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/09/evaluacion-diagnostica-docencia.html/hdl.handle.net/20.500.11763/atlante1809evaluacion-diagnostica-docencia>.
- Silva, C. A. (2014). Clasificación de colegios según las Pruebas SABER 11 del ICFES en el Período 2001-2011: un Análisis Longitudinal a Través del Uso de Modelos Marginales (MM) (No. 012314). Departamento Nacional de Planeación.
- Smith K. C., Nakhkeh M. B. y Bretz S. L. (2010). An expanded framework for analyzing general chemistry exams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 147-153.
- Solar, H., Deulofeu, J. y Azcárate, C. (2015). Competencia de la modelización en interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 191-210.
- Swan M. y Phillips R. (1998). Graph interpretation skill among lower-achieving school leavers. *Research in Education*, 60, 10-20.
- Tamassia, C. y Schleicher, A. (2002). *Sample Tasks from the PISA 2000 Assessment: Reading, Mathematical and Scientific Literacy*. OECD Publishing.
- Tobón, S. (2006). Aspectos básicos de la formación basada en competencias. *Talca: Proyecto Mesesup*, 1, 1-15.

- UNEP. (2012). *21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues*. United Nations Environment Programme (UNEP): Nairobi.
- Volkow, N. (2018). *Las drogas y el cerebro*. Obtenida de National Institute on Drug Abuse. Advancing Addiction Science: <https://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/las-drogas-el-cerebro-y-el-comportamiento-la-ciencia-de-la-adiccion/las-drogas-y-el-cerebro>. Visitada el 02-08-2018.
- Webb, N. (2002). *An Analysis of the Alignment Between Mathematics Standards and Assessments for Three States*. Madison: Wisconsin Center for Education Research.
- Wynne, H. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 209-216.
- Yus, R., Fernández, M., Gallardo, M., Sepúlveda, M. y Serván, M. (2013). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación*, 360, 557-576. <http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/960>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolución del puntaje PISA en Matemáticas, Lectura y Ciencias en érica. ....	14
<b>Figura 2.</b> Estructura de la Evaluación de Alfabetización Científica en el Marco de PISA 2015. ....	25
<b>Figura 3.</b> Estructura de los ítems PISA de Ciencias. ....	45
<b>Figura 4.</b> Niveles de Escala de los Ítems PISA.....	46
<b>Figura 5.</b> Etapas de la Metodología de Investigación-acción propuesta en la presente memoria. ....	53
<b>Figura 6.</b> Esquema del diseño cuasi-experimental en el aula. ....	117
<b>Figura 7.</b> Rendimiento en ciencias de las Sub-competencias en G1 .....	127
<b>Figura 8.</b> Rendimiento en ciencias de las habilidades de la sub-competencia I en G1. ....	129
<b>Figura 9.</b> Rendimiento en Ciencias de las Habilidades de la sub-competencia II en G1. ....	130
<b>Figura 10.</b> Rendimiento en ciencias en cada sistema de la sub-competencia III en G1. ....	131
<b>Figura 11.</b> % de Respuesta según el Formato de la Pregunta. ....	132
<b>Figura 12.</b> Gráfica de comparaciones por parejas de Grado. ....	143
<b>Figura 13.</b> Nivel de Rendimiento en Ciencias del pre-test y pos-test en los 4 grupos .....	146
<b>Figura 14.</b> Rendimiento en Ciencias de las Sub-competencias en G1 en el pre-test y pos-test .....	148



# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dimensiones del Marco de la Evaluación Científica en PISA 2015. ....	24
<b>Tabla 2.</b> Capacidades que Caracterizan cada Proceso Científico propuesto en PISA 2000 ...	27
<b>Tabla 3.</b> Reorganización de los Procesos de PISA 2000 en PISA 2003 .....	28
<b>Tabla 4.</b> Competencias Científicas en PISA 2006 y los Procesos de PISA 2000 Y 2003 .....	29
<b>Tabla 5.</b> Competencias de PISA 2015-2018 y sus respetivos Procesos.....	30
<b>Tabla 6.</b> Reagrupación y Evolución de los Procesos y Competencias en PISA 2000 a 2018	31
<b>Tabla 7.</b> Áreas y contexto en PISA 2006 .....	33
<b>Tabla 8.</b> Conocimientos y áreas en PISA 2000.....	34
<b>Tabla 9.</b> Temas y conceptos de la alfabetización científica en PISA 2000 .....	35
<b>Tabla 10.</b> Sistemas, Temas y Conceptos del Conocimiento de Contenido en PISA 2006 .....	36
<b>Tabla 11.</b> Características entre Conocimiento de la Ciencia y sobre la Ciencia.....	37
<b>Tabla 12.</b> Sistemas y Contenido en PISA 2015 .....	38
<b>Tabla 13.</b> Características del conocimiento procedimental .....	40
<b>Tabla 14.</b> Características del conocimiento epistémico .....	41
<b>Tabla 15.</b> Categorías de Clasificación y Análisis de los Ítems Liberados de PISA.....	58
<b>Tabla 16.</b> Habilidades específicas e ítems de la subcompetencia Evaluar y diseñar la investigación científica. ....	61
<b>Tabla 17.</b> Formas de Abstracción de los datos e ítems de la Subcompetencia Interpretar Datos y Pruebas Científicas. ....	76
<b>Tabla 18.</b> Conocimientos de la Ciencia Relevantes según los Marcos Teóricos Planteados por PISA y Ejemplo de Ítems.....	94
<b>Tabla 19.</b> Dimensiones y procesos abordados desde biología y química. ....	109
<b>Tabla 20.</b> Estructura en cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Sistema Nervioso Humano en Biología.....	110
<b>Tabla 21.</b> Estructura en Cada Saber y Actividades de los Talleres en el tema de Modelos y Propiedades Atómicas en Química. ....	112
<b>Tabla 22.</b> Ítems utilizados en las Sub-competencias (SC), conocimiento (C: contenido, P: procedimental, E: epistémico), habilidades que evalúan, y tipo de pregunta (A: abierta, EM: elección múltiple, MC: múltiple compleja). ....	118
<b>Tabla 23.</b> Resultados del análisis de la Prueba de Chi-cuadrado.....	123
<b>Tabla 24.</b> Medias en rendimiento en ciencias de la muestra estudio. ....	124

<b>Tabla 25.</b> Resultados del análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnova .....	124
<b>Tabla 26.</b> Resultados del análisis de la prueba U de Mann-Whitney .....	125
<b>Tabla 27.</b> Categorías Derivadas del Tipo de Respuesta Abierta Dada .....	133
<b>Tabla 28.</b> Medias Pre-test y Postes de cada grupo .....	142
<b>Tabla 29.</b> Resultados del análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnova .....	142
<b>Tabla 30.</b> Resultados del análisis de la Prueba U de Mann – Whitney.....	143
<b>Tabla 31.</b> Resultados del análisis de la Prueba g de Hedges Intergrupos .....	144
<b>Tabla 32.</b> Resultados del análisis de la Prueba de Wilcoxon.....	146
<b>Tabla 33.</b> Resultados del análisis de la Prueba g de Hedges Intragrupos .....	147

# ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Lista de ítems pisa liberados de ciencias .....	191
<b>Anexo 2.</b> Habilidad específica 1 .....	198
<b>Anexo 3.</b> Habilidad específica 2 .....	200
<b>Anexo 4.</b> Habilidad específica 3 .....	201
<b>Anexo 5.</b> Habilidad específica 4 .....	203
<b>Anexo 6.</b> Habilidad específica 5 .....	204
<b>Anexo 7.</b> Habilidad específica 6 .....	205
<b>Anexo 8.</b> Habilidad específica 7 .....	207
<b>Anexo 9.</b> Habilidad específica 8 .....	209
<b>Anexo 10.</b> Ejemplo de actividad saber – saber .....	210
<b>Anexo 11.</b> Ejemplo de actividad saber – hacer .....	216
<b>Anexo 12.</b> Ejemplo de actividad saber - pensar química .....	222
<b>Anexo 13.</b> Ejemplo de actividad saber - pensar biología .....	226
<b>Anexo 14.</b> Planilla para el seguimiento de las competencias en los estudiantes .....	232



## ANEXO 1. LISTA DE ÍTEMS PISA LIBERADOS DE CIENCIAS

El documento completo donde se puede detallar cada uno los respectivos ítems se encuentra publicada en el blog Revolución Educativa-Química cuyo enlace relaciono a continuación:

<http://revolucioneducativaquimica.blogspot.com/> o en el link directo <https://drive.google.com/file/d/1EyYZx1yfzNOrhB3tmVu-mhzXqdKQICy8/view?usp=sharing>

Sin embargo, a continuación se presenta la relación de cada una de las unidades analizadas: nombre, año de aplicación, fuente primaria y secundaria de donde fueron obtenidas.

Nombre de la unidad	No del ítem	Año de uso	Fuente Primaria en Ingles	Fuente Secundaria en Español
1. <i>¡Detengan a ese germen!</i>	1	2000	Assessment	Marco teórico (OECD, 2004)
	2	2000	Framework (OECD, 1999)	
2. <i>Peter Carneyl</i>	1	2000	Assessment Framework (OECD, 1999)	Marco teórico (OECD, 2004)
	2	2000		
	3	2000		
	4	2000		
3. <i>El diario de Semmelweis</i>	1	2000	(Tamassia & Schleicher, 2002)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
	3	2000		
	4	2000		
4. <i>El ozono</i>	1	2000	(Tamassia & Schleicher, 2002)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
	3	2000		
	4	2000		
5. <i>Los autobuses</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
6. <i>Las moscas</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Inglés</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
<i>7. La biodiversidad</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
<i>8. El cambio climático</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
<i>9. El chocolate</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000	(Wynne, 2002)	
	3	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
<i>10. Los clones de ternero</i>	1	2000	(Schleicher & Tamassia, 2000)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
<i>11. Clonación</i>	1	2000	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
	3	2000		
<i>12. Luz de día</i>	1	2000	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2000		
<i>13. El maíz</i>	1	2003	Estímulos PISA (INEE, 2013)	
	2	2003	Assessment Framework (OECD, 2003)	Marco Teórico (OECD, 2004)
	3	2003	Estímulos PISA (INEE, 2013)	
	4	2003		
	5	2003	Assessment Framework (OECD, 2003)	(OECD, 2004)
	6	2003	Estímulos PISA (INEE, 2013)	
	7	2003	Assessment Framework (OECD, 2003)	(OECD, 2004)
<i>14. Capturar al asesino</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
<i>15. Malaria</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
<i>16. Estudio sobre la leche en la escuela</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Inglés</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
<i>17. Agua potable</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
	5	2006		
<i>18. La caries dental</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006	Estímulos PISA (INEE, 2013)	
	3	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	4	2006		
	5	2006	Estímulos PISA (INEE, 2013)	
<i>19. Trabajar con calor</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
<i>20. El virus de la viruela del ratón</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>21. Comportamiento del espinoso</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>22. Fumar tabaco</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
<i>23. Luz de las estrellas</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
<i>24. Ultrasonido</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Ingles</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
<i>25. Brillo de labios</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>26. Evolución</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>27. El pan</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
<i>28. El tránsito de venus</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>29. ¿Un riesgo para la salud?</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
<i>30. El catalizador</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
<i>31. Cirugía con anestesia</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
<i>32. Energía eólica</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2006)	Marco teórico (OECD, 2006)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
<i>33. Lluvia ácida</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Inglés</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
34. <i>El efecto invernadero</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		
35. <i>Ejercicio físico</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		
36. <i>Cultivos genéticamente modificados</i>	1	2006	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
37. <i>Mary Montagú</i>	1	2006	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		
38. <i>El gran cañón</i>	1	2006	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		
39. <i>Protectores solares</i>	1	2006	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
	3	2006		
	4	2006		
40. <i>Los tejidos</i>	1	2006	Take the Test (OECD, 2009)	Estímulos PISA (INEE, 2013)
	2	2006		
41. <i>Fumar</i>	1	2015	Assessment Framework (OECD, 2016)	
	2	2015		
42. <i>Síndrome de despoblamiento de colmenas*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
	5	2015		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Inglés</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
43. <i>Combustibles fósiles*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
44. <i>Erupciones volcánicas*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
45. <i>Extracción de aguas subterráneas y terremotos*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
46. <i>Central eléctrica azul*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
47. <i>Gafas regulables*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
	5	2015		
48. <i>Correr en días de calor*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
	5	2015		
	6	2015		
	7	2015		

<b>Nombre de la unidad</b>	<b>No del ítem</b>	<b>Año de uso</b>	<b>Fuente Primaria en Ingles</b>	<b>Fuente Secundaria en Español</b>
49. <i>Casa de bajo consumo*</i>	1	2015	Field trial (OECD, 2015)	Prueba piloto (OECD, 2015)
	2	2015		
	3	2015		
	4	2015		
	5	2015		
50. <i>Recipiente refrigerante</i>	1	2006	Assessment Framework (OECD, 2016)	
51. <i>Osmosis</i>	1	2006	Based Test for Schools (OECD, 2016)	
	2	2006		
52. <i>Plaguicidas</i>	1	2006		
53. <i>Perdido en el mar</i>	1	2006		
54. <i>Flotante</i>	1	2006		
55. <i>Refrigeración subterránea</i>	1	2006		

\* Ítems interactivos pueden apreciarse y ejecutarse en la página de Castilla y León (2015) <http://grupos.educa.jcyl.es/aula/archivos/repositorio/0/224/html/PISA/index.html>

## ANEXO 2. HABILIDAD ESPECÍFICA 1

Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico.

### Protectores solares-2

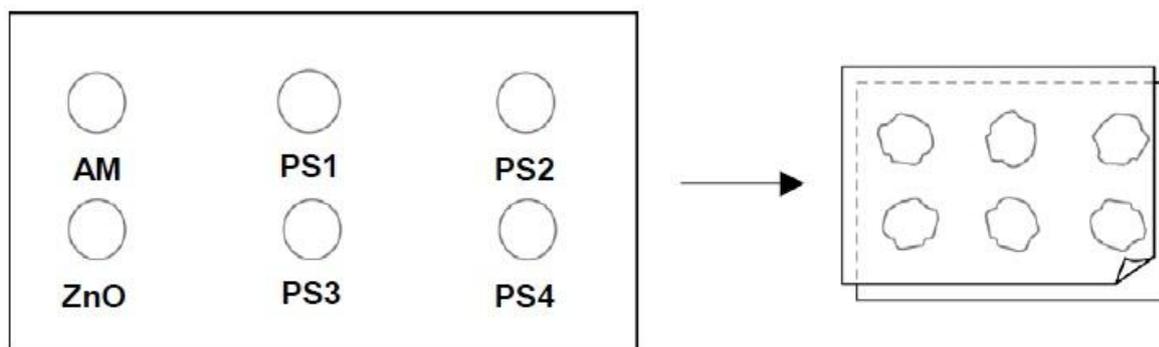
Milagros y Daniel quieren saber qué protector solar les proporciona la mejor protección para la piel. Los protectores solares llevan un factor de protección solar (FPS) que indica hasta qué punto el producto absorbe las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Un protector solar con un FPS alto protege la piel durante más tiempo que un protector solar con un FPS bajo.

A Milagros se le ocurrió una forma de comparar diferentes protectores solares. Daniel y ella reunieron los siguientes materiales:

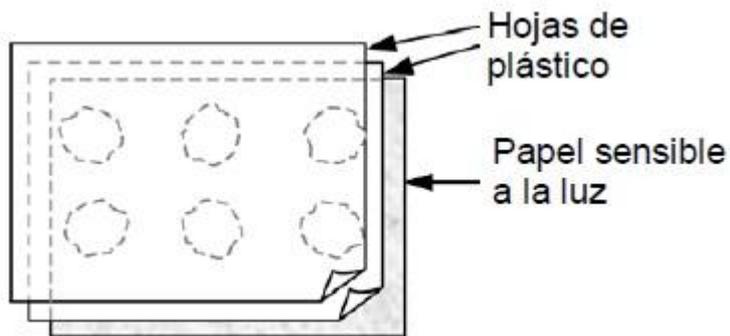
- dos hojas de un plástico transparente que no absorbe la luz solar;
- una hoja de papel sensible a la luz;
- aceite mineral (AM) y una crema con óxido de zinc (ZnO); y
- cuatro protectores solares diferentes, a los que llamaron PS1, PS2, PS3, y PS4.

Milagros y Daniel utilizaron aceite mineral porque deja pasar la mayor parte de la luz solar, y el óxido de zinc porque bloquea casi completamente la luz del sol.

Daniel puso una gota de cada sustancia dentro de unos círculos marcados en una de las láminas de plástico y después colocó la otra lámina encima. Colocó luego sobre las láminas de plástico un libro grande para presionarlas.



A continuación, Milagros puso las láminas de plástico encima de la hoja de papel sensible a la luz. El papel sensible a la luz cambia de gris oscuro a blanco (o gris muy claro), en función del tiempo que esté expuesto a la luz solar. Por último, Daniel puso las hojas en un lugar soleado.



¿Cuál de las siguientes preguntas trataban de responder Milagros y Daniel?

- A. ¿Qué protección proporciona cada protector solar en comparación con los otros?
- B. ¿Cómo protegen la piel de la radiación ultravioleta los protectores solares?
- C. ¿Hay algún protector solar que proteja menos que el aceite mineral?
- D. ¿Hay algún protector solar que proteja más que el óxido de zinc?

## ANEXO 3. HABILIDAD ESPECÍFICA 2

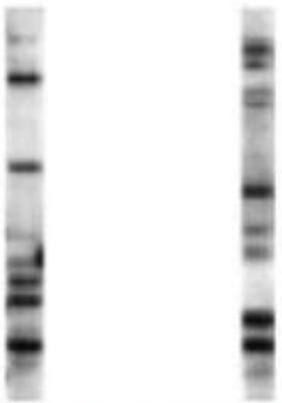
Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.

### Capturar al asesino-2

**EMPLEO DEL ADN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UN ASESINO**

*Smithville, ayer: Un hombre ha fallecido hoy en Smithville después de recibir múltiples puñaladas. Según fuentes policiales, había señales de lucha y parte de la sangre hallada en la escena del crimen no se corresponde con la sangre de la víctima. Sospechan que dicha sangre pertenece al asesino.*

*Para ayudar a capturar al culpable, los miembros de la policía científica han elaborado un perfil de ADN de la muestra de sangre. Tras ser comparado con los perfiles de ADN de los criminales convictos que se almacenan en las bases de datos informatizadas, no se ha hallado ningún perfil que concuerde con el de la muestra*



**Individuo A**      **Individuo B**

Foto de perfiles típicos de ADN pertenecientes a dos individuos. Las barras se corresponden con distintos fragmentos del ADN de cada uno de los individuos. Cada persona posee un patrón de barras diferente. Al igual que sucede con las huellas dactilares, los patrones que siguen las barras permiten identificar a las personas

*La policía ha arrestado a un habitante de la localidad al que se vio discutiendo con la víctima el mismo día horas antes. Ha pedido permiso para recoger una muestra de ADN de los sospechosos.*

*Según el sargento Brown de la policía de Smithville: «Se trata tan solo de extraer una muestra mediante un inofensivo raspado de la cara interna de la mejilla. A partir de esa muestra, los científicos pueden extraer el ADN y conformar un perfil de ADN como los que aparecen en la ilustración».*

*Dejando a un lado los casos de gemelos idénticos, las posibilidades de que dos personas compartan el mismo perfil de ADN son de 1 entre 100 millones.*

¿Cuál de las siguientes preguntas no puede ser respondida mediante pruebas científicas?

- A. ¿Cuál fue la causa médica o fisiológica del fallecimiento de la víctima?
- B. ¿En quién pensaba la víctima cuando murió?
- C. ¿Constituye el raspado de la mejilla una forma segura de recoger muestras de ADN?
- D. ¿Poseen los gemelos idénticos exactamente el mismo perfil de ADN?

## **ANEXO 4. HABILIDAD ESPECÍFICA 3**

Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

### **Síndrome de despoblamiento de colmenas-2**

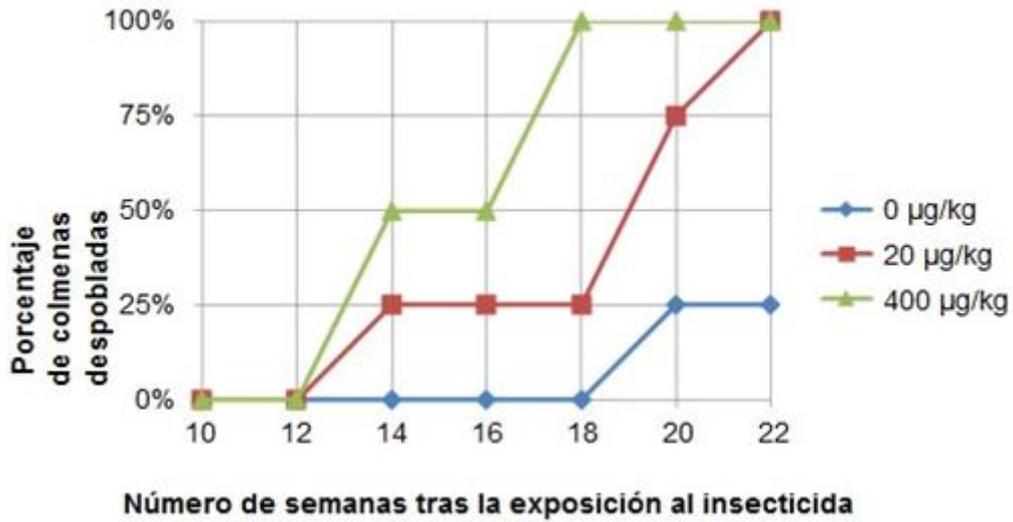
Consulta el artículo «Exposición al imidacloprid» y selecciona una opción para completar la frase.

#### **Exposición al imidacloprid**

Los científicos creen que el síndrome de despoblamiento de las colmenas está causado por diversos factores. Una posible causa es el insecticida imidacloprid, que puede ocasionar que las abejas pierdan el sentido de la orientación cuando están fuera de la colmena.

Los expertos han hecho pruebas para comprobar si la exposición al imidacloprid provoca el despoblamiento de las colmenas. En algunas colmenas se añadió este insecticida al alimento de las abejas durante tres semanas. Se expuso a diversas colmenas a diferentes concentraciones de insecticida, medidas en microgramos de insecticida por kilogramo de alimento ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Otras colmenas no fueron expuestas a ningún insecticida.

Ninguna colmena se despobló inmediatamente tras la exposición al insecticida. Sin embargo, al llegar a la semana 14 algunas de las colmenas ya habían sido abandonadas. El gráfico siguiente recoge los resultados observados.



Describe el experimento realizado por los expertos completando la siguiente frase.

Los investigadores comprobaron el efecto 1 en 2.

Frases:

1	2
del despoblamiento de colmenas de abejas	el despoblamiento de colmenas de abejas
de la concentración de imidacloprid en alimentos	la concentración de imidacloprid en alimentos
de la inmunidad de la abejas al imidacloprid	la inmunidad de la abejas al imidacloprid

## ANEXO 5. HABILIDAD ESPECÍFICA 4

Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.

### El virus de la viruela del Ratón-3

Hay muchos tipos de virus de la viruela que provocan esta enfermedad en los animales. Por regla general, cada tipo de virus sólo infecta a una especie animal. Una revista ha publicado que un científico ha utilizado la ingeniería genética para modificar el ADN del virus de la viruela del ratón. El virus modificado mata a todos los ratones que infecta.

El científico explica que es necesario investigar modificando los virus para controlar a los animales que dañan los alimentos. Los que se oponen a este tipo de investigación dicen que los virus podrían escapar del laboratorio e infectar a otros animales. También les preocupa que un virus de la viruela modificado para una especie pudiera infectar a otras especies, en particular a la humana. Hay un virus de la viruela en particular que infecta a los humanos.

El virus de la viruela humano mata a la mayoría de las personas a las que infecta. Aunque se piensa que esta enfermedad ha sido eliminada de la población, muestras de este virus de la viruela humano se guardan en diferentes laboratorios del mundo.

Una empresa trata de desarrollar un virus que vuelva a los ratones estériles. Un virus como este serviría para controlar el número de ratones.

Supón que la empresa tiene éxito. ¿Se debería investigar la respuesta a las siguientes preguntas antes de poner el virus en circulación? Marca con un círculo la respuesta, Sí o No, en cada caso.

<b>¿Debería contestarse esta pregunta antes de poner el virus en circulación?</b>	<b>¿Sí o No?</b>
¿Cuál es el mejor método para propagar el virus?	Sí / No
¿Cuánto tardará el ratón en desarrollar inmunidad al virus?	Sí / No
¿Qué otro tipo de enfermedades infectan al ratón?	Sí / No
¿Podría el virus afectar a otras especies de animales?	Sí / No

## ANEXO 6. HABILIDAD ESPECÍFICA 5

Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.

### Fumar tabaco-3

El tabaco se fuma en forma de cigarrillos, puros o en pipa. Ciertas investigaciones científicas han demostrado que las enfermedades relacionadas con el tabaco matan cada día a unas 13.500 personas en el mundo. Se predice que, para 2020, las enfermedades relacionadas con el tabaco originarán el 12 % del total de muertes. El humo del tabaco contiene sustancias nocivas. Las sustancias más perjudiciales son el alquitrán, la nicotina y el monóxido de carbono.

Algunas personas usan parches de nicotina para dejar de fumar. Los parches se pegan a la piel y liberan nicotina a la sangre. Esto ayuda a reducir la ansiedad y eliminar los síntomas de abstinencia cuando la gente deja de fumar.

Para estudiar la efectividad de los parches de nicotina, se escoge al azar a un grupo de 100 fumadores que quieren dejar de fumar. Este grupo será sometido a estudio durante seis meses. La efectividad de los parches de nicotina se determinará contando el número de personas que no han conseguido dejar de fumar al final del estudio.

Entre los siguientes, ¿cuál es el mejor diseño experimental?

- A. Poner parches a todas las personas del grupo.
- B. Poner parches a todo el grupo excepto a una persona que tratará de dejar de fumar sin parches.
- C. Cada persona elige si quiere llevar parche o no para dejar de fumar.
- D. Se escoge al azar a una mitad del grupo que llevará parches, y la otra mitad no los llevará.

## ANEXO 7. HABILIDAD ESPECÍFICA 6

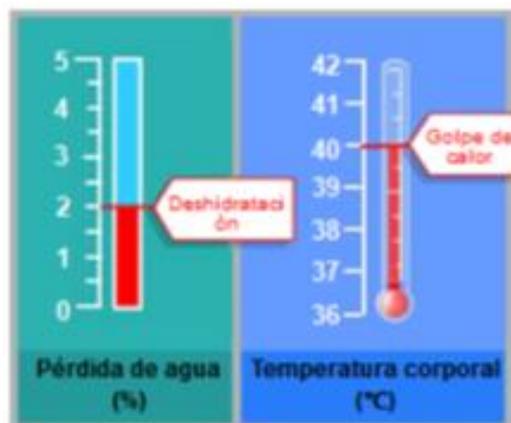
Proponer y evaluar científicamente una forma de explorar una pregunta e identificar o reconocer las variables que se deben o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

### Correr en días de calor-3

Esta unidad presenta un experimento científico relacionado con la termorregulación, mediante una simulación que permite a los alumnos cambiar los niveles de temperatura y humedad del aire en los corredores de larga distancia, así como los posibles cambios si beben agua o no. Después de correr, se muestra el volumen de sudor, la pérdida de agua y la temperatura corporal. También se señala cuando hay riesgos para la salud, en condiciones de posible deshidratación o golpe de calor. (Simulador disponible en <http://estaticos.educalab.es/inee/pisa/ciencias/cs623/>)

Al correr largas distancias la temperatura corporal aumenta y se suda.

Si los corredores no beben lo suficiente para reponer el agua que perdieron a través del sudor, pueden experimentar deshidratación. Una pérdida de agua de un 2% o más de la masa corporal se considera estado de deshidratación. Este porcentaje está señalado en el medidor de pérdida de agua que se ve a continuación.



Si la temperatura corporal aumenta hasta los 40°C o más, los corredores pueden sufrir un trastorno llamado golpe de calor que puede causar la muerte. Esta temperatura está señalada en el termómetro de temperatura corporal que se muestra a continuación.

Realizar la simulación para obtener datos basándose en la siguiente información. Haz clic en una opción, selecciona datos de la tabla y escribe una explicación para responder a la pregunta.

Temperatura del aire (°C)	Humedad del aire (%)	¿Bebe agua?	Volumen de sudor (litros)	Pérdida de agua (%)	Temperatura corporal (°C)

Si la humedad del aire es del 60%, ¿Cómo reacciona el volumen de sudor tras correr durante una hora con el aumento de la temperatura del aire?

- A. El volumen de sudor aumenta.
- B. El volumen de sudor disminuye.

★ Seleccionar dos filas De datos en la tabla que corroboren tu respuesta.

## ANEXO 8. HABILIDAD ESPECÍFICA 7

Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica.

### El maíz-1

Lee el siguiente artículo de periódico

#### UN HOLANDÉS USA EL MAÍZ COMO COMBUSTIBLE

En la estufa de Auke Ferwerda arden suavemente unos cuantos troncos con pequeñas llamas. Ferwerda coge un puñado de maíz de una bolsa de papel próxima a la estufa y lo arroja a las llamas. Inmediatamente el fuego se aviva con fuerza. “Mira esto,” dice Ferwerda, “la ventana de la estufa está limpia y transparente. La combustión es completa.” Ferwerda habla sobre la utilización del maíz como combustible y como pienso para el ganado. En su opinión, esta doble utilización es el futuro.

<p>Ferwerda señala que el maíz que se utiliza como pienso para el ganado es, en realidad, un tipo de combustible: las vacas comen maíz para conseguir energía. Pero, según explica Ferwerda, la venta del maíz como combustible en lugar de como pienso podría ser mucho más rentable para los granjeros.</p> <p>Ferwerda está convencido de que, a largo plazo, el maíz se utilizará como combustible de forma generalizada. Ferwerda imagina como sería cosechar, almacenar, secar y embalar el grano en sacos para su venta posterior.</p>	<p>dióxido de carbono. Se considera que el dióxido de carbono es la causa principal del aumento del efecto invernadero. Se dice que el aumento del efecto invernadero es la causa del aumento de la temperatura media de la atmósfera terrestre.</p> <p>Sin embargo, desde el punto de vista de Ferwerda no existe ningún problema con el dióxido de carbono. Al contrario, él argumenta que las plantas lo absorben y lo convierten en oxígeno para los seres humanos.</p> <p>Sin embargo, los planes de Ferwerda pueden entrar en conflicto con los del</p>
---	---

<p>Actualmente, Ferwerda investiga si podría utilizarse como combustible la totalidad de la planta de maíz, pero esta investigación aún no ha concluido.</p> <p>Lo que Ferwerda también debe tener en cuenta es toda la atención que se está dedicando al</p>	<p>gobierno, que actualmente está tratando de reducir la emisión de dióxido de carbono.</p> <p>Ferwerda afirma: “Hay muchos científicos que dicen que el dióxido de carbono no es la causa principal del efecto invernadero.”</p>
---	---

En ciencia se distingue entre lo que son las observaciones y las conclusiones.

La tabla siguiente presenta dos afirmaciones de Ferwerda relacionadas con su estufa.

Lee estas afirmaciones y marca con un círculo, para cada una de ellas, si es una Observación o una Conclusión.

<b>Afirmación</b>	<b>¿Observación o Conclusión?</b>
La ventana de la estufa está limpia y transparente.	Observación / Conclusión
La combustión es completa.	Observación / Conclusión

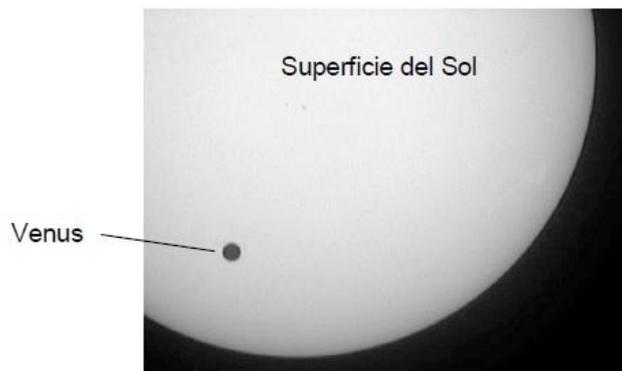
## ANEXO 9. HABILIDAD ESPECÍFICA 8

Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.

### El tránsito de venus-3

El 8 de junio del 2004 fue posible ver, desde numerosos lugares de la Tierra, el paso del planeta Venus por delante del Sol. A esto se le llama el “tránsito” de Venus, y sucede cuando la órbita de Venus sitúa a este planeta entre el Sol y la Tierra. El tránsito anterior de Venus sucedió en 1882, y el próximo está previsto para 2012.

Aquí vemos una foto del tránsito de Venus de 2004. Se enfocó el telescopio hacia el Sol, y se proyectó la imagen en una hoja blanca de papel.



En la frase siguiente, se han subrayado varias palabras.

Los astrónomos predicen que se producirá un tránsito de Saturno delante del Sol, que se verá desde Neptuno en algún momento de este siglo.

Entre las palabras subrayadas, ¿cuáles serían las tres más útiles para buscar en Internet o en una biblioteca el momento en el que se va a producir este tránsito?

Respuesta:

---

## **ANEXO 10. EJEMPLO DE ACTIVIDAD SABER – SABER**

**Taller BIOLOGIA - Grado Octavo Profesor: \_\_\_\_\_ Periodo 1**

**Tema: Sistema nervioso humano. Neuronas y sinapsis**

Instrucciones: Teniendo en cuenta la lectura dada, responda las siguientes preguntas.

### TALLER

1. Identifique los tipos de neuronas funcionales y mencione cuál es su función.
2. Explique qué es el impulso nervioso. De un ejemplo en su cuerpo.
3. Realice un cuadro comparativo entre los canales iónicos y la bomba de sodio- potasio, identificando las características principales de cada uno.
4. Identifique ¿cuál es la diferencia entre el potencial en reposo y el potencial en acción? ¿Qué pasa con los iones de sodio potasio en cada caso?
5. Explique ¿cuál es la importancia de la mielina en el impulso nervioso? ¿Qué tiene que ver su grosor?
6. Describa ¿cómo se transmite el potencial de acción?
7. Explique ¿en qué consiste la propagación saltatoria y como afecta la conducción del impulso?
8. Describa ¿qué es la sinapsis y como se genera?
9. Identifique las formas de sinapsis y mencione por qué se caracterizan.
10. Realice un cuadro comparativo entre sinapsis eléctrica y química enlistando 3 o más características.

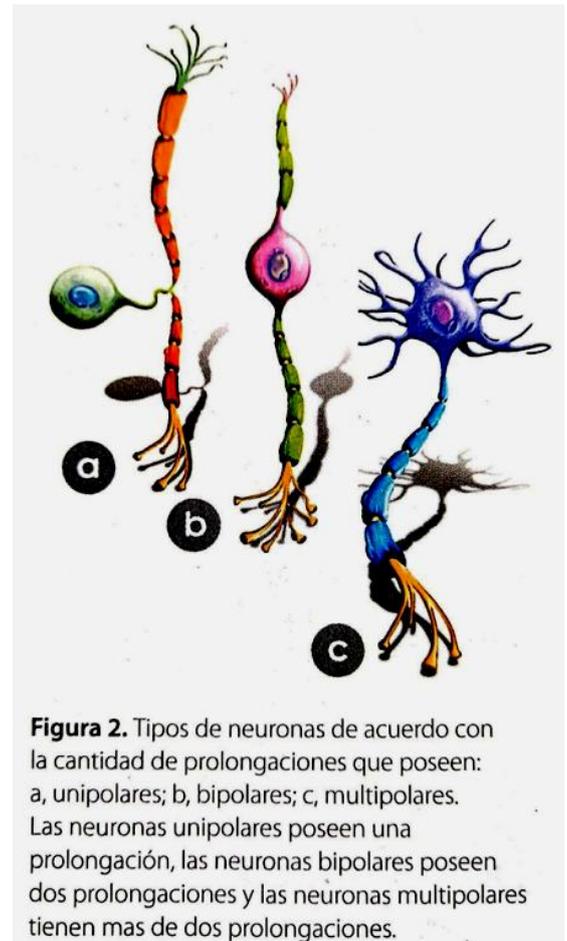
#### **1.1.2 Tipos de neuronas**

Desde el punto de vista funcional, las neuronas pueden ser aferentes, eferentes o interneuronas: Las neuronas aferentes o sensoriales conducen La información desde la periferia hasta el sistema nervioso central (SNC). Las neuronas eferentes o motoras llevan la información desde el SNC al órgano efecto; sea este músculo o glándula, Las interneuronas son las que comunican una neurona con otra. Están ubicadas en el sistema nervioso central. Las neuronas también se pueden clasificar de acuerdo con la cantidad de prolongaciones que poseen. La figura 2 explica esta clasificación.

### 1.1.3 Transmisión del impulso nervioso

El impulso nervioso es el conjunto de reacciones eléctricas y químicas que permiten la transmisión de información entre neuronas. Esta capacidad de las neuronas se debe a dos mecanismos: los canales iónicos y la bomba sodio-potasio.

Los canales iónicos son canales o poros presentes en las membranas que permiten el paso de iones, que son partículas cargadas eléctricamente, tanto positivas como negativas. Los iones más importantes que se transportan a través de las membranas de las neuronas son el potasio ( $K^+$ ), el cloro ( $Cl^-$ ) y el sodio ( $Na^+$ ) y existen canales específicos para cada ion. Estos canales se abren y se cierran en respuesta a estímulos eléctricos o químicos, de manera que solamente se produce el flujo del ion correspondiente.



La bomba sodio-potasio es un mecanismo que garantiza el flujo permanente de iones sodio y potasio entre la membrana de la neurona y el medio extracelular manteniendo el equilibrio en la concentración de iones dentro y fuera de la célula.

### Potencial en reposo

Cuando la neurona está en reposo, el líquido que la rodea tiene una concentración baja de iones potasio ( $K^+$ ) y alta de iones sodio ( $Na^+$ ) y cloro ( $Cl^-$ ). Dentro de las neuronas hay muchos iones de potasio y pocos de sodio y los canales para el sodio se encuentran cerrados.

### Potencial de acción

Cuando un estímulo es aplicado a la neurona, y este supera el límite bajo el cual se excita, se producen potenciales locales de membrana que la despolarizan, es decir, generan cambios en su carga eléctrica.

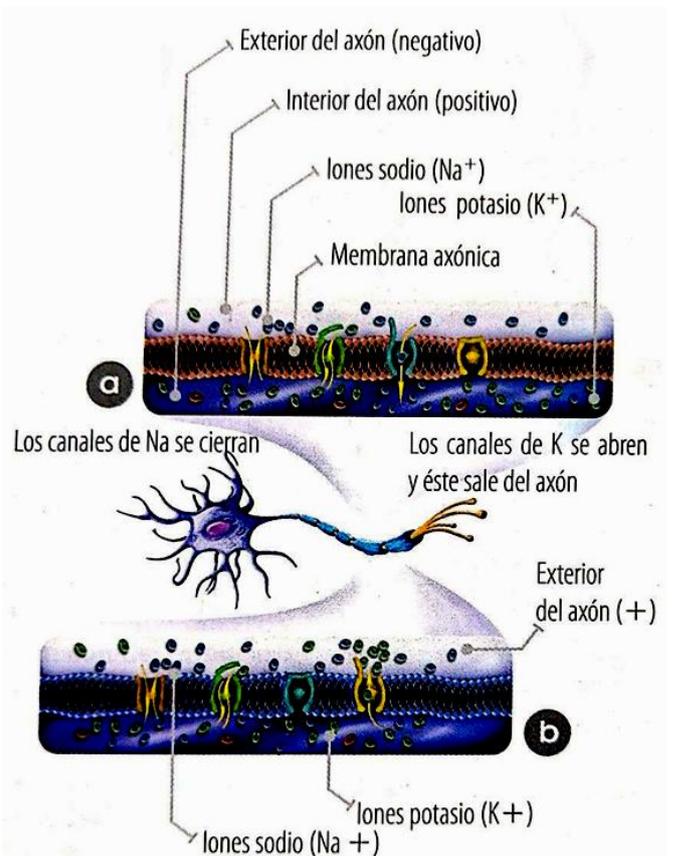
La despolarización hace que se abran los canales de  $\text{Na}^+$ . Luego, se cierran los canales de  $\text{Na}^+$  y se abren los canales de  $\text{K}^+$ , permitiendo su salida hacia el exterior de la célula.

Ahora la bomba sodio-potasio saca los iones de sodio nuevamente del citoplasma y, a la vez, reincorpora los de potasio restableciendo las concentraciones a condiciones de reposo. Una vez se ha generado un potencial de acción, se requiere de un tiempo de espera o tiempo refractario entre 10 y 15 milisegundos para responder nuevamente a una despolarización (Figura 3).

#### 1.1.4 Potencial de acción

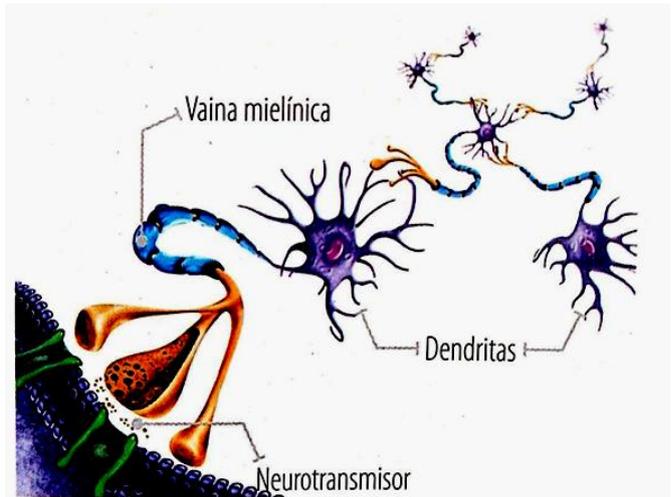
Las fibras nerviosas o axones por las que se propaga el potencial de acción pueden ser mielínicas y amielínicas (sin mielina), dependiendo de la cantidad y grosor de la capa de mielina producida por la célula de Schwann o el oligodendrocito que rodea el axón. Esta capa de mielina favorece la conducción nerviosa para que sea lenta o rápida, de modo que, a mayor grosor y cantidad de mielina, mayor es la velocidad a la que se conduce el impulso nervioso.

El potencial de acción se origina en el cono axónico y se propaga a lo largo del axón de manera continua o saltatoria (a saltos), En la propagación continua, el impulso es transmitido como una onda continua de despolarización de las membranas contiguas. Es propio en fibras amielínicas.



**Figura 3.** Cuando la neurona recibe un estímulo eléctrico suficientemente fuerte (a), los canales de sodio se abren y despolarizan la membrana celular. Entonces se produce el impulso nervioso. Cuando pasa el impulso (b), los canales de sodio se cierran y los de potasio permanecen abiertos. La bomba sodio potasio libera los iones de sodio del citoplasma para restablecer las concentraciones iniciales manteniendo el equilibrio.

La propagación saltatoria propia de fibras miélicas, ocurre por la existencia de los nódulos de Ranvier que son interrupciones a manera de anillos en las capas de mielina que rodean al axón de forma regular. Al transmitirse el impulso, el potencial de acción salta de nódulo a nódulo y, por tanto, la conducción es más rápida (figura 4).



**Figura 4.** La velocidad a la que se conduce el impulso depende del diámetro de la fibra, del espesor de la vaina mielínica y de factores externos como la temperatura o la presencia de fármacos. Se estima que la velocidad a que se conduce el impulso nervioso es de 27,25 metros por segundo.

### 1.1.5 Sinopsis entre neuronas

La sinapsis es el lugar donde ocurre la unión entre dos neuronas en la cual la actividad eléctrica o el mensaje químico pasa de una a otra. La neurona que conduce el impulso se denomina neurona presináptica y la que recibe el impulso se llama neurona postsináptica.

Durante la unión sináptica el estímulo fluye desde la terminal sináptica de la neurona presináptica, hasta la estructura postsináptica ubicada en la neurona postsináptica. Este impulso nervioso atraviesa un espacio denominado hendidura sináptica que distancia estas dos estructuras y puede propagarse en cualquier dirección por la superficie de la neurona, usualmente a través del axón.

Las formas de sinapsis según las estructuras que se unen pueden ser (figura 5):

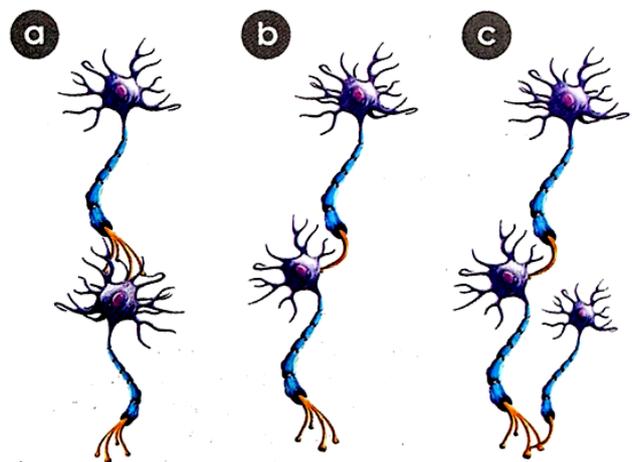
Axosomática: sinapsis entre un axón y un soma.

Axodendrítica: sinapsis entre un axón y una dendrita.

Dendrodendrítica: sinapsis entre dos dendritas.

Somatosomática: sinapsis entre dos somas.

Dendrosomática: sinapsis entre un soma y una dendrita.



**Figura 5.** Formas de sinapsis según las estructuras que se unen: a) axodendrítica, cuando se une un axón con una dendrita; b) axosomática, cuando se une el axón con el soma o cuerpo celular de la otra neurona y c) axoaxónica cuando se unen dos axones.

Axoaxónica: sinapsis entre dos axones.

Si la sinapsis se establece entre la neurona y un órgano efector se llama unión neuromuscular (figura 6), si se establece entre una neurona y una glándula se denomina unión neuroglandular.

### 1.1.6 Tipo de sinapsis

La unión sináptica puede ser de dos tipos: eléctrica o química.

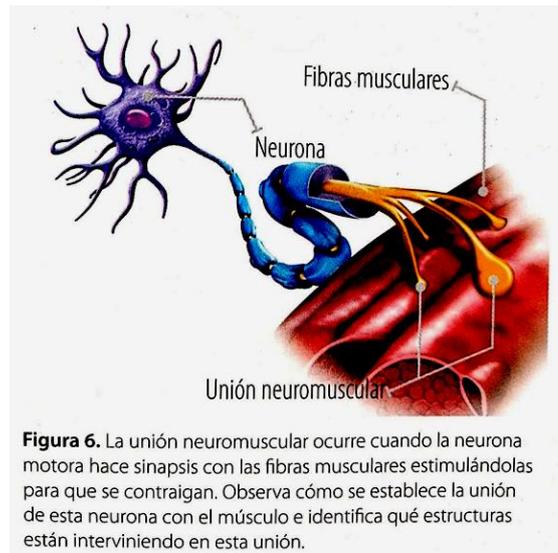
**Sinapsis eléctrica:** es aquella en la que existe una

unión eléctrica denominada gap, que hace fluir la corriente de una célula a otra, causando una fluctuación en los potenciales de membrana de las dos neuronas interconectadas.

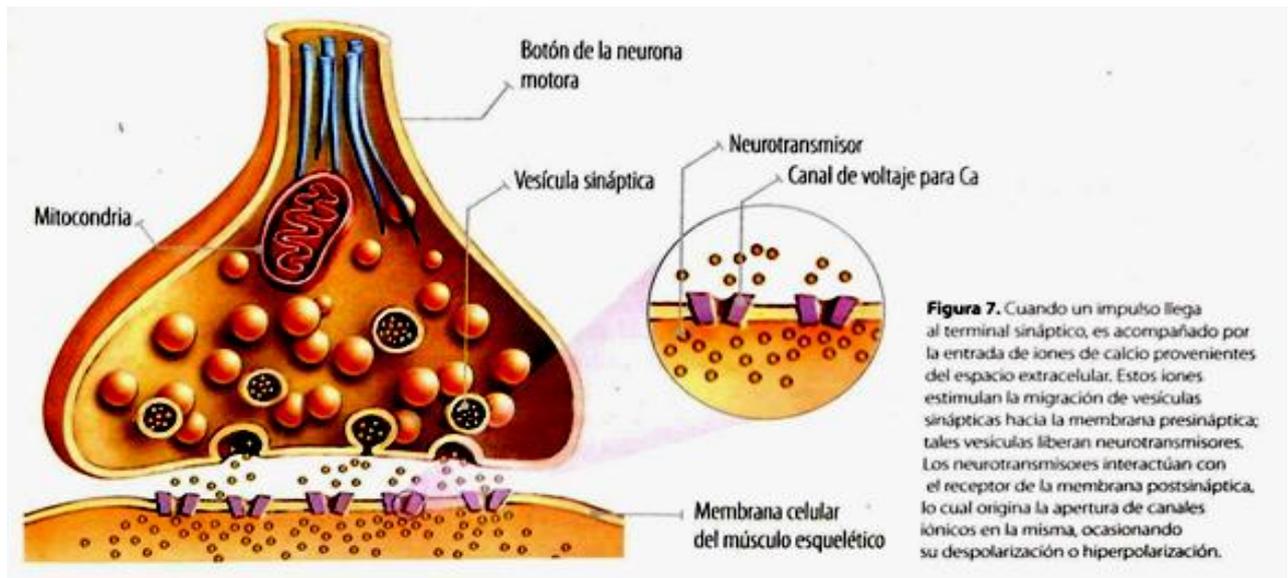
**Sinapsis química:** es la sinapsis en la que la membrana de la neurona presináptica libera sustancias químicas llamadas neurotransmisores, que son sintetizados por las neuronas y su efecto provoca cambios en el potencial de acción. Los neurotransmisores son liberados hacia la hendidura sináptica y allí son capturados por la membrana de la neurona postsináptica, a través de receptores específicos para cada neurotransmisor. Cuando el neurotransmisor queda atrapado, se generan cambios en el potencial de la membrana que excitan (despolarización) o inhiben (hiperpolarización) su despolarización (figura 7).

Normalmente los neurotransmisores permanecen unidos a sus receptores por periodos de tiempo específicos, de modo que cuando su efecto ha ejercido una respuesta, estos son recaptados por las neuronas presinápticas, inhibiéndose la transmisión del impulso.

Las drogas y los fármacos pueden hacer que un neurotransmisor determinado no sea recaptado por la neurona presináptica y entonces, la transmisión del impulso se da por un tiempo más prolongada que el normal, haciendo que los efectos del neurotransmisor sean más intensos. El alcohol, por ejemplo, actúa sobre los neurotransmisores que inhiben el sistema nervioso y por eso, bajo sus efectos, nuestras reacciones son más lentas e imprecisas.



**Figura 6.** La unión neuromuscular ocurre cuando la neurona motora hace sinapsis con las fibras musculares estimulándolas para que se contraigan. Observa cómo se establece la unión de esta neurona con el músculo e identifica qué estructuras están interviniendo en esta unión.



## Bibliografía

Carrillo E., Orjuela M., Samacá N., Mora G., Villegas M., Muñoz C. (2010) *Ciencias Hipertextos*. Bogotá Santillana.

## **ANEXO 11. EJEMPLO DE ACTIVIDAD SABER – HACER**

**Taller BIOLOGIA - Grado Octavo - Profesor: \_\_\_\_\_ Periodo 1**

**Tema: Las drogas y el cerebro**

Instrucciones: Teniendo en cuenta la lectura dada, responda las siguientes preguntas.

Pregunta orientadora: ¿Cómo afecta el consumo de drogas nuestro cerebro?

### **TALLER**

1. Lee la lectura 1 y 2 y propón un título que represente dicha información.
2. Explica ¿qué intentan responder los científicos con los nuevos diseños experimentales?
3. De las siguientes preguntas marca con un SÍ o un NO aquellas que se puedan resolver con una investigación científica.
  - a. ¿La acumulación de la drogas en el sistema nervioso pueden generar un trastorno cerebral? (SÍ / NO)
  - b. ¿El costo de la drogas es muy alto para el consumidor? (SÍ / NO)
  - c. ¿El consumidor de drogas debe ser retenido por las autoridades? (SÍ / NO)
  - d. ¿Qué factores fisiológicos hacen que una persona esté predispuesta a consumir drogas? (SÍ / NO)
4. Con la ayuda de un dibujo describe cómo se da el proceso de comunicación de las neuronas.
5. Lea la lectura 3 y proponga una pregunta a la cual está respondiendo dicha información.
6. Si todas las drogas afectan regiones del cerebro lo cual desencadena una corriente de neurotransmisores químicamente difíciles de controlar, ¿cree usted que sería adecuado generar un trastorno en su cerebro conociendo los efectos negativos de su consumo?
7. Explique ¿cuál es el efecto de las drogas en su cerebro y que región afecta y por qué se genera malestar después de no consumir drogas?
8. ¿Por qué la mayoría de los adolescentes caen en el problema del consumo de drogas y los adultos no? ¿Hay diferencias en sus cerebros?
9. El enrojecimiento de los ojos y la falta de coordinación al hablar son, entre otros, los síntomas para distinguir una persona drogada. ¿Qué parte del cerebro afecta y por qué no se puede ocultar?

10. Partiendo de la información de la tabla realice una gráfica de barras en donde se represente la sustancia consumida en el eje x (Variable independiente) y la cantidad de casos de urgencias por consumo de drogas en el eje Y (Variable dependiente).

Saque dos conclusiones con respecto a la droga más consumida y con respecto a la diferencia entre géneros.

**Tabla 2.** Casos de urgencias por consumo de drogas. Distribución por sustancia consumida y género del consumidor 1995 - 1999. Colombia

Sustancia	Hombres	Mujeres	Total	Porcentaje
Alcohol	656	232	888	71.7%
Marihuana	98	24	122	9.8%
Bazuco	46	9	55	4.4%
Inhalables	34	11	45	3.6%
Cocaína	23	11	34	2.7%
Otras	51	44	95	7.8%
<b>Total</b>	<b>908</b>	<b>331</b>	<b>1239</b>	<b>100%</b>

Fuente: adaptado de RUMBOS (6)

**Lectura 1:** \_\_\_\_\_

Las drogas pueden alterar la manera de pensar, sentir y comportarse de las personas debido a que afectan la neurotransmisión, que es el proceso que usan las neuronas en el cerebro para comunicarse entre ellas. Muchos estudios científicos realizados por décadas han establecido que la dependencia y la adicción a las drogas son características de un trastorno cerebral orgánico causado por el efecto acumulativo de las drogas sobre la neurotransmisión. Los científicos se basan en esta comprensión esencial para seguir diseñando experimentos dirigidos a aclarar aún más los factores fisiológicos que hacen que una persona esté predispuesta a consumir drogas, así como la magnitud total y la evolución del trastorno. Los hallazgos ofrecen importantes indicios que conducen al desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos de modificación de la conducta.

**Lectura 2:** \_\_\_\_\_

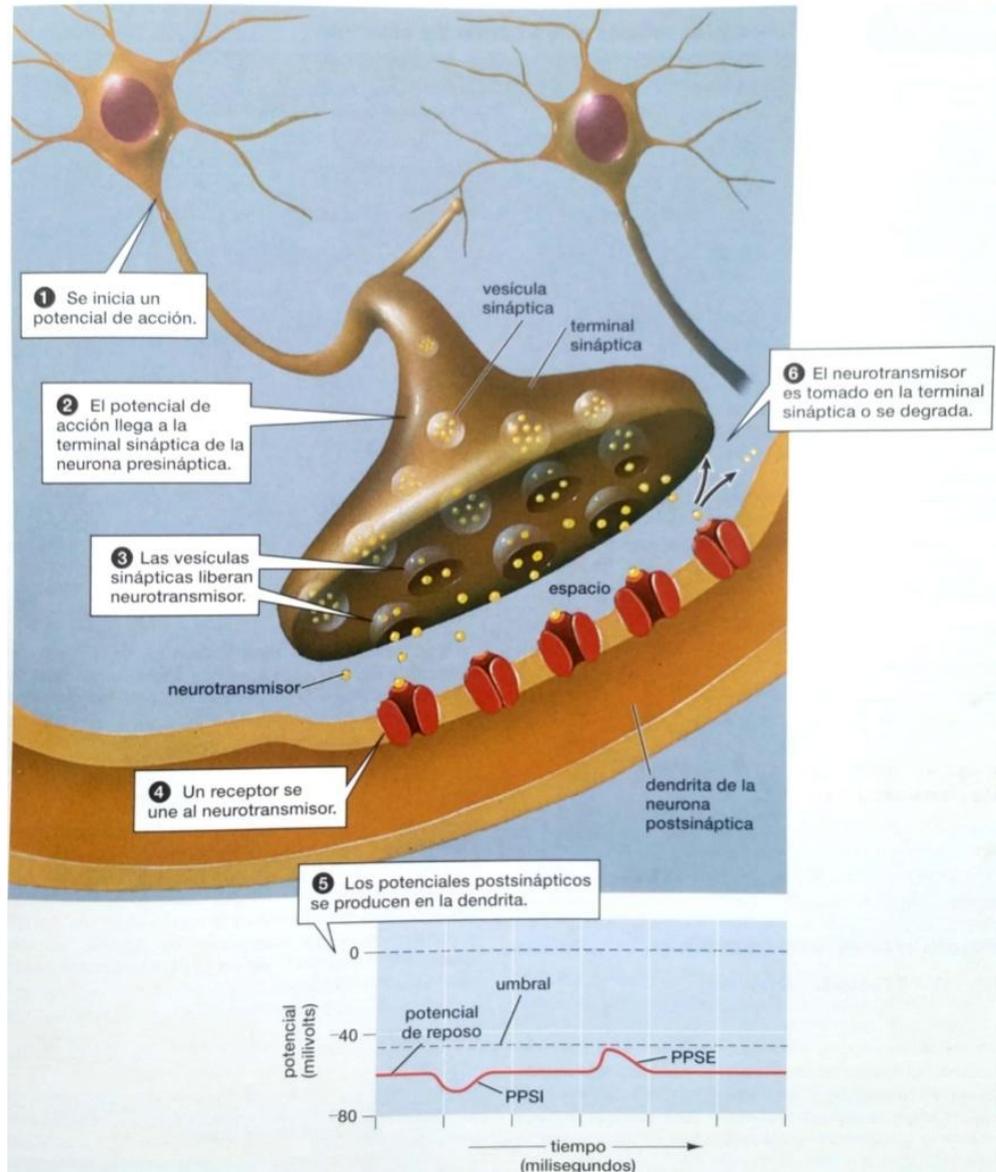
Una persona lee. Las palabras escritas llegan al cerebro a través de los ojos y se convierten en información que se transmite de una neurona a otra hasta llegar a las regiones que procesan la información visual y fijan el significado y el recuerdo. Dentro de las neuronas, la información adopta la forma de una señal eléctrica. Al cruzar el pequeño espacio llamado sinapsis que separa una neurona de otra, la información adopta la forma de una señal química. Las moléculas especializadas que transportan las señales a través de las sinapsis se llaman neurotransmisores.

Este proceso de entrada y salida de los neurotransmisores en las sinapsis se conoce como neurotransmisión y es una característica fundamental de la respuesta del cerebro a las experiencias y al entorno. Para captar la idea básica de lo que es la neurotransmisión, pensemos en una computadora. Una computadora se compone de unas unidades básicas, los semiconductores, que están organizadas en circuitos. La computadora procesa la información transmitiendo una corriente eléctrica de una unidad a otra; la cantidad de corriente y su trayectoria a través de los circuitos determinan el resultado final. Las unidades básicas correspondientes en el cerebro son las neuronas (tenemos 86 mil millones de ellas). El cerebro transmite la información de neurona a neurona por medio de impulsos eléctricos y neurotransmisores. La cantidad de estas señales y su trayectoria en el cerebro determinan lo que percibimos, pensamos, sentimos y hacemos.

Por supuesto, el cerebro, que es un órgano vivo, es mucho más complejo y capaz que cualquier máquina. Las neuronas responden con mayor versatilidad a más tipos de estímulos que cualquier semiconductor. Además, pueden cambiar, ampliar y reconfigurar sus propios circuitos. La función de la neurotransmisión es transportar una señal desde una neurona emisora hasta una neurona receptora a través de un espacio abierto conocido como sinapsis o espacio sináptico. Todas las neuronas cumplen con esta tarea aproximadamente de la misma forma.

La neurona emisora fabrica moléculas neurotransmisoras y las almacena en paquetes llamados vesículas. Cuando la neurona recibe suficiente estimulación, genera una señal eléctrica y hace que algunas vesículas migren hacia la membrana de la neurona, se fusionen con ella, se abran y liberen su contenido en la sinapsis. Algunas de las moléculas liberadas se desplazan a través de la sinapsis y se conectan, tal como una llave con la cerradura, con moléculas llamadas receptores en la superficie de la neurona receptora.

Si el neurotransmisor es un estimulador (p.ej., el glutamato), su interacción con el receptor elevará el nivel de la actividad eléctrica de la neurona receptora aumentando así la probabilidad de que esta neurona receptora, a su vez, movilice sus vesículas y emita su propio neurotransmisor.



Si el neurotransmisor es

un inhibidor (p.ej., el ácido gamma-aminobutírico [GABA]), disminuirá la actividad eléctrica de la neurona receptora y reducirá así la probabilidad de que libere su neurotransmisor.

De esta manera, los neurotransmisores transmiten la información sobre el entorno y nuestro estado interno de una neurona a otra a través de los circuitos del cerebro y, finalmente, dan forma a cómo respondemos. Las interacciones de los neurotransmisores con los receptores también pueden poner en marcha procesos que pueden alterar la estructura de las neuronas receptoras, o aumentar (potenciar) o reducir (deprimir) la respuesta de las neuronas cuando los neurotransmisores se unan a sus receptores en el futuro.

Una vez que un neurotransmisor ha interactuado con su receptor en la neurona receptora, concluye la comunicación entre una neurona y otra. Las moléculas neurotransmisoras se desprenden de los receptores. Una vez libres de nuevo en la sinapsis, encuentran uno de tres destinos:

- Algunas se unen a otro receptor.
- Otras se encuentran con una enzima, una sustancia química que las desintegra.
- Otras vuelven a entrar a la neurona emisora por medio de un transportador, una estructura especial que atraviesa la membrana neuronal. Una vez que han regresado al interior de la neurona, están disponibles para volver a ser liberadas en futuras neurotransmisiones.

Lo normal es que, cuando no hay drogas presentes, el ciclo de liberación, desintegración y reingreso a la neurona emisora mantiene la cantidad de neurotransmisores en la sinapsis—y, por lo tanto, la neurotransmisión—dentro de ciertos límites. En la mayoría de los casos, cuando una droga adictiva ingresa al cerebro, hace que la neurotransmisión aumente o disminuya drásticamente más allá de estos límites.

### **Lectura 3:** ¿\_\_\_\_\_?

Las drogas pueden alterar zonas importantes del cerebro que son necesarias para funciones vitales y pueden impulsar el consumo compulsivo que identifica a la drogadicción. Las zonas del cerebro afectadas por las drogas incluyen:

Los ganglios basales, que cumplen una función importante en las formas positivas de motivación, incluidos los efectos placenteros de actividades saludables como comer, interactuar socialmente o tener actividad sexual, y también participan en la formación de hábitos y rutinas.

Estas zonas constituyen un nodo clave en lo que a veces se denomina el "circuito de recompensas" del cerebro. Las drogas generan hiperactividad en este circuito, lo que produce la euforia que se siente al consumirlas; pero cuando la presencia de la droga se repite, el circuito se adapta y disminuye su sensibilidad, lo que hace que a la persona le resulte difícil sentir placer con nada que no sea la droga.

La amígdala extendida cumple una función en las sensaciones estresantes como la ansiedad, la irritabilidad y la inquietud, las cuales son características de la abstinencia una vez que la droga desaparece del sistema y motivan a la persona a volver a consumir la droga. A medida que aumenta el consumo de la droga, este circuito se vuelve cada vez más sensible. Con el tiempo, una persona con un trastorno por el consumo de drogas no las consume ya para lograr un estado de euforia sino para aliviar temporalmente ese malestar.

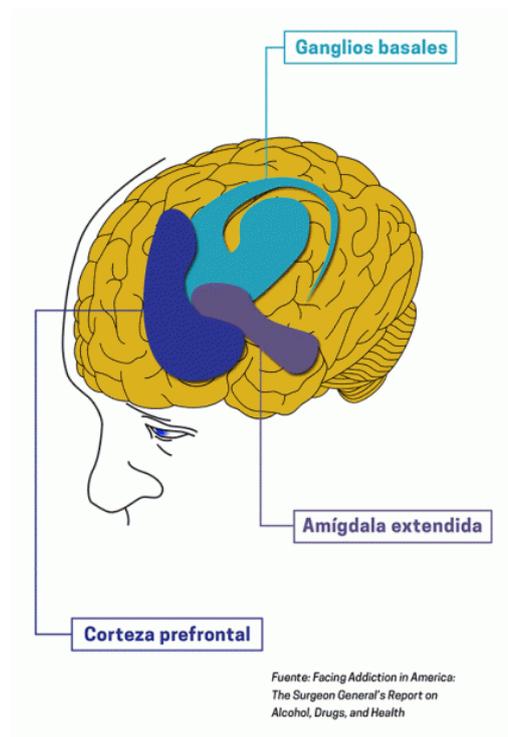
La corteza prefrontal dirige la capacidad de pensar, planificar, resolver problemas, tomar decisiones y controlar los propios impulsos. Esta es también la

última parte del cerebro en alcanzar la madurez, lo que hace que los adolescentes sean los más vulnerables. Los cambios en el equilibrio entre este circuito y los circuitos de recompensa y de estrés de los ganglios basales y la amígdala extendida hacen que una persona que sufre de un trastorno por el consumo de drogas busque la droga en forma compulsiva y tenga menos control de sus impulsos.

Algunas drogas, como los opioides, también afectan otras partes del cerebro, tal como el tronco del encéfalo, que controla todas las funciones indispensables para la vida, entre ellas la frecuencia cardíaca, la respiración y el sueño, lo que explica por qué las sobredosis pueden reducir sustancialmente la respiración y causar la muerte.

## Bibliografía

Volkow, N. (2018). Las drogas y el cerebro. Obtenida de National Institute on Drug Abuse. Advancing Addiction Science: <https://www.drugabuse.gov/es/publicaciones/las-drogas-el-cerebro-y-el-comportamiento-la-ciencia-de-la-adiccion/las-drogas-y-el-cerebro>. Visitada el 02-08-2018



## **ANEXO 12. EJEMPLO DE ACTIVIDAD SABER - PENSAR QUÍMICA**

**Taller QUÍMICA - Grado Octavo - Profesor: \_\_\_\_\_ Periodo 3**

**Tema: Enlace metálico y efecto de los metales en el ambiente y sociedad**

Pregunta orientadora: ¿Por qué están matando a los líderes sociales y ambientales?

Se presenta el video titulado “Mercurio, la cara oculta y venenosa del Oro” del cual se solicita a los estudiantes: Link (<https://www.youtube.com/watch?v=sd7Mcl6NzjY&t=23s>)

1. Extracción de datos e información relevante a partir del video presentado.

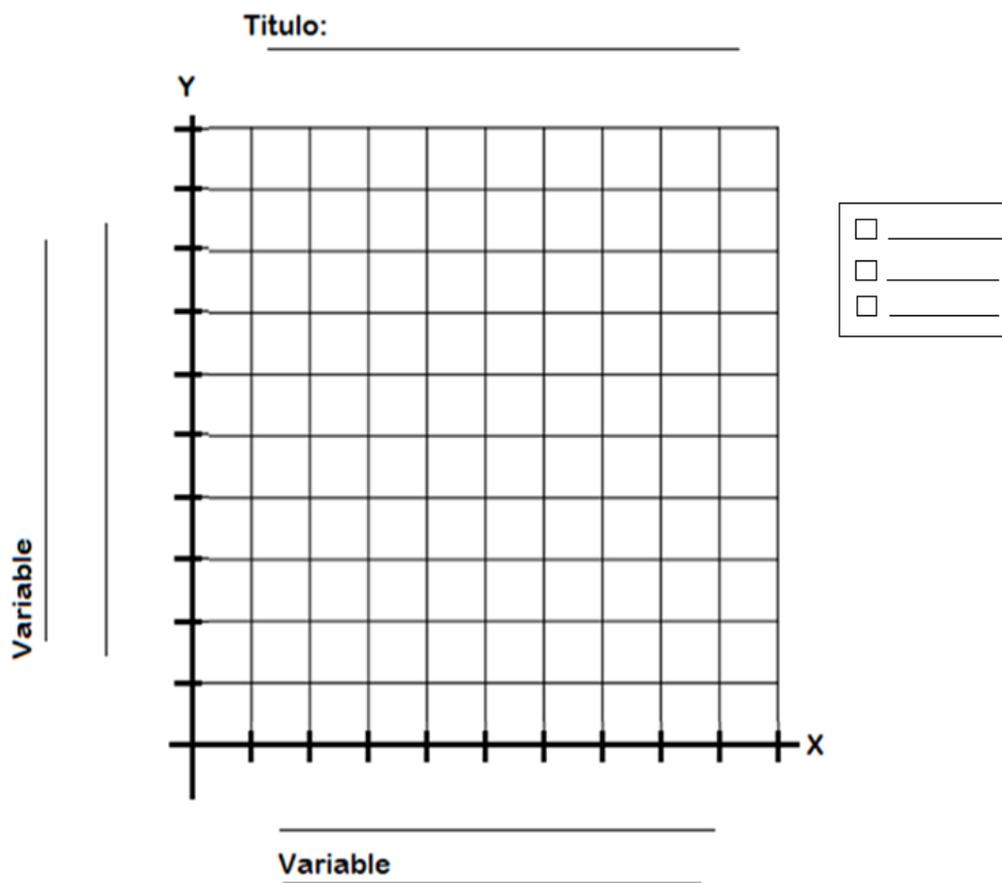
- a. ¿Qué cantidad de tierra se requiere remover por cada gramo de Au?
- b. ¿Qué cantidad de Hg se requiere para producir un gramo de Au?
- c. ¿Cuál es el máximo ambiental en el aire tolerable de Hg en las zonas urbanas y cual en las zonas de trabajo?
- d. ¿A qué cantidades estaban expuestos los ciudadanos de Segovia en la parte urbana y los que trabajaban con Hg?
- e. ¿En que radica la diferencia entre contaminación con Hg e intoxicación con Hg?
- f. ¿Por qué es tan importante el Au?
- g. ¿Qué causa la intoxicación con Hg?
- h. ¿Cuántas toneladas de residuos se producirán las tres multinacionales mencionadas en comparación a la cantidad de basura que se producen en Bogotá en 30 años?

2. Preguntas de reflexión.

- a. ¿Será que la minería es la mejor opción para el desarrollo del país? SI/NO ¿por qué?
- b. Ustedes no trabajan con Hg pero ¿será que pueden ser contaminados por él? SI/NO ¿Cómo?
- c. ¿Será que el daño ambiental que está generando la minería puede recuperarse?
- d. ¿Quiénes serán los verdaderamente beneficiados con esta actividad minera y quienes los perjudicados?
- e. A partir de la contaminación con Hg se estará generando problemas en el desarrollo de los niños en Colombia?
- F ¿Qué creen que esta haciendo el gobierno para dar solución a este problema? ¿qué haría usted?

3 Teniendo en cuenta los datos dados en la tabla construya la gráfica correspondiente, identificando la variable dependiente e independiente y genere una conclusión.

Años	Mercurio NO recuperado en Kg		
	Antioquia	Chocó	Bolívar
2008	154419,29	4776,83	9886,69
2009	167321,91	15511,48	14194,63
2010	99149,4	35077,49	23844,51
2011	97342,65	39918,64	22435,08
2012	154609,32	34946,35	17063,68
2013	102507,25	15515,67	6808,14



Conclusión:

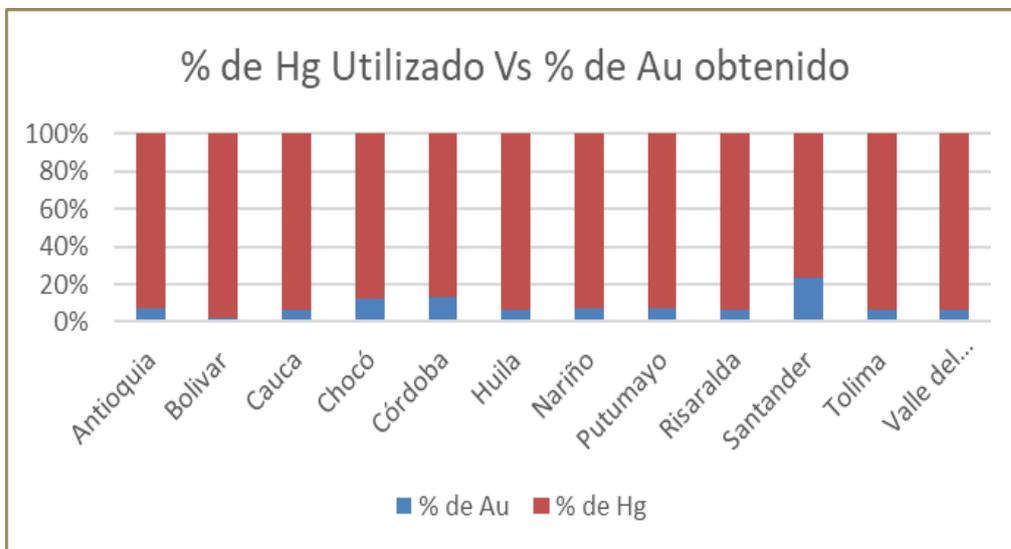
---



---

4. Observe y analice la siguiente gráfica con mucho cuidado y responda las preguntas propuestas.

- ¿Cuál es el departamento que más produce Au y utiliza menos Hg?
- ¿Cuál será el departamento que genera más contaminación de Hg con menor ganancia en extracción de Au?
- Si por cada gramo de Au se utiliza 14 g de Hg y se remueven 8 toneladas de tierra, entonces en el departamento Antioquia que se produce 12.935,2 kg de Au anual cuantas toneladas de tierra serán removidas?
- ¿Valdrá la pena tanto esfuerzo y destrucción?



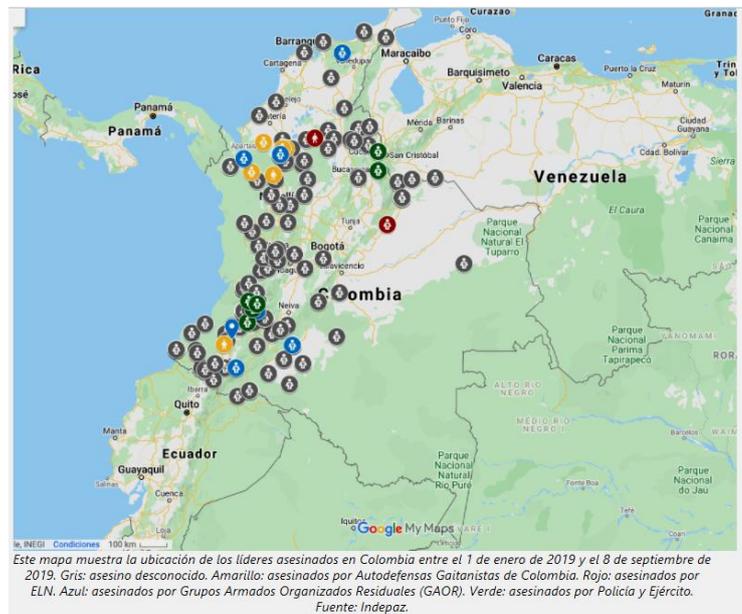
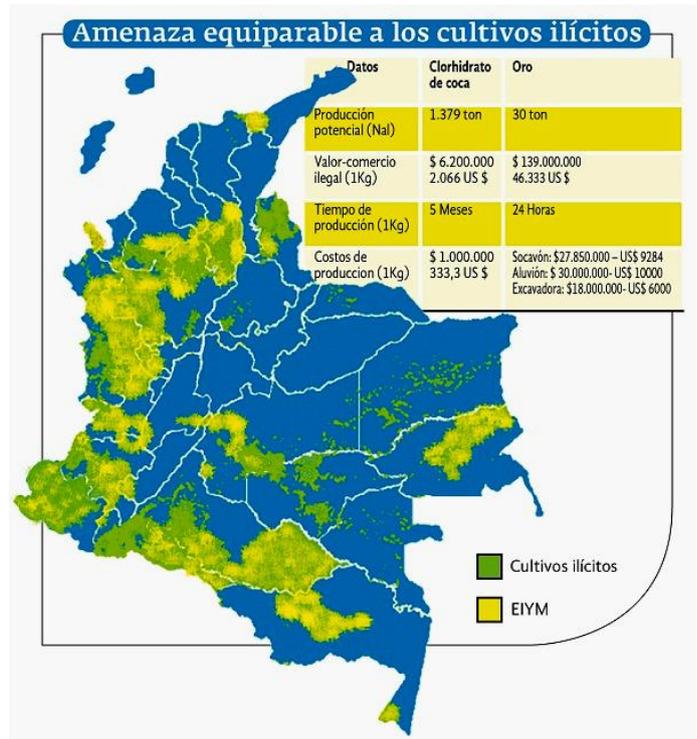
5. En Colombia se menciona que la mayoría de los conflictos están asociados a la minería ilegal, de tal manera que los grupos armados al margen de la ley se autofinancian a partir de dichas prácticas. Andrés decide profundizar en estos temas y encuentra estos dos mapas, en el primero se ve las zonas en amarillo de la extracción ilegal de minerales y en verde su comparativo con cultivos ilícitos, mostrando que la minería ilegal da más ganancia que la producción de coca en el país. En el segundo mapa encuentra la ubicación de los líderes ambientales asesinados en Colombia y los grupos armados que lo hicieron.

A partir de las dos imágenes Andrés concluye que es cierto que la muerte de líderes sociales en Colombia está asociada a la minería ilegal.

a. ¿Qué se observa en las imágenes que apoye la conclusión de Andrés?

b. Otra estudiante, Juana, no está de acuerdo con la conclusión de Andrés. Compara las dos imágenes y dice que algunas zonas de los mapas no apoyan dicha conclusión. Identifica estas zonas y menciona en que partes no se puede confirmar la conclusión de Andrés. Explica tu respuesta.

c. Andrés insiste en su conclusión de que la muerte de líderes sociales en Colombia está asociada a la minería ilegal. Pero Juana piensa que su conclusión es prematura. Ella dice: “Antes de aceptar esta conclusión, debes asegurarte de que los otros factores que podrían influir en este efecto social se mantienen constantes.” Nombra uno de los factores en los que Juana está pensando.



## Bibliografía

- Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Planeación Minero Energético. (2014). Estudio de la cadena del Mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera del oro. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Paz-Cardona, A. (2021). Las deudas ambientales de Colombia en 2020: defensores asesinados, mas deforestación y la polémica sobre el glifosato. Recuperado el 04 de 02 de 2021, de <https://es.mongabay.com/2021/01/balance-deforestacion-asesiando-lideres-colombia-2020/>
- Restrepo, J. (Mayo 17, 2019). Extracción ilegal o el dinero por sobre todas las formas de vida. El Mundo.com. <https://www.elmundo.com/noticia/Extraccion-ilegal-o-el-dinero-por-sobre-todas-las-formas-de-vida/376594>.

## **ANEXO 13. EJEMPLO DE ACTIVIDAD SABER - PENSAR BIOLOGÍA**

**Taller BIOLOGÍA- Grado Octavo - Profesor: \_\_\_\_\_ Periodo 3**

**Tema: Sistema endocrino - Alteradores endocrinos, glifosato: la salud de los ciudadanos debe ser lo primero**

Instrucciones: Teniendo en cuenta las lecturas dadas responda las siguientes preguntas.

Pregunta orientadora: ¿El glifosato, veneno o cura para la sociedad?

1. Compare cuidadosamente los textos dados en la lectura 1 y 2 y extraiga la idea principal de cada lectura y los argumentos que utilizan para defender dicha idea.
2. ¿Qué opinas con respecto al uso del glifosato en Colombia?
3. Los argumentos dados por el presidente y vicepresidenta en la lectura 2 ¿son suficientes para tomar una decisión que lleve al uso del glifosato? Explica.
4. Los argumentos dados en la lectura 1 ¿son claros en torno a los posibles efectos del glifosato en las personas?
5. ¿Qué se debería hacer para tener información veraz y de fondo en torno a los posibles efectos del glifosato en la salud humana?
6. Propón 5 preguntas de investigación que se deberían resolver en estudios que lleven a verificar si el glifosato es o no un veneno para el ser humano y el medio ambiente.
7. Lee las lecturas 3 y 4 e identifica las diferencias que hay con respecto a la lectura 2. ¿Qué tipo de argumentos se utilizan en las lecturas 3 Y 4?
8. ¿Qué partes identifican un estudio científico y lo diferencian de una opinión personal?
9. Una vez leídas y comprendidas las 4 lecturas genera una conclusión con respecto a uso del glifosato en Colombia y arguméntala con información extraída de los textos.
10. ¿Por qué crees que los políticos apoyan el uso del glifosato en Colombia?

Lectura 1	Lectura 2
<p data-bbox="188 237 766 342"><b>Nueva condena a Monsanto por glifosato: deberá pagar USD 2.000 millones a una pareja con cáncer</b></p> <p data-bbox="188 383 303 450"><b>Revista Semana</b></p> <p data-bbox="188 495 343 600">Martes, 21 de mayo de 2019</p>  <p data-bbox="363 674 762 707">Foto: JOSH EDELSON / AFP</p> <p data-bbox="188 640 826 1514">Un jurado de California condenó a Monsanto, propiedad de la compañía alemana Bayer, a pagar más de 2.000 millones de dólares a una pareja de estadounidenses enfermos de un cáncer que atribuyen al herbicida a base de glifosato, Roundup, informaron los abogados de los denunciantes. Monsanto debe indemnizar a una pareja con cáncer con 2.000 millones de dólares. El fallo es el último de una serie de derrotas judiciales que Monsanto ha sufrido por este herbicida elaborado con glifosato, aunque la compañía insiste en que no es cancerígeno. El equipo legal del matrimonio, que denunció a Monsanto ante un tribunal de Oakland (oeste), describió el resultado del juicio como "histórico".</p> <p data-bbox="188 1525 826 1697">"El jurado vio por sí mismo los documentos internos de la compañía que demostraban que, desde el primer día, Monsanto nunca tuvo interés en averiguar si Roundup era seguro", dijo el abogado de los demandantes Brent Wisner.</p> <p data-bbox="188 1742 826 1995">El veredicto supone la tercera derrota judicial de la firma por este tema. "En lugar de invertir en ciencia sólida, invirtieron millones en atacar a la ciencia que amenazaba su agenda comercial", agregó. El revés hizo que las acciones de Bayer cayeran un 2,55%, a 55 euros, en Fráncfort la mañana de este martes.</p>	<p data-bbox="847 237 1372 304"><b><u>Duque no da su brazo a torcer e insiste en el glifosato</u></b></p> <p data-bbox="847 342 1070 376"><b>Revista Semana</b></p> <p data-bbox="847 383 1219 416">Martes, 21 de mayo de 2019</p> <p data-bbox="847 454 1372 965">En el Día Internacional de Sensibilización contra las Minas Antipersonal, el presidente Duque instó a la Corte Constitucional a estudiar la posibilidad de utilizar todas las técnicas necesarias de aspersión para reducir el número de hectáreas de cultivos ilícitos y evitar la muerte de más erradicadores. El presidente Duque considera que la aspersión con glifosato podría ayudar a reducir el número de hectáreas de cultivos ilícitos en Colombia y evitar la muerte de los erradicadores manuales. Foto: archivo/Ministerio de Defensa.</p> <p data-bbox="847 976 1372 1223">En el municipio de Icononzo, Tolima, el presidente Iván Duque les solicitó a los magistrados de la Corte Constitucional que le permitieran al gobierno "utilizar todas las herramientas" para poder reducir la tasa de cultivos ilícitos en el país.</p> <p data-bbox="847 1261 1372 1883">Según el mandatario, Colombia debe retomar las fumigaciones de narcocultivos -suspendidas por la justicia desde 2015- para evitar más víctimas por causa de las minas que están empleando los narcotraficantes para frenar su erradicación. Para el jefe de Estado también es indispensable tener "la posibilidad de utilizar todas las técnicas necesarias de aspersión con suficiente responsabilidad, pero no exponer a nuestros héroes a que sigan cayendo en campos minados del narcotráfico", dijo durante la conmemoración del Día Internacional para la Sensibilización contra las Minas Antipersonales.</p>

En un comunicado, Bayer se mostró "decepcionada" por esa sentencia y anunció su intención de recurrirla, argumentando que difiere con una reciente revisión de la Agencia de Protección Ambiental estadounidense sobre herbicidas a base de glifosato.

"El consenso entre los principales reguladores de salud en todo el mundo es que los productos a base de glifosato se pueden usar de manera segura y que el glifosato no es cancerígeno", sostuvo Bayer.

El veredicto supone la tercera derrota judicial de la firma por este tema. El juicio comenzó a finales de marzo, justo después de que Monsanto fuera condenado, por los mismos motivos, a pagar 80 millones de dólares a un septuagenario con un linfoma no Hodgkin que achacaba al Roundup.

Una vez más, el jurado consideró que Monsanto debería haber avisado de los posibles peligros de su producto estrella. En agosto de 2018, Monsanto fue condenada a pagar 289 millones de dólares a un jardinero afectado por el mismo tipo de cáncer, una cantidad que un juez redujo luego a 78 millones.

"A diferencia de los dos primeros juicios de Monsanto, donde los jueces limitaron severamente la cantidad de evidencia de los demandantes, finalmente se nos permitió mostrar a un jurado la montaña de evidencia que muestra la manipulación de la ciencia, los medios y las agencias reguladoras de Monsanto para mantener su propia agenda a pesar del daño severo del Roundup al reino animal y la humanidad", dijo el abogado Michael Miller, compañero de Wisner.

Bayer anunció el mes pasado que más de 13.000 demandas relacionadas con el herbicida se habían iniciado en Estados Unidos.

Listas secretas



**"Si se toma 100 vasos de agua al día, se enferma", Marta Lucía en defensa del glifosato**

### Revista Semana

Martes, 21 de mayo de 2019

En su paso por Washington, la vicepresidenta utilizó un par-

ticular ejemplo para explicar por qué el freno a la aspersión aérea de glifosato es una de las razones del



aumento de cultivos ilícitos en los últimos años.

Foto: Vicepresidencia Colombia

En Colombia, sus palabras generaron reacciones encontradas.

La vicepresidenta le pidió a la Corte Constitucional que no ponga "condiciones imposibles" en el debate que adelanta sobre glifosato.

La gira que inició Marta Lucía Ramírez por Estados Unidos suscitó una nueva discusión sobre el programa de aspersión aérea con glifosato. En el centro de las reuniones de las que ha participado la vicepresidenta está el proceso de paz, la crisis en Venezuela y la lucha contra los cultivos ilícitos que lideran ambos países. Su posición frente a este último tema, le ha costado a la vicepresidenta innumerables cuestionamientos.

Ramírez intentó responder a una de las mayores preocupaciones de Washington: las más de 200.000 hectáreas de coca que tienen inundado el país y que a su vez ha generado reparos por parte del presidente de Estados Unidos, Donald Trump.

Frente a los medios de comunicación, la

<p>El asombroso veredicto se produjo el mismo día en que el gigante químico alemán Bayer admitió que su filial Monsanto podría haber fichado a cientos de personalidades en países europeos en función de su posición sobre los pesticidas.</p> <p>Bayer se disculpó el domingo después de que se supiera que Monsanto tenía una lista de nombres -políticos, científicos y periodistas- en Francia, con sus opiniones sobre los pesticidas y los cultivos transgénicos. "Muy probablemente esas listas existen" en otros países europeos, señaló este lunes Matthias Berninger, director de relaciones públicas de Bayer, en una conferencia telefónica "Consideramos que lo que hemos visto hasta ahora es completamente inapropiado", dijo.</p> <p>La justicia francesa abrió una investigación después de la denuncia de las listas secretas presentada por el diario francés Le Monde y uno de sus periodistas, que figuraba en uno de los ficheros.</p> <p>Con información de AFP.</p>	<p>vicepresidenta le pidió a la Corte Constitucional que no ponga "condiciones imposibles" en el debate que adelanta sobre glifosato.</p> <p>Pero lo que más llamó la atención fue el ejemplo que utilizó para defender el uso del herbicida. "Estamos pendientes de que la corte nos facilite las cosas sin poner condiciones imposibles como que haya pruebas 100 por ciento de que (la fumigación) no causa efectos a la salud. Si usted se toma 100 vasos de agua al día, le aseguro que también se enferma", dijo la vicepresidenta.</p> <p>En el centro del polémico ejemplo están los reclamos del Gobierno gringo por el incremento de los cultivos ilícitos. Hace algunas semanas, la buena relación entre Donald Trump e Iván Duque, pareció sufrir su primera fractura. El mandatario estadounidense volvió a cuestionar los esfuerzos de su homólogo para reducir la cantidad de droga que sale de Colombia hacia su país. "El negocio de las drogas ha crecido un 50 por ciento en Colombia desde que el mandatario colombiano llegó al poder en 2018", manifestó Trump.</p>
--	---

<b>Lectura 3</b>	<b>Lectura 4</b>
<p><b>El progresivo efecto del glifosato</b></p> <p>Está en: <a href="#">UN Periódico Digital/ MEDIOAMBIENTE</a> MAYO 16 DE 2019BOGOTÁ D.C.</p> <p>Para comprobar que tan inocuo o tóxico es realmente el glifosato, herbicida polémico por ser el elegido para erradicar los cultivos ilícitos en Colombia, los investigadores experimentaron su acción en cuatro especies de peces de gran importancia en acuicultura.</p> <p>La tilapia, un pez de origen africano que en las especies foráneas ocupa el primer lugar en producción; el yamú, con poca fuerza en</p>	<p><b>Citotoxicidad del glifosato en células mononucleares de sangre periférica humana</b></p> <p>Adriano Martínez<sup>1</sup>, Ismael Reyes<sup>2</sup>, Niradiz Reyes<sup>3</sup></p> <p>1 Corporación Universitaria Rafael Núñez, Cartagena, Colombia 2 Departamento de Microbiología e Inmunología, New York Medical College, Valhalla, New York, Estados Unidos 3 Grupo de Genética y Biología Molecular, Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia</p>

el mercado, pero con grandes cualidades nutricionales; el bocachico del Magdalena, ad portas de la extinción, y la cachama blanca, especie que en el primer experimento, realizado hace un año, sufrió daños severos en branquias e hígado.

El estudio, apoyado por la Fundación Internacional para la Ciencia, IFS, organismo sueco que promueve la investigación en países en vía de desarrollo, ha tenido como objetivo observar lo que le ocurre a una especie animal, en este caso, peces, cuando se expone aguda y crónicamente a concentraciones bajas de herbicidas, como sucede en las zonas de fumigación.

En este nuevo estudio los peces fueron expuestos durante 96 horas a concentraciones subletales, entre 10 y 30 partes por millón, de glifosato en su forma comercial, Roundup®, y a concentraciones altas, entre 45 y 90 partes por millón.

Las dos especie más susceptibles a la acción del químico, aun en concentraciones bajas, fueron el bocachico y el yamú, que registraron altas mortalidades. La tilapia fue la especie más resistente, pues solo murió cuando estuvo en contacto con las concentraciones más altas.

Antes de que los animales murieran manifestaron signos nerviosos y dificultad respiratoria. Según el profesor González, “al estar en el fondo, algunos peces subían con rapidez a la superficie, como queriendo salir del acuario. A veces nadaban sobre su eje o, si estaban en la superficie, se dejaban caer pesadamente al fondo”.

Al observar el comportamiento de la enzima acetilcolinesterasa, presente en el tejido nervioso, la sangre y el plasma, entre otros, los investigadores notaron que bajaba o aumentaba repentinamente su actividad. Ante los impulsos, esta enzima es la encargada de hacer que las células nerviosas entren en un estado de reposo. Si no fuera así, el organismo se agotaría. “Observamos que el glifosato, tanto en concentraciones bajas como altas, alteraba la enzima y llevaban a que la transmisión de impulsos fuera continua, de ahí los síntomas nerviosos

**Introducción:** El glifosato es un herbicida de amplio espectro, no selectivo, utilizado comúnmente en agricultura para eliminar malezas. Los estudios que han evaluado la toxicidad del glifosato en animales y en ambiente muestran que las formulaciones comerciales son más tóxicas que el componente activo.

**Objetivos:** Evaluar la toxicidad del glifosato grado técnico y de la formulación comercial Roundup® en células mononucleares de sangre periférica humana.

**Materiales y métodos:** Células mononucleares de sangre periférica humana fueron expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en grado técnico y en la forma de Roundup® por 24, 48, 72 y 96 horas. La citotoxicidad se evaluó mediante el método de exclusión con azul de tripano y reducción del reactivo sal sódica de (2,3-bis[2-metoxi-4-nitro-5-sulfenil]-2Htetrazolio-5-carboxianilida) (XTT).

**Resultados:** Ambas presentaciones del glifosato (grado técnico y Roundup®) fueron tóxicas para las células mononucleares de sangre periférica humana. Roundup® fue más citotóxico que el glifosato grado técnico, ya que se encontró que la concentración letal 50 (LC50) analizada con el método de exclusión con azul de tripano a las 24 horas fue de 56,4 µg/ml de glifosato en la forma de Roundup® y de 1.640 mg/ml (1,64 µg/ml) para glifosato grado técnico.

**Conclusiones:** Los resultados de este estudio in vitro confirman el efecto tóxico para las células humanas observado para el glifosato y sus preparaciones comerciales, y que estas últimas son más citotóxicas que el compuesto activo, lo que

<p>de los peces”.</p> <p>Estos mismos cambios en la enzima colinesterasa fueron corroborados en experimentos de 17 días de duración, en cachama blanca y tilapia roja expuestas a 5 partes por millón del herbicida.</p> <p>Otro cambio importante ocurrió en la respiración de los animales, pues la mayoría buscaba oxígeno en la superficie del acuario. Lo que más llamó la atención fue que la sangre de los peces se tornaba oscura. Al respecto, el director del Laboratorio comenta: “Notamos que el Roundup® causa oxidación en el hierro de la hemoglobina, fenómeno conocido como estado de metahemoglobina o sangre achocolatada, que lleva a que el individuo no pueda captar oxígeno y respirar adecuadamente”.</p> <p>El Roundup®, al igual que el paraquat, indujo la oxidación de los lípidos de las membranas celulares, que ocasiona la muerte de las células.</p> <p>Es necesario aclarar que los experimentos se hicieron con un glifosato cuyos surfactantes, químicos que le permiten adherirse y actuar sobre la maleza, son menos tóxicos que los utilizados para fumigar los cultivos ilícitos.</p> <p>El profesor González subraya que aunque estos resultados se circunscriben a los peces, y por lo tanto sería prematuro extrapolarlos a otras especies, hay que tener en cuenta que enzimas como la acetilcolinesterasa y los cambios en la hemoglobina también podrían presentarse en organismos superiores, como los animales terrestres, incluido el ser humano.</p>	<p>apoya la idea de que los aditivos presentes en las formulaciones comerciales juegan un papel crucial en la toxicidad atribuida a los herbicidas que contienen glifosato.</p>
--	---

## Bibliografía

- Martínez, A. Reyes, I. Reyes, N. (2007). Citotoxicidad del glifosato en células mononucleares de sangre periférica humana. *Biomédica*, 27, 594-604.  
<https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/176/167>
- Paz-Cardona, A. (2021). *Las deudas ambientales de Colombia en 2020: defensores asesinados, mas deforestación y la polémica sobre el glifosato*. Recuperado el 04 de 02 de 2021, de <https://es.mongabay.com/2021/01/balance-deforestacion-asesianto-lideres-colombia-2020/>

## ANEXO 14. PLANILLA PARA EL SEGUIMIENTO DE LAS COMPETENCIAS EN ESTUDIANTES

Teniendo en cuenta que la institución educativa donde se realizó el proceso de intervención exige un seguimiento de los estudiantes y la generación de unas notas finales en cada uno de los tres periodos en los que se divide el año escolar, se realizó la siguiente plantilla para llevar el proceso de los estudiantes en cada saber, las dos evaluaciones diagnosticas (inicial y final) y dos ítems que se exigen en la institución como es la asistencia y la autoevaluación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ			
1	GRADO:		Nombre y fecha Activid.	Promedio	Ponderado	Nombre y fecha Activid.	Promedio	Ponderado	Nombre y fecha Activid.	Promedio	Ponderado	Nombre y fecha Activid.	Promedio	Ponderado	ASISTENCIA	AUTOEVALUACIÓN	Ponder Autoevaluac	Calificación	Evaluación diag. Inicial	Evaluación diag. final	Ponderado Evaluación Periodo	CALIFICACIÓN FINAL	DESEMPEÑO																
2	Docente:																																						
3	Asignatura																																						
4																																							
5																																							
6																																							
7																																							
8			SABER SABER				SABER HACER				SABER PENSAR				SABER ACTUAR				AUTOEV.		T.Proc		Ev. Per		FINAL														
9	No	APELLIDOS Y NOMBRES ESTUDIANTES	1	2	3	4	Pro.	20%	1	2	3	4	Pro.	20%	1	2	3	4	Pro.	20%	1	2	3	4	Pro.	20%	1	2	20%	Val	90%	1	2	10%	100%	DESEMPEÑO			
10	1																																						
11	2																																						
12	3																																						
13	4																																						
14	5																																						
15	6																																						
16	7																																						
17	8																																						
18	9																																						
19	.																																						
20	.																																						
21	.																																						
22	38																																						
23	39																																						
24	40																																						

