

**EL EJERCICIO DE LA IMAGINACIÓN CIENTÍFICA Y SU REPERCUSIÓN EN LA  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

**YESENIA ANDREA ROJAS DURANGO**

**Monografía para optar el título de  
Licenciada en Educación en Ciencias Naturales**

**Asesor  
BERTA LUCILA HENAO**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES  
MEDELLÍN  
2001**

## CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. OBJETIVOS	4
4.1 OBJETIVO GENERAL	4
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
5. REFERENTES CONCEPTUALES	5
5.1 LA CREATIVIDAD Y SU RELACIÓN CON LA IMAGINACIÓN	5
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD	7
5.3 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA IMAGINACIÓN Y LOS EXPERIMENTOS IMAGINARIOS	8
5.4 EL PENSAMIENTO INTUITIVO	14
5.5 LEONARDO DA VINCI	16
5.5.1 Reseña Histórica	17
5.5.2 Introducción al Método de Leonardo	22
6. UN EJEMPLO DE APLICACIÓN BASADO EN EL USO DE LAS ANALOGÍAS	32
6.1 INTRODUCCIÓN	32
6.2 ¿QUÉ ES UNA ONDA?	33
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39

## **EL EJERCICIO DE LA IMAGINACIÓN CIENTÍFICA Y SU REPERCUSIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En general, en las instituciones educativas aún persisten propuestas de enseñanza basadas en epistemologías empiropositivistas, lo que se hace evidente, por ejemplo en la utilización de textos guía, como los libros de química publicados entre los años 70 y 90, que conciben a la ciencia como un cúmulo de experiencias donde la abstracción no tiene cabida y el método científico es la única vía para llegar al “verdadero” conocimiento (Henao, et al. 1999). Estas prácticas educativas le impiden desarrollar a los estudiantes todo su potencial creativo, así como actitudes más críticas con respecto a la producción cultural generada dentro de las comunidades científicas.

Las investigaciones acerca de la creatividad, más concretamente sobre habilidades, tales como la capacidad imaginativa del hombre, y su relación con un aprendizaje significativo, son esenciales si se quiere transformar el sistema actual de enseñanza, es por ello que el presente trabajo indaga en ejemplos particulares de la historia de las ciencias y algunas propuestas didácticas, estrategias que fortalezcan la habilidad para construir explicaciones sobre el mundo y sus fenómenos a través de imágenes mentales, con el fin de sentar un precedente en la búsqueda de nuevas opciones para la enseñanza de los contenidos teóricos y metodológicos de las ciencias.

Alternativas diferentes, basadas en el ejercicio intelectual, ayudan a motivar y crear posturas favorables hacia el estudio de la biología, la química y la física; hacen del aprendizaje algo menos rutinario y tienen un impacto benéfico al lograr que los estudiantes consideren la ciencia como una creación de la mente humana a la cual ellos pueden acceder.

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Teniendo, a modo de ejemplo, la función de la imaginación en la actividad científica ¿Qué elementos pueden intervenir en el diseño una propuesta didáctica que facilite el aprendizaje de las ciencias a través del desarrollo y potenciación de esta habilidad del pensamiento?

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Con la reforma de la Constitución Nacional en el año de 1991 se generan un sinnúmero de cambios en el sistema educativo colombiano, motivo por el cual se decide expedir la ley 115 de 1994 o Ley General de Educación, en donde quedan consignadas las aspiraciones de las organizaciones gremiales de los docentes.

En esta ley, uno de los propósitos es el desarrollo de las capacidades para interpretar el conocimiento de base y los adelantos científicos, se piensa que esto sería una ventaja dada la gran disponibilidad y el volumen de la información en la sociedad actual. La adquisición de habilidades, en este sentido, permitirá garantizar que el individuo construya nuevos saberes, los

cuales generan mejores condiciones de vida y se revierten en sociedades más justas y exitosas.

*“Artículo 5: Fines de la Educación.*

*9. El desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico nacional, orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas de la solución a los problemas y al progreso social y económico del país”*

*(Ley General de Educación, 1998 p. 8)*

Con base en los principios enunciados en los documentos nombrados, las instituciones educativas están llamadas a implementar proyectos cuya finalidad sea el despliegue de las habilidades del pensamiento, muy especialmente en el área de ciencias naturales. Sin duda, trabajos e investigaciones más precisas sobre estrategias y recursos para optimizar esta labor son apremiantes en la búsqueda de una mejor calidad educativa.

La escuela tradicional trató de enseñar las leyes naturales y las teorías científicas desde un patrón transmisionista y empirista, la nueva generación de docentes está llamada no solamente a facilitar el ejercicio de la experiencia sino el de la razón. La abstracción como elemento fundamental de las prácticas experimentales contribuye a una mejor comprensión y asimilación de los contenidos de las ciencias, por ello es importante cuestionarse sobre como la imaginación, una habilidad del pensamiento, contribuye al logro de los objetivos educativos del presente siglo.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Indagar acerca de la relación de la imaginación con la construcción del conocimiento científico y las formas en las que se puede potenciar el aprendizaje significativo de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales propios del área de las ciencias naturales.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer relaciones entre los conceptos de creatividad, intuición e imaginación, especificando cada uno de sus elementos y concluir acerca del efecto que tendría el abrir espacios educativos para su cultivo.
- Analizar apartes de la vida y obra de Leonardo Da Vinci, reconociendo las estrategias que emplea en su producción cultural, y con base en ellas diseñar propuestas didácticas para incentivar la imaginación desde el trabajo en las clases de ciencias naturales.
- Proponer alternativas de enseñanza de las ciencias donde pueda estimularse la capacidad de abstracción y se creen ambientes más adecuados para el acceso al conocimiento científico

## 5. REFERENTES CONCEPTUALES

A continuación se hará una descripción breve de algunos aspectos afines con la actividad creadora. También se establecerán relaciones entre esta capacidad y algunas de las habilidades que tienen que madurarse a fin de facilitar la solución de conflictos y problemas. Entre estas habilidades se resaltarán la imaginación y la intuición, a propósito del papel que tienen en la producción del conocimiento en ciencia y los beneficios que reporta su ejercicio para el aprendizaje de los contenidos científicos.

### 5.1 LA CREATIVIDAD Y SU RELACIÓN CON LA IMAGINACIÓN

La creatividad, según Csikszentmihalyi, es el proceso que usa el hombre para transformar su saber y el de toda una sociedad en pro de una mejora en sus condiciones de vida. De una persona se dice que es creativa cuando es capaz de innovar en algún área del conocimiento. Sus nuevas ideas deben ser aceptadas por un conjunto de individuos versados en la materia y que posean amplia credibilidad.

El proceso creativo se convierte en instrumento cuando se emplea para descifrar un problema, puede surgir del refinamiento de nociones o juicios acerca de la realidad pero siempre debe dar lugar a algo diferente, suscitando satisfacciones en un colectivo o en una sola persona.

De acuerdo con Csikszentmihalyi:

*“La creatividad es el equivalente cultural del proceso de cambios genéticos que dan como resultado la evolución biológica, proceso en el*

*que, por debajo del umbral de la conciencia, tienen lugar variaciones fortuitas en la química de nuestros cromosomas. Estos cambios se traducen en la repentina aparición de una nueva característica física en un niño; si ese rasgo supone una mejora respecto a lo anteriormente existente, tendrá mayores posibilidades de ser transmitido a los descendientes del niño. La mayoría de los rasgos nuevos no incrementan las posibilidades de supervivencia y pueden desaparecer tras unas cuantas generaciones, pero unos pocos sí las incrementan, y éstos son los que dan cuenta de la evolución biológica"* (Csikszentmihalvi, 1996, p. 21-22)

Sigue diciendo este autor en relación con la analogía que, cuando se introduce en la cultura un cambio, por un ser excepcionalmente creativo, el impacto sobre algunos sistemas a veces es tan fuerte que transforma todo un conjunto de creencias, esto puede llevar en muchas ocasiones a que los contenidos escolares tengan que ser modificados para que sea posible la "transmisión" de este saber de generación en generación.

Los grandes descubrimientos en la historia del ser humano deben ser aprendidos una y otra vez en cada época si se desea que la sociedad progrese, estos forman el conocimiento de base que será transformado por el individuo. Por ello, el verdadero valor de esta información está en la posibilidad de encontrar nuevas teorías y leyes con un alto poder explicativo a la luz de los problemas que en otro tiempo preocuparon al hombre y esta actividad sólo está reservada para quienes desarrollan su creatividad.

Aunque Csikszentmihalvi hace una buena analogía de los efectos del potencial creativo, no nos ilustra en las condiciones previas al suceso, del

mismo modo que no describe las características del ser que ha de efectuar los cambios en la cultura.

A lo largo de varios estudios se ha encontrado que el proceso creativo empieza con la aparición de una situación que para el sujeto, representa la necesidad de ser abarcada de un modo completo. Esto genera toda una labor de investigación y búsqueda de desacuerdos entre planteamientos teóricos o entre estos y la realidad, lo que lleva a cuestionar la situación. Una vez se ha identificado el problema, se pone en marcha la agudeza del individuo quien rompe los esquemas convirtiendo sus legados culturales en experiencias originales, inusuales e insólitas.

En consecuencia, el talento creativo tiende a incrementarse con el aprendizaje continuo, la adquisición de nuevos conocimientos hace que se posea más campo de acción en el cual innovar y participar con descubrimientos que más tarde serán útiles a nuestros descendientes. La activación de la creatividad, es un proceso arduo que requiere de disciplina más que de inteligencia, necesita del estímulo de ciertas habilidades del pensamiento como **la flexibilidad**, **la imaginación**, **la elaboración**, **la opacidad** o riqueza de posibilidades interpretativas que puede sugerir una idea, la **actividad combinatoria** y **la fluidez** (Aldana, 2000), aspectos relevantes a tener en cuenta en las aulas de clase.

## 5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD

Se es flexible en la medida en que se puede abordar los problemas desde diferentes perspectivas, el encasillamiento en un solo punto de vista impide la apreciación de otros enfoques que podrían resolver la situación de manera más eficaz. De acuerdo con esto la rigidez ante un problema disminuye la probabilidad de emplear múltiples recursos para alcanzar su solución y la

obstinación es el principal enemigo de esta capacidad, ya que crea una barrera impenetrable que dificulta comprender y aclarar cualquier asunto, se opone al cambio y por ende al progreso de las ciencias.

Una persona flexible siempre esta dispuesta a encontrar opiniones variadas y divergentes en torno a un suceso, es altamente tolerante a la diferencia, receptiva a la transformación y se acomoda con facilidad a escenarios distintos, por lo tanto posee gran disponibilidad para trabajar en grupo y coopera en la solución concertada de los problemas. (García, 1998)

### 5.3 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA IMAGINACIÓN Y LOS EXPERIMENTOS IMAGINARIOS.

*"La imaginación en sí no es creatividad, como tampoco los números son la matemática. Pero es uno de los elementos constitutivos de la creatividad"* (De Bono, 1992, p. 166)

Se puede decir que la imaginación es una de las prioridades en el camino hacia la formación de individuos creativos. Es más importante su desarrollo en el tratamiento de los problemas, que una amplia capacidad de percepción o la realización de experiencias repetitivas. Esta habilidad posibilita la traducción de deseos y realidades en imágenes mentales, a fin de crear representaciones, del mundo, viables o al menos probables conceptualmente, esto es, interviene en la modelación de fenómenos que son ocasionalmente esquivos para el ojo humano y solo así alcanzan a ser comprendidos, más sin embargo por ser interpretaciones de la realidad deben estar inscritos dentro de las reglas de juego de las ciencias, es decir, dentro de sus construcciones teóricas. (Holton, 1993)

La utilización de la imaginación también ayuda a plantear nuevas relaciones, formular hipótesis, construir analogías, transformar lo existente y "confirmar" las teorías. En ocasiones para encontrar lo que es apenas obvio se requiere de considerables dosis de imaginación, y por ello gran parte del conocimiento obtenido en la ciencia hasta ahora se debe a la intervención de seres excepcionalmente soñadores.

La decisión es imprescindible para plantear nuevas ideas que sean lógicas en el ámbito conceptual y práctico, se precisa de firmeza, voluntad y paciencia pues las innovaciones serán atacadas con vehemencia por aquellos que se resisten al cambio. Así, la imaginación siempre demandará audacia para defender aquellas ideas divorciadas de las corrientes tradicionales de pensamiento.

Edward De Bono hace más inteligible los aspectos por los cuales es posible caracterizar la madurez adquirida por el individuo en esta habilidad, mediante la distinción de cuatro aspectos o formas diferentes de imaginar, estas son:

1. Vivacidad del cuadro (Riqueza de detalles): En cambio de una impresión borrosa, captamos todos los detalles.
2. Cantidad de Opciones (Riqueza de variaciones): Riqueza con que logramos responder a la pregunta formulada.
3. Diferentes formas de considerar una cosa: Plantear diversos enfoques para mirar una misma cosa
4. Imaginación Creadora: Incluye la fantasía y la capacidad para describir algo de lo que no tenemos experiencia directa

En cada caso, la imaginación aunque este asociada con acontecimientos cotidianos, logra separar al individuo de la realidad, trascendiéndola hasta

hacer posible un aprendizaje. Dichas facetas pueden aparecer de manera simultánea o independiente en el sujeto, aunque para la última se requiere de gran pericia y conocimientos porque es la que da lugar a la creación.

De Bono nos habla de la actitud de acercarse a los objetos y observarlos con nimiedad, esta actividad permite captar sus pormenores y agudiza la sensibilidad ante los cambios sutiles hasta que se hacen visibles las paradojas en los aparatos conceptuales. Nada enriquece más al hombre que una fina percepción de las cosas, acompañada de representaciones mentales sobre las mismas. Así, **la atención** es una acción propia del sujeto imaginativo, es una forma eficaz de entender el mundo, de acceder al conocimiento, en fin, es la responsable de que se pueda recordar con minucia aquellas escenas destinadas a modificar el saber humano.

Como es sabido nuestro cerebro fija algunos patrones con gran semejanza y recibe información múltiple, lo que aporta a la generación de ideas un tanto diferentes a lo que eran en un principio. Usualmente, la oportunidad de crear viene después de superar la "observación básica", en la que interviene el pensamiento pero de manera imprecisa, e imaginar situaciones inusuales pero con sentido, de tal forma que no se caiga en el terreno de lo fantástico.

Para dar claridad a la idea anterior conviene efectuar una diferenciación entre la imaginación y la fantasía. En esta última prima la especulación, se entabla como recurso la producción de proposiciones faltas de autenticidad cuyo carácter lógico es casi nulo; por el contrario la imaginación pone a disposición interpretaciones articuladas dentro de un sistema de discurso para la comprensión de lo real, es una reflexión crítica y bien argumentada.

La invención es una herramienta saludable en tanto promueve la reforma conceptual y contribuye a eliminar confusiones en cualquier caso, debe al menos enfrentar al sujeto con sus procesos cognitivos y reclamar de ello una mejor comprensión de la naturaleza. No es de sorprender que los científicos acudan a la imaginación, para renunciar a algunas de sus formas de pensar, con el fin de idear leyes y teorías diferentes, sobre todo si cuentan con lo necesario para probar que algunas construcciones no colman las expectativas del momento.

Gerald Holton en su texto titulado "La Imaginación en la Ciencia" deja muy en claro el papel de la imaginación en el desarrollo de las ciencias y expone algunos ejemplos que ilustran el párrafo anterior, entre ellos se encuentra el descubrimiento de las irregularidades de la superficie lunar, efectuado por Galileo en el año de 1609, época en la cual el astrónomo y cartógrafo Thomas Harriot examinaba también por su telescopio el aspecto de la luna pero se le dificultaba aceptar la existencia de los accidentes geográficos (Holton, 1993).

Para este historiador la ciencia necesita de sujetos imaginativos, como Galileo, que puedan ver más allá de lo que una teoría dominante en el momento se los permite, individuos enamorados de su trabajo pero que proyectan acciones para el futuro y cuyo interés y afán por el conocimiento traspasan el límite de los propios sentidos.

De acuerdo con Kuhn en su escrito "La Función de los Experimentos Imaginarios", estimular la imaginación sirve para revisar ciertas convicciones erróneas y las fuentes de las que provienen partiendo exclusivamente de situaciones familiares, desde esta perspectiva su función es la de ayudar a

tomar posición sobre cómo es el mundo, en especial si algunas de las concepciones que se tienen de él resultan contradictorias.

Promover desde las escuelas el ejercicio de la imaginación contribuiría a que el aprendizaje fuera más fluido, aumentaría la capacidad de apreciar, entender y juzgar los conceptos de la ciencia que con frecuencia son abordados de modo confuso. Las representaciones mentales tienen un verdadero campo de acción aquí, el estudiante a la vez que aprende de los objetos, escenas y experiencias también cae en la cuenta de cómo piensa.

En el ámbito educativo se habla de estrategias metacognitivas para hacer referencia a este hecho, en el cual cuando el sujeto es consciente de su proceso de aprendizaje es capaz de modificarlo. (García, 1998) Los estudiantes autorregulan las actividades que les permiten aprender y comprender los avances de la cultura científica.

El “método científico” como un camino dado no da lugar a la creatividad ni a la autonomía, por el contrario, propuestas de enseñanza basadas en la utilización de la imaginación creadora, involucran al joven afectiva e intelectualmente en el cultivo del conocimiento. Los experimentos imaginarios son un ejemplo de lo anterior, estimulan la capacidad de pensar, con lo que los estudiantes no son meros repetidores, la pasividad mental se deja de lado para abrir campo a la comprensión y el aprendizaje.

Thomas Kuhn, además, ofrece una disertación excelente acerca de los experimentos imaginarios, aquellos en los que se siguen empleando situaciones conocidas pero que siempre finalizan en nuevos planteamientos. Este historiador demuestra como ellos (los experimentos imaginarios) asisten

al hombre de ciencia en la revisión de su pensamiento para desechar las ideas que se manifiestan estériles.

Los experimentos imaginarios son testimonios virtuales muy utilizados en los escritos científicos que reivindican la validez de un hecho, siempre se dejan ver cuando la lógica, las matemáticas y el laboratorio son insuficientes para franquear una cuestión. Son elementos no solo necesarios sino indispensables, y así lo afirma Dino Segura cuando dice:

*"Entre la experiencia y la teoría media toda una actividad de reflexión, de tanteo, de imaginación y de creatividad de la cual forman parte las extrapolaciones y los experimentos imaginarios - que son los únicos "confirmatorios" cuando se trata de enunciar leyes aisladas" (Segura, 1991, p 53)*

Si bien los experimentos utilizados en las aulas de clase ayudan a "digerir" la teoría suministrada, las prácticas de laboratorio donde sólo se comprueban y predicen los fenómenos conducen a una comprensión aparente, que a base de la repetición de experiencias promueven una imagen de ciencia absoluta e infalible. En los manuales de laboratorio encontramos recetas donde no hay lugar a equivocaciones, el análisis queda relegado y el papel que juega el estudiante es absolutamente pasivo.

Por el contrario, la imaginación y los experimentos imaginarios son actividades que el estudiante está en capacidad de avivar, con ellas logra crear un puente entre el conocimiento adquirido por medio de los sentidos y las leyes que lo explican, entiende lo que ve o piensa dando significado a cada cosa, se analiza a sí mismo y da tiempo a sus presupuestos para que actúen en la solución de sus problemas.

#### 5.4 EL PENSAMIENTO INTUITIVO

Existen oportunidades en las que se encuentra la respuesta a un interrogante de forma espontánea y sin una razón aparente, se dice entonces que la nueva idea fue producto de la intuición del individuo. A esta percepción clara e inmediata se le ha asociado con un sexto sentido, tal vez porque no se ha explicado aún como es que opera este mecanismo, en el cual se organizan las experiencias y construyen relaciones diferentes a partir de ellas.

Alguien podría preguntarse si el conocimiento obtenido por una simple "corazonada" le garantiza estar en lo cierto, a lo que habrá que aducir que por ser un impulso espontáneo todavía carece de rigor, pero cuando emana de una reflexión profunda tiene validez y puede llegar a contribuir al desarrollo de la ciencia.

La intuición hace parte del proceso creativo, es uno de esos instantes en los que el ser humano despierta a formas diferentes de percibir su realidad, por eso suele ocurrir esporádicamente, nace de la inquietud constante ante situaciones que no son comprendidas a entera satisfacción y por tal motivo causan una inclinación viva hacia estas.

Un ejemplo de lo expresado en los párrafos anteriores lo ofrece una breve historia, muy conocida por todos, fue la ocasión en la que Arquímedes por mandato del rey Hierón II debía determinar si su nueva corona estaba hecha de oro puro, la dificultad fue salvada cuando al entrar en su bañera notó que cierta cantidad de agua era desalojada, en ese momento las cosas encajaron y gritó eureka "lo he encontrado" pues había hallado la solución.

El reconocimiento de una conexión entre lo observado y lo que se sabe de antemano es una forma de controlar la propia percepción, de cambiar esquemas, innovar y dar sentidos diferentes a las vivencias. Citando a Edwar de Bono encontramos que:

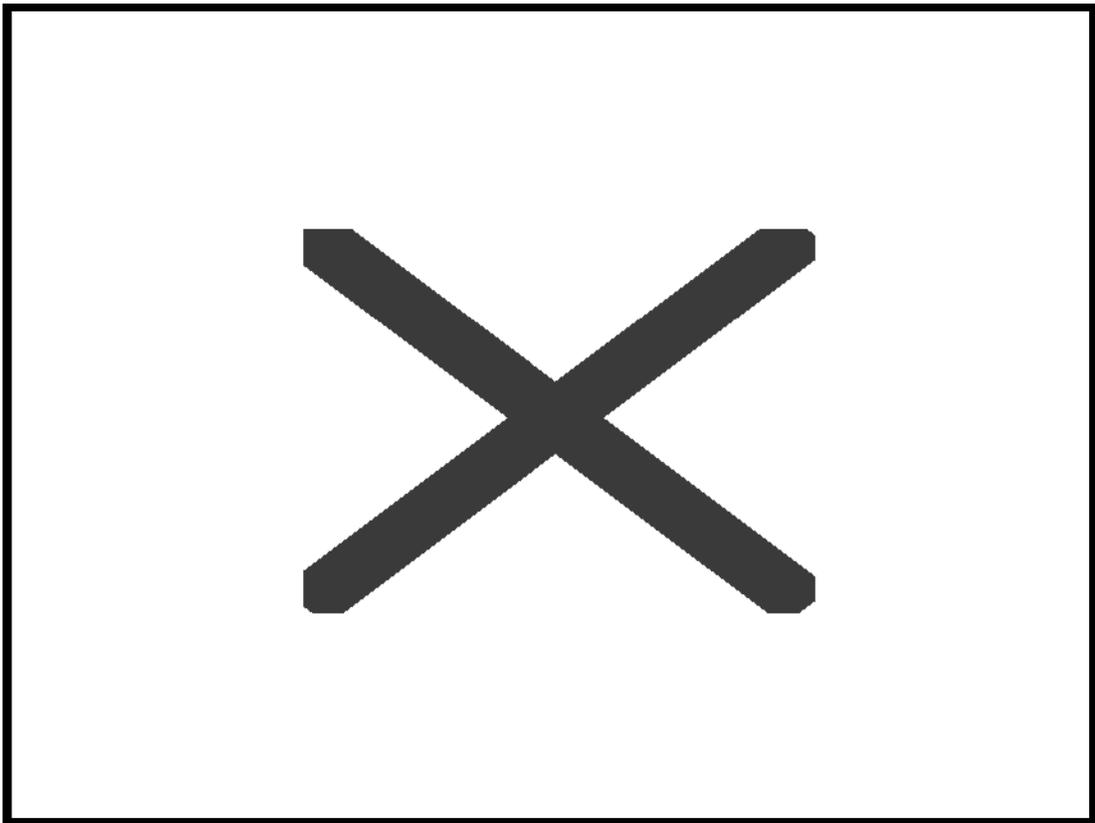
*“La intuición es un proceso muy importante en el pensamiento del hombre. Esto se debe a que la mente funciona estableciendo formas fijas para considerar las cosas. Estos modelos se vuelven cada vez más y más estables y abarcan terrenos cada vez más amplios. La intuición es la única manera con que contamos para escapar de los moldes establecidos y tomar conciencia de que es posible mirar las cosas de otra manera”* (De Bono, 1992, p. 150)

Sólo una mente dispuesta al cambio, con un conjunto de conocimientos suficientes esta preparada para articular sus pensamientos hasta lograr que salgan a la superficie ideas renovadoras que ayudan al avance del saber humano. En las aulas de clase algunos jóvenes llegan a tener momentos eureka, con originalidad y estilo propio piensan en alternativas diversas para resolver una cuestión, desde su interior, allanan el camino para introducirse en los valores de la cultura comprendiendo las explicaciones sobre el mundo y sus fenómenos para modificar sus patrones.

Hasta aquí se ha visto como la creatividad, la imaginación y la intuición son herramientas indispensables en la producción de explicaciones sobre la naturaleza y las manifestaciones provenientes de ella, ahora cabría preguntarse si es posible plantear estrategias para la enseñanza de las ciencias en las cuales se ejerciten dichas habilidades y se rompa con antiguos sistemas de aprendizaje, haciendo de esta actividad algo ameno y estimulante.

## 5.5 LEONARDO DA VINCI

Antes de realizar cualquier anotación referida a la vida y obra de Leonardo Da Vinci quisiera hacer partícipe al lector que su análisis es sólo un pretexto para aterrizar esta propuesta, ya que de modo similar se pueden abordar los trabajos de Einstein, Galileo y muchos otros personajes que con gran talento han influido en la revolución de las ideas en la historia de la humanidad.



Autorretrato de Leonardo de Vinci. Biblioteca Real, Turín. Fotografía Tomada de GELB, Michael (1999)

### 5.5.1 RESEÑA HISTÓRICA

Durante el período prerrenacentista la guerra, la corrupción y la anarquía dominaban en Europa, este caos era una consecuencia de la peste negra, enfermedad contagiosa con un alto índice de mortalidad, que apareció en el año de 1346 llevándose consigo la vida de nobles, autoridades eclesiásticas, campesinos, siervos, prostitutas y comerciantes, sin distinción. La fidelidad hacia la Iglesia menguaba, así como la creencia de que la fuente del saber y el poder residía en los dioses, este hecho acarrió una disminución en las contribuciones económicas para las comunidades cristianas, redestinándose los dineros al cultivo de las ciencias y las artes.

El renacimiento fue, por consiguiente, la superación del medioevo, tuvo su apogeo especialmente en Italia alrededor del siglo XV y parte del XVI, se caracteriza por la estabilidad política, el florecimiento cultural y artístico, además de estar fundado en la supremacía del hombre como ser capaz de transformar su destino a través del ejercicio de la razón. El potencial humano para comprender los fenómenos le encaminaba hacia la creación continua, inventos como los tipos móviles de imprenta por Gutenberg, el lápiz y el papel barato, el astrolabio, la brújula, las naves de gran tamaño, la pólvora, el cañón de largo alcance y el reloj mecánico son producto del deseo y el gusto por el conocimiento.

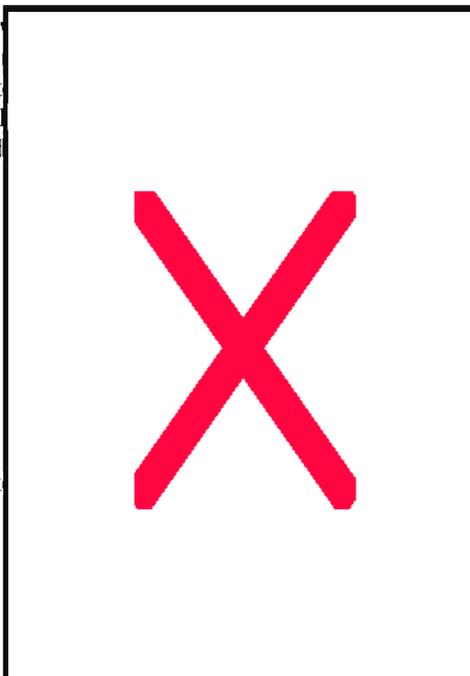
Con la imprenta y el papel barato se promueve la publicación de textos antiguos, obras clásicas, con temas de filosofía, matemáticas y arte, entre otros. Se redescubría el pensamiento griego, abandonando la insensatez y oscuridad de la Edad Media e ingresando al estudio lógico y estructurado de la naturaleza.

Bajo este clima nace Leonardo, el 15 de Abril de 1452 en las inmediaciones de Vinci, castillo construido por los condes Guidi, poderosos señores feudales de Toscana, que lo conservaron en su poder hasta 1254, año en que lo vendieron a la República de Florencia. Es hijo natural de Ser Piero Da Vinci y Caterina, el padre es un célebre notario, la madre una campesina. Su abuelo, Antonio Da Vinci, autoriza el reconocimiento del recién nacido, quien crecerá en compañía de su tío Francesco, el cual se convierte en su primer maestro.

El ambiente familiar es inconveniente, pero esto no parece menoscabar el interés de Leonardo por el estudio de la naturaleza y su particular inclinación hacia el dibujo, por el contrario, con ayuda de su maestro desafía los misterios que trae consigo cada uno de ellos.

Su padre se establece en Florencia hacia el año de 1467 dada su prestigiosa carrera y un reciente matrimonio con una mujer de su rango, en esta ciudad, uno de los principales centros culturales, económicos y comerciales del mundo, deberá pasar su adolescencia Leonardo. Las condiciones no podían ser más favorables, su curiosidad, antes estimulada por el paisaje del valle de Arno ahora se dirige a los talleres de los artesanos, las huertas y los jardines de las casas circundantes.

Una vez re  
escultor e i  
diferentes t  
tarde lo uti  
servir d



no aprendiz de Andrea del Verrocchio, orfebre, pintor,  
ener figuras más cercanas a la realidad. Con las  
s que dan la sensación de tridimensionalidad, esto más  
cuerpos se reproducen fielmente con el propósito de  
artistas. (Figura No.1)

Reseña t

Francesca (1996) y VERDEJO, C. (1973)

Figura No. 1

Al taller de Verrocchio se encomendó la tarea de construir una esfera de cobre con la cual se terminaría la cúpula de la catedral de Florencia, Leonardo se inicia así en el campo de la tecnología y las máquinas, al que dedicará gran parte de su tiempo porque es el que más pone a prueba su ingenio y capacidad imaginativa.

Tras aprender por seis años en el taller cómo realizar dibujos, estatuas y algunos rudimentos de ingeniería decide inscribirse en 1472 en la compañía de San Lucas, grupo que le ayuda a extender su experiencia artística. Naturalmente, nunca olvida su escuela y continúa apoyando a su maestro en obras tan importantes como el monumento ecuestre del condottiero Bartolomeo Colleoni.

Los Médicis, familia de considerable riqueza acogen a Leonardo bajo su tutela, en palacio tiene la oportunidad de trabar amistad con filósofos, matemáticos y artistas. Lorenzo el Magnífico, jefe de familia, decide obsequiar a los Sforza, señores de Milán, los servicios de este joven, quien crea planes para mejorar arquitectónicamente la ciudad y ofrecerle seguridad por medio de máquinas bélicas.

Como es sabido, sus estudios sobre anatomía, astronomía, botánica, vuelo y geografía le distraían con facilidad de los trabajos que le eran encomendados, como el monumento ecuestre que debía realizar en nombre del duque Francisco, fundador de la dinastía de los Sforza. Fueron múltiples las adversidades que le impidieron cumplir con su compromiso, entre ellas la invasión de las tropas del rey de Francia Luis XII a Milán en 1499.

Derrotado su antiguo patrón y después de un año de andar vagando de un lado a otro, opta por volver a Francia, pero los Médicis han sido expulsados; se hospeda en el convento de la Santísima Anunciada donde los frailes le piden dibujar un recuadro, este fue el de la Virgen con el niño y Santa Ana.

Leonardo abandona una vez más la ciudad y se pone al servicio de César Borgia, comandante militar, para quien diseña fortificaciones, innovaciones militares y algunos mapas (Figura No.2 y 3). En este escenario conoce a Nicolás Maquiavelo, gran estratega que no alcanza a impedir la caída de la República Florentina.

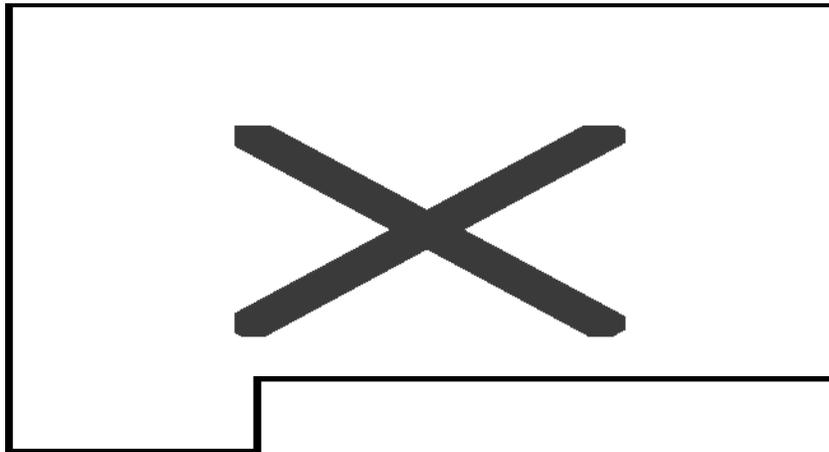


Figura No. 2  
Diseño de  
Leonardo para  
un mortero.  
Fotografía  
tomada de

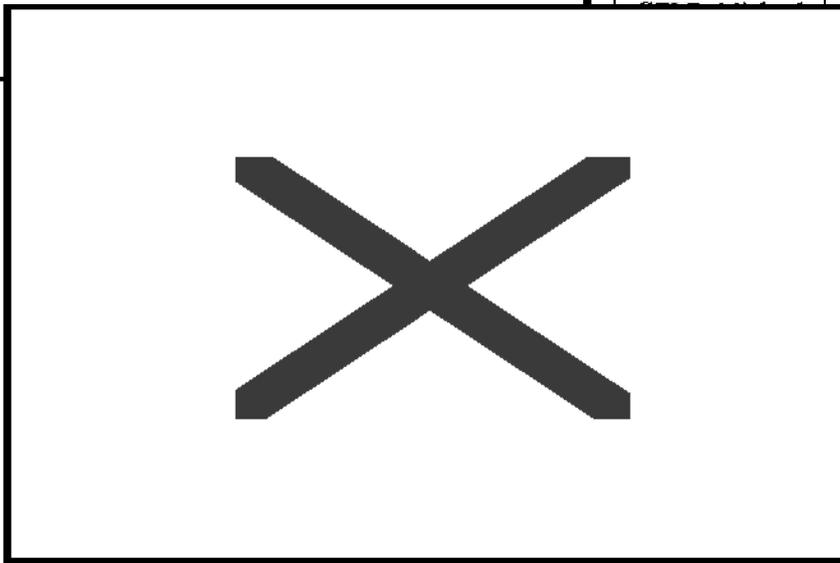


Figura No.3  
Tanque de  
Guerra  
Dibujo tomado  
de GELB,  
Michael.  
(1999)

De vuelta a Florencia en 1503 se consagra a pintar la Mona Lisa o Gioconda y la batalla de Anghiari, esta última para la sala del Consejo cuyo muro opuesto es cedido a Miguel Angel Buonarroti, con igual proyecto, al final, ninguna de las dos empresas de los artistas tendría éxito.

Decepcionado regresa a la ciudad de Milán, gobernada por los franceses, su estadía es corta pues en 1512 los Sforza recuperan el poder y debe refugiarse en Roma, protegido por el Papa León X. Rafael es el boom del momento y Leonardo es viejo para continuar en el oficio, por eso se le encomienda amenizar las fiestas; lejos de perjudicarlo esta disposición del Papa le beneficia ya que tiene más tiempo para dedicar a sus estudios de anatomía, óptica y geometría, nuevos campos de su interés.

En 1517 parte en busca de fortuna cerca del nuevo rey de Francia, Francisco I, éste teniendo presente su antiguo trabajo como organizador de espectáculos y festines le permite entrar a su servicio, le nombra pintor, ingeniero y arquitecto del reino. Leonardo muere el 2 de mayo de 1519 en el castillo de Cloux, confiando al mundo su extraordinario legado a través de su discípulo predilecto, Francesco Melzi, quien hereda sus manuscritos y algunas de sus pinturas.

### 5.5.2 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE LEONARDO

Este personaje, perteneciente al renacimiento alto, es un fiel testimonio del hombre creativo, basta con mirar sus manuscritos, siempre acompañados de bellas ilustraciones o anotaciones al margen, para encontrar un espíritu renovado, sediento de conocimiento. En sus dibujos las figuras parecen adquirir vida propia, se alcanza a percibir el esmero con el cual trabaja, además de la amplia formación que posee.

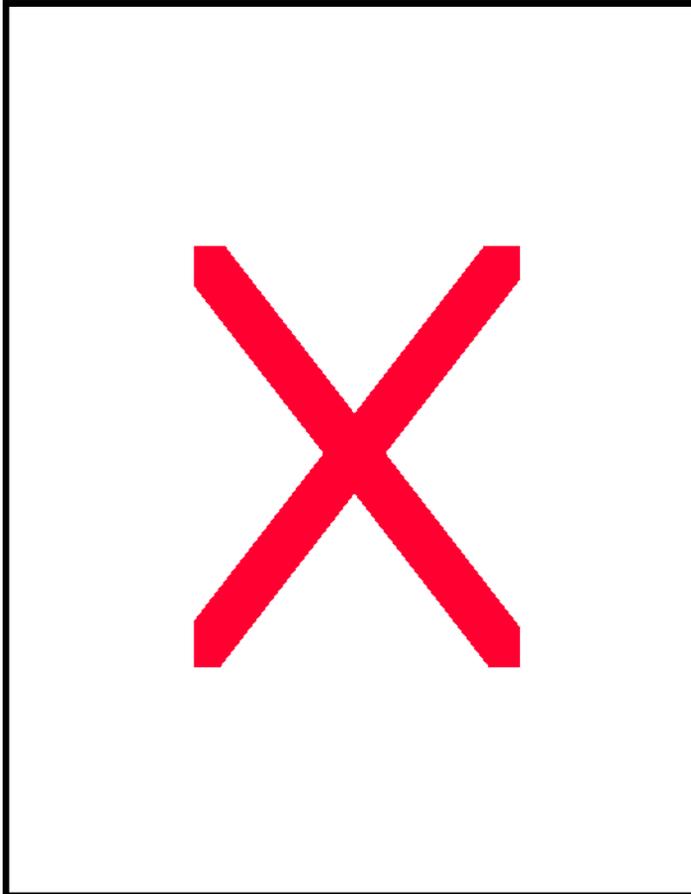
Si se penetra en aquel tiempo se descubre que el progreso de la ciencia depende del deseo franco de cambiar el acontecer, luego, las transformaciones sociales tienen una incidencia directa en la cultura científica y viceversa. La problemática colombiana es en ciertos aspectos semejante a la de aquella época, el conflicto armado, el desorden por ausencia o flaqueza de la autoridad y las grandes diferencias sociales tienen en crisis la producción de capital intelectual, aún así la misión de ciencia, educación y desarrollo ha llegado a concluir que existe una salida en el interés profundo por hacer de la realidad algo mejor.

“Sólo con la educación y con las posibilidades de realización individual y de los grupos sociales que ofrecen el conocimiento y la construcción de la cultura, podremos aclimatar la paz, y asegurar la capacidad de vernos como ciudadanos del mundo, participes de un cambio cultural amplio y sutil” (Llinas, 1995, p. 59)

Es necesario reflexionar que sólo cuando Leonardo asume su rol social puede crear por eso implementar estrategias en las aulas de clase que tengan como resultado percatarse de la razón de la propia existencia, lo que se quiere para sí y los demás, es lo más apropiado al emprender cualquier tarea. La firmeza en las metas a alcanzar se manifiesta en la búsqueda constante de explicaciones, una necesidad incesante de investigar y la entrega total a un sueño; aquí es donde se revela la importancia de imaginar puesto que los deseos se pueden traducir en situaciones auténticas.

Él también poseía una curiosidad e inquietud que día tras día aumentaba, la clase de cosas que hacía para fomentarla eran tan sencillas como guardar en un cuaderno de notas apuntes alusivos a objetos, situaciones y problemas que llamaran su atención, con el ánimo de ocuparse de su estudio cuando tuviera la oportunidad de acercarse a ellas. Lo más destacado de este tipo de herramienta era que le concedía el beneficio de rectificar o reelaborar sus ideas, un ejemplo que viene al caso son sus representaciones de anatomía humana: en un comienzo las figuras se asemejaban a antiguos esquemas perceptivos pero una vez emprende el análisis, traza con asombroso detalle las partes del cuerpo [casi como si la piel fuera transparente], exponiendo en los textos adyacentes el origen de las modificaciones efectuadas.

Las imágenes que antes escapaban a su vista, ahora aparecían con claridad tras cuestionar la sabiduría convencional. Los primeros bocetos anatómicos estaban inspirados en antiguos tratados de medicina (Figura No.4) en los que se tomaba como ejemplo estructuras corporales de los animales y se realizaban analogías con la anatomía del hombre, eran bidimensionales y traían muy pocos detalles, pero en su ambición por captar fielmente las relaciones entre los órganos y las dimensiones convenientes en cada caso, consiguió articular su saber con su experiencia directa, el análisis intelectual



y su intuición visual le significaron obtener un modelo más acorde con los hechos, ya no era una demostración de como podía ser la figura humana, sino que era una representación muy consistente (Figura No.5)

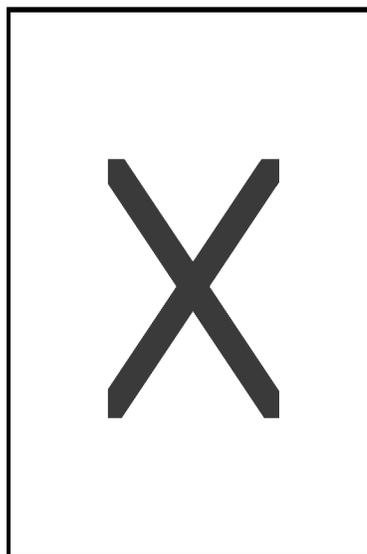


Figura No.4  
Ilustración del libro de

Figura No.5  
Dibujo anatómico del  
tronco del cuerpo humano  
femenino con los órganos  
vistos por transparencia.  
Cuaderno de Anatomía  
Vol. 1 Folio 12. Tomado  
de MUNTZ, Eugenio.  
(1956)

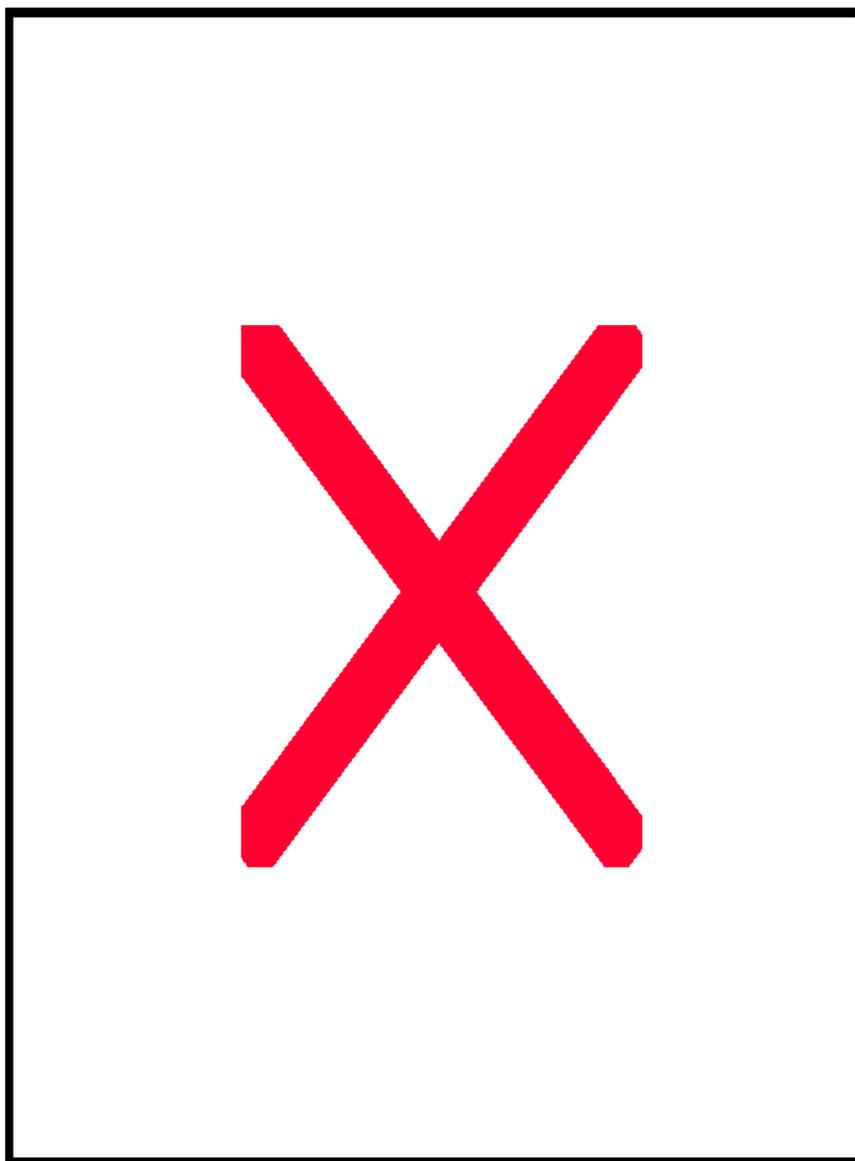
El provecho que se saca de un diario personal dónde recopilar aprendizajes nuevos, observaciones, proyectos y demás cuestiones, es innegable. Con este recurso no solo se logra conservar el apetito por el conocimiento sino que se participa en una autoevaluación acerca de la propia aptitud para juzgar y opinar respecto a una determinada teoría científica, y para encontrar respuesta a los enigmas ¡Docentes y estudiantes deberían llevarlo!.

Ciertamente, la flexibilidad con la que Leonardo aborda sus investigaciones hace comprensible el excelente desempeño en su labor, aunque renuncia a algunas posiciones con las que está en desacuerdo, también intercambia su saber, tiene la conciencia de que el trabajo en equipo es justo el que da paso a la reconstrucción de la cultura. Durante su permanencia en la corte comparte su saber con otros pensadores de la época, contratados por el rey, que dominan áreas como la matemática o la filosofía.

En el área de Ciencias Naturales, ofrecer la imagen de una ciencia cuyas explicaciones se elaboran en conjunto, dentro de una comunidad poseedora de un nivel intelectual alto, refuerza la idea de que no existen verdades absolutas, el conocimiento, pues, surge de convenios fundamentados en observaciones y abstracciones.

La observación metódica fue muy utilizada por este artista, alguien pensará que era un empirista extremo, pero parte de su trabajo también consistía en la teorización. Siendo un hombre de praxis reconocía en la racionalidad el instrumento para orientar sus experiencias, en palabras de Leonardo:

*“Los que se consagran a la práctica sin la ciencia son como unos marinos que se embarcan sin timón y sin brújula, y que jamás saben dónde van” (Da Vinci, Citado*



o al quehacer científico, un obstáculo para crear conocimiento. Una forma de estas actividades en la

exclusivamente en la del ala de un ave durante la era en la que el hombre puede llegar a formular hipótesis.

La atención que prestaba a los fenómenos y la idealización que hacía de ellos eran garantía para comprenderlos, cuando crea sus bocetos se tarda en culminarlos porque medita en las distintas opciones que tiene a fin de darles un acabado que colme todas las expectativas.

La educación debería, igualmente, procurar una actitud de insatisfacción, donde el estudiante se tome su tiempo para pensar y asimilar las ideas, el aprendizaje no tiene que ser por repetición de las experiencias, una enseñanza sin estímulo a la creación y rutinario, puede partir de los intereses de los estudiantes y de actividades que despierten la pasión por las ciencias.

Otro aspecto importante en el trabajo de Leonardo eran los experimentos imaginarios, Thuillier relata como en apartes de los cuadernos sobre hidráulica y artillería se reseñan preguntas en relación con el perfeccionamiento de las máquinas, que luego serán desarrolladas a través de conjeturas sobre el comportamiento del mecanismo bajo condiciones variadas, así por ejemplo, con la ballesta cambia la altura de lanzamiento y el peso de la flecha. (Figura No.7)

Esta estrategia hace participe al estudiante de su proceso de aprendizaje, le ayuda a enfrentar pensamientos inconsistentes y de los cuales no es consciente, además de permitirle tener diferentes puntos de vista relativos a cualquier evento. Lo que se busca es que el estudiante diseñe las prácticas de laboratorio (sean estas imaginarias o con ayuda de materiales), partiendo de intereses e interrogantes que se den dentro de la clase, ahora, hay que cuidarse de querer que el joven construya de la nada, es imprescindible formar en el conocimiento y crear ambientes en los que el docente propicie el razonamiento, la creatividad y la imaginación (Dino, 1991)

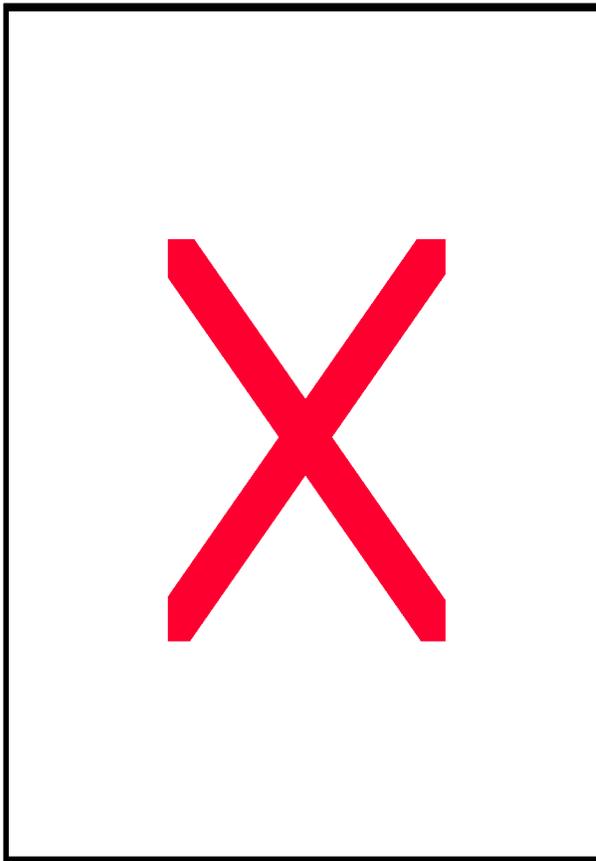


Figura No.7  
La gran ballesta con  
cuñera de ruedas  
inclinadas. Códice  
Atlántico, Folio 53  
Fotografía tomada de  
MUNTZ, Eugenio.  
(1956)

Es importante rescatar en el trabajo de Leonardo la organización que hace teniendo como directriz dudas y preguntas que expresaba con claridad, así obtenía mayor fluidez en su pensamiento en vista de que registra los factores y relaciones centrales de una situación.

Cuando los eventos no eran observables debían dilucidarse a partir del establecimiento de relaciones, muchos de los inventos y diseños del artista florentino surgen de la combinación de elementos extraídos de la experiencia directa, de este modo crea asociaciones que no son obvias y diseña modelos alternativos para dar solución a una necesidad o un problema de conocimiento, como se puede evidenciar en sus trabajos sobre las ruedas de los molinos de agua donde debe conectar su experiencia de ingeniero con las observaciones acerca del comportamiento del agua. (Figura No.8)

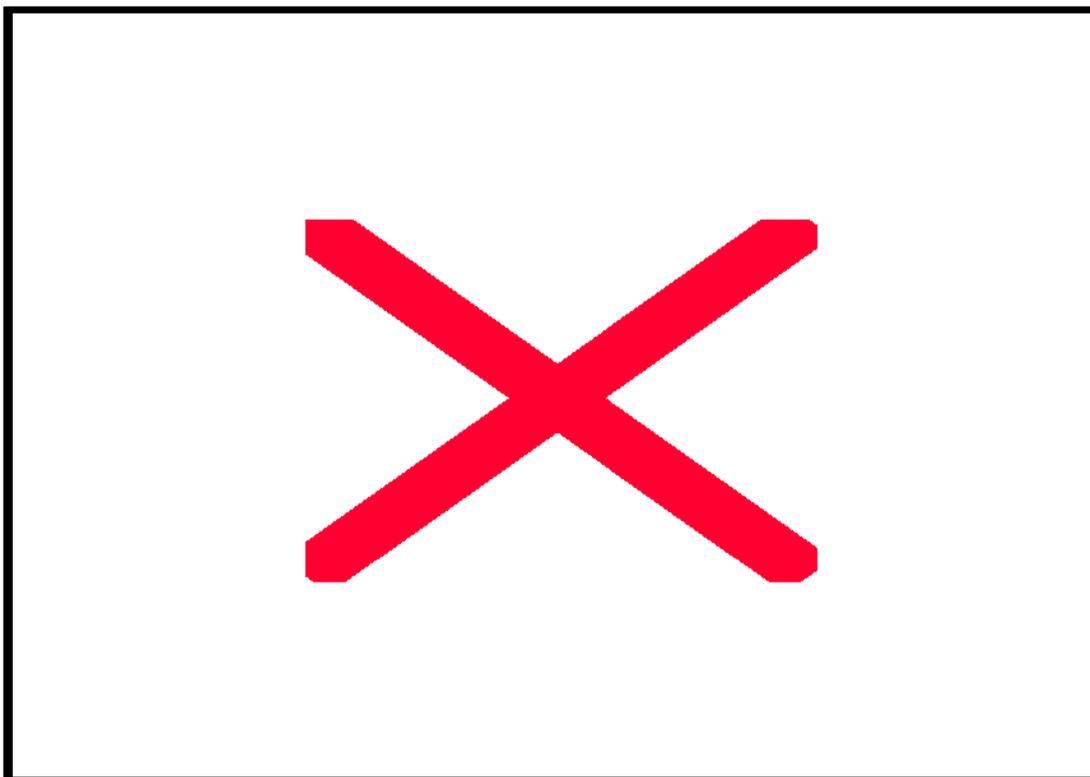


Figura No.8 Estudio de Máquinas Hidráulicas. Códice Atlántico, Folio 18. Fotografía tomada de MUNTZ, Eugenio. (1956)

La modelización es una herramienta de uso extendido en la construcción de la ciencia, su función es la de crear un puente entre las teorías presentadas y los datos con los que se cuenta de un fenómeno Francis Crick, confiesa que la construir su modelo de la molécula de ADN buscaba unificar los datos de los diferentes enfoques (física, química y biología) para acercarse lo más posible a la realidad (Crick, 1989). Los modelos son infinitamente ampliables, pueden materializarse en forma de artefactos y analogías, como lo hiciera Leonardo, o mediante formulaciones matemáticas.

De acuerdo con Greca y Moreira (1998), existen dos tipos de modelos: los modelos mentales y los modelos conceptuales. Los dos son imágenes simplificadoras de situaciones, fenómenos u objetos, pero los primeros se diferencian de los últimos por ser más rudimentarios, reflejar las creencias y esperanzas de quien manipula la información, no determinar con precisión los límites de aplicación y dejar de lado detalles o relaciones valiosas.

Dentro de la didáctica de las ciencias naturales se han concebido procedimientos para que los alumnos construyan modelos mentales coherentes con las teorías de una determinada comunidad científica, no obstante

se ha encontrado, según Greca y Morcira, que los jóvenes confunden las representaciones en las que se apoya la ciencia con "copias" de la realidad, por lo que idealizaciones como superficies sin fricción y el comportamiento de los gases ideales, entre otras, se asumen como "reales".

Sin embargo, estos investigadores concuerdan en afirmar que es deber del docente introducir al estudiante en actividades donde se privilegie la abstracción, ya que el problema que se presenta es por la poca familiaridad y el bajo dominio de estos mecanismos de aprendizaje.

Leonardo, genio de la ciencia y de las artes se ha valido de la imaginación en sus múltiples formas, sus pensamientos y anhelos han quedado grabados en los códices para los amantes de su trabajo y de sus "técnicas", aquellas que le permitieron resolver en su tiempo grandes problemas desde las diferentes áreas. El hombre del renacimiento, era un ser entregado a la contemplación del mundo, no buscaba ser dueño de este sólo extraer de sí algunas enseñanzas, el hombre de hoy por el contrario busca dominar sin reparar en el daño que ocasiona a su ambiente, es un ser fascinado por la tecnología de gran ingenio pero indiferente frente a la naturaleza.

La propuesta es transformar la educación en ciencias, formar individuos en la imaginación, del trabajo de Leonardo se extrajeron varias propuestas para ello, aún pueden encontrarse más elementos en su obra y en la de muchos otros personajes en la historia. pero lo importante es que es factible concluir que sí es posible plantear estrategias más atractivas para que los jóvenes se acerquen a la ciencia y cambien sus actitudes.

## 6. UN EJEMPLO DE APLICACIÓN BASADO EN EL USO DE LAS ANALOGÍAS

### 6.1 INTRODUCCIÓN

En el ámbito pedagógico las analogías son uno de los instrumentos que se pueden emplear en la clase de ciencias para el desarrollo de la creatividad, éstas contribuyen a hacer mucho más sencilla la asimilación de teorías complejas logrando con ello que el trabajo en el aula se vuelva atractivo y agradable.

De acuerdo al tipo de relación que se desee establecer entre objetos o situaciones las analogías se pueden clasificar en:

**Directas o Cotidianas:** Con ellas se busca encontrar similitudes en contextos diferentes de tal manera que haya una transferencia de lo conocido a lo desconocido.

**Remotas o Fantásticas:** Implican el olvido de patrones de la realidad para crear situaciones ideales pero razonables

A continuación se ilustrará con un ejemplo de física lo dicho anteriormente, éste ha sido tomado de un texto escrito por Albert Einstein para la difusión del conocimiento al público en general. Los docentes pueden valerse de libros originales y demás publicaciones donde se usen las analogías, al momento de preparar su clase.

### 6.2 ¿QUÉ ES UNA ONDA?

Una onda es una perturbación que se repite regularmente en el espacio y en el tiempo y que se transmite progresivamente de una partícula a otra o de una región a otra en un medio sin transporte de materia (Hewitt, 1995).

Como se puede apreciar, este enunciado es algo complejo pero Albert Einstein y Leopold Infeld intentan hacerlo más inteligible por medio de las siguientes analogías:

"Un rumor originado en Washington llega a Nueva York muy rápidamente, aún cuando ni una sola persona de las que toman parte en difundirlo haga el viaje para ese fin. Tenemos aquí dos movimientos diferentes: el rumor que va de Washington a Nueva York y el de las personas que lo difunden. El viento que para sobre un

campo de trigo determina un movimiento en forma de onda, que se difunde a lo largo de toda una extensión. Podemos distinguir en este caso nuevamente los dos movimientos, el de propagación de la onda y el movimiento de cada una de las espigas, las cuales ejecutan sólo pequeños desplazamientos de vaivén; es decir pequeñas oscilaciones" (Einstein, A e Infeld, L, 1986)

Tanto el rumor como el viento serían en estas analogías la representación de la onda, mientras que las personas y las espigas son las partículas. Es evidente que los autores tratan de explicar la diferencia entre el movimiento de avance de la onda y el de cada una de las partículas que la conforman para así ilustrar el hecho de que puede darse la propagación de un estado de perturbación de la materia sin que exista la propagación de la materia misma.

Es factible utilizar estas analogías modificándolas a situaciones con las que tenga un mayor contacto el estudiante dependiendo del entorno o de las inclinaciones del joven, por ejemplo se acomodaría perfectamente a las olas humanas en los estadios de fútbol.

Los dos personajes además de describir lo que es una onda didácticamente, se proponen caracterizarla a través de un experimento ideal nombrado la esfera pulsante:

"Supongamos cierto espacio lleno completa y uniformemente de agua, aire u otro medio. En algún punto de este medio, exento de movimiento hay una esfera quieta. De Repente, esta esfera comienza a "respirar" rítmicamente aumentando y disminuyendo de volumen, pero sin cambiar de forma ¿Qué acontecerá entonces en el medio?" (Einstein, A e Infeld, L, 1986)

Si se piensa en el medio como un conjunto de partículas se puede imaginar rápidamente la respuesta, la esfera empujara a las partículas vecinas al expandirse y esto ocasionará un aumento en la densidad del medio, luego habrá una disminución de dicha densidad por la contracción de la esfera, estos cambios rítmicos de densidad generaran ondas que se propagarán por todo el medio sin que la materia sea transportada.

Las analogías y la imaginación se combinan magistralmente aquí para ampliar el concepto de onda, como se puede observar la pregunta se responde fácilmente a partir de las primeras analogías. El experimento además es utilizado para aclarar otras nociones como: rapidez de onda, longitud de onda, onda transversal y onda longitudinal.

Como todo experimento imaginario se necesita sólo cambiar las condiciones del evento para obtener resultados distintos y eso fue lo que realizaron Einstein e Infeld, se preguntaron si el medio que rodea a la esfera fuera diferente cada vez, por ejemplo si se pasara de un medio gaseosos a uno líquido, ¿qué sucedería?. La respuesta fue sorprendente, la rapidez con que viajarían las ondas se modificaría, entonces la rapidez de una onda debe depender del medio. Ahora bien, supusieron que las pulsaciones de la esfera se daban más a prisa, con mayor frecuencia, ¿qué acontecerá? Resolvieron que la longitud de onda sería más corta, es decir, la distancia entre dos zonas circulares de máxima o mínima densidad se reduciría.

Una vez aclarados estos conceptos sólo quedaba distinguir ondas transversales de ondas longitudinales, para esto retoman la esfera pulsante y las analogías. De estas últimas recuerdan el hecho de que el movimiento de las partículas es una cosa y el movimiento de las ondas otra.

En el ejemplo de la esfera pulsante, tanto las partículas del medio como las ondas llevarían la misma dirección por lo que a este tipo de onda se le conocerá con el nombre de onda longitudinal.

Puede reforzarse este concepto haciendo que el sujeto imagine un resorte cuyos extremos estarán sobre las palmas de su mano, luego a uno de los lados se dará un pequeño empujón hacia arriba y la perturbación viajará por cada una de las argollas llevando idéntica dirección a la del empuje.

Para explicar las ondas transversales el experimento es transformado, ya la esfera no pulsa sino que gira hacia adelante y hacia atrás en torno a su propio eje pero con la restricción de describir sólo un pequeño ángulo, el medio por su parte cambia a gelatina, la cual se adherirá a la esfera formando círculos sucesivos que se desplazarán siguiendo la dirección del radio de la esfera mientras que las partículas se moverán perpendicularmente a la dirección radial.

Cuando el movimiento del medio, en este caso la gelatina, es perpendicular a la dirección en que se propaga la onda se dice que se trata de una onda transversal. (Hewitt, 1995)

Este ejemplo es mejorado por Einstein e Infeld con un caso más concreto y que podría realizarse a modo de laboratorio, dice así:

"Las ondas en el agua son transversales. Un trozo de corcho que flote sobre la superficie del agua sube y baja solamente, pero la onda se difunde a lo largo de un plano horizontal." (Einstein, A e Infeld, L, 1986)

Analogías y experimentos imaginarios son unas excelentes herramientas para el trabajo en la clase de ciencias, en la literatura existen muchas de fácil empleo e inclusive las hay que ayudan al docente a inspirarse para crear e imaginar nuevas situaciones.

## CONCLUSIONES

Se debe hacer del escenario académico algo estimulante, y que mejor que teniendo como principio pedagógico el desarrollo de la creatividad, la imaginación y la intuición. La enseñanza de las ciencias puede cambiar hacia un nuevo sistema que potencialice la formación de seres humanos más comprometidos con su proceso de aprendizaje y con actitudes positivas frente al conocimiento.

Entre las herramientas que se avienen a la promoción del ejercicio de la capacidad de abstracción están: los cuadernos de notas (más conocidos como diarios), los experimentos imaginarios, la modelización y el cultivo de otras habilidades como la flexibilidad, la fluidez y la atención.

La ciencia es desde esta propuesta más que un cuerpo de conocimientos sistematizados una producción cultural y como tal debe ser enseñada a los jóvenes educandos, sólo de esta manera se logra dar sentido al trabajo dentro del aula y se facilita la comprensión de los conceptos y procesos por los cuales se dio solución a un problema científico.

En la historia de la humanidad se encuentran diferentes personajes que serviría de guía al diseñar estrategias para la enseñanza de las ciencias naturales. es labor del docente procurar extraer los elementos más significativos que enriquezcan su práctica y le permitan al estudiante acceder a los conocimientos.

## BIBLIOGRAFIA

CSIKSZENTMIHALVI, Mihaly. (1996). El Fluir y la Psicología del Descubrimiento y la Invención. España: Paidós. p. 21-22

DE BONO, Edward.(1992). El Pensamiento Práctico. España: Paidós p. 150-166.

ECHVERRI, Angel Jorge. (1963). Mito y Realidad en Leonardo de Vinci. Santiago: Universidad de Santiago 55 p.

EINSTEIN, Albert e INFELD, Leopold. (1986). La Evolución de la Física. Barcelona: Salvat p. 74-77

El Experimento en la Clase de Ciencias. En: SEGURA, Dino (1991). Revista Naturaleza. Educación y Ciencia. No. 5 1er Semestre p. 45-53

GARCIA GARCIA, José Joaquín.(1998). Didáctica de las Ciencias, Resolución de Problemas y Desarrollo de la Creatividad. Colombia: Colciencias – Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia p. 79

GELB, Michael J. (1999). Inteligencia Genial: 7 Principios Claves para Desarrollar la Inteligencia. Inspirados en la Vida y obra de Leonardo Da Vinci. Colombia: Norma. p 14-49

HEWITT, Paul G. (1995). Física Conceptual 2ª ed. México: Addison-Wesley Iberoamericana, p. 721 y 402

La Creatividad como Horizonte para la Investigación e Innovación Educativa. En: ALDANA, Graciela. (2000). VIII Encuentro de Innovadores e Investigadores en Educación. Santafé de Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2000 p. 13-52

La Creatividad y el Tratamiento de Problemas. En: MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (1998) Lineamientos Curriculares: Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Santafé de Bogotá: Magisterio p. 60-68

La Función de los Experimentos Imaginarios. En: KUHN, Thomas. (1982) La Tensión Esencial. Estudios Selectos Sobre la Tradición y el Cambio en el Ambito de la Ciencia. México: F.C.E p. 263-289

La Imaginación en la Ciencia. Gerald Holton. En: PRETA, Lorena.(1993) Imágenes y Metáforas de la Ciencia. Madrid: Alianza p. 29-57

La Noción de Obstáculo Epistemológico. En: BACHELARD, Gaston (1972). La Formación del Espíritu Científico. Argentina: Siglo Veintiuno, p. 15-26

La Teoría en la Biología Molecular. En: CRICK, Francis. (1989). Qué Loco Propósito. España: Tusquets Editores, p. 125-133

Leonardo Da Vinci y el Nacimiento de la Ciencia Moderna. En: THUILLIER, Pierre (1990). De Arquímedes a Einstein: Las Caras Ocultas de la Invención Científica. Tomo 1. Madrid: Alianza Editorial p. 166-201

Ley General de Educación.(1998). Santafé de Bogotá: Fecode, 300 p.

Los Textos de Química: Un Análisis Crítico desde una Perspectiva Epistemológica, Científica y Didáctica. En: HENAO, Berta Lucila, et al. (1999). Revista Educación y Pedagogía. Vol. 11 No. 25 Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Educación. p. 211-220

MISIÓN CIENCIA. EDUCACION Y DESARROLLO. (1997). Colombia: Al Filo de la Oportunidad. Colombia: Magisterio, p 51-59

Modelos Mentales. Modelos Conceptuales y Modelización. En: GRECA, Ileana María y MOREIRA, Marco Antonio. (1998) Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 15 No.2 Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina p. 107-119

MUNTZ, Eugenio. (1956). Leonardo Da Vinci: El Artista, El Pensador, El Sabio. Buenos Aires: Ateneo 398 p.

ROMEI, Francesca. (1996). Leonardo Da Vinci: Artista, Inventor y Científico del Renacimiento. Barcelona: Serres, 64 p.

VERDEJO, C. (1973) Figuras. Barcelona: Ramón Sopena, p. 172-323.