

HUMANIDADES, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN PUEBLA

ACADEMIA JOURNALS



OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

ISSN 2644-0903 online

VOL. 2, NO. 2, 2020

WWW.ACADEMIAJOURNALS.COM

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN AUSPICIADO POR EL CONVENIO CONCYTEP-ACADEMIA JOURNALS



Dr. José Miguel David Báez
Dra. Ofelia D. Cervantes Villagómez
Lic. Rémy J. F. Poty Cervantes
Dra. Martha Leticia Gaeta González
Dr. Luis Quintanar Rojas
Dra. Yulia Solovieva
Dra. Beatriz Pérez Armendáriz
Lic. José Miguel Alejandro Campos Ramos
Dr. Daniel Mocencahua Mora
Mtra. María Alejandra Díaz Rosales
Lic. Andrea Cervantes Alonso

Bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la niñez y la
preAdolEscencia

Compilación del Mtro. Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

El material en este artículo se incluye también en el libro del mismo título publicado e impreso por el Consejo de Ciencia y Tecnología de Puebla (CONCYTEP), mismo que porta el ISBN 978-607-98236-2-7.





Bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la **niñez** y la **preAdolEscencia**

DR. JOSÉ MIGUEL DAVID BÁEZ • DRA. OFELIA D. CERVANTES VILLAGÓMEZ • LIC.
RÉMY J. F. POTY CERVANTES • DRA. MARTHA LETICIA GAETA GONZÁLEZ • DR. LUIS
QUINTANAR ROJAS • DRA. YULIA SOLOVIEVA • DRA. BEATRIZ PÉREZ ARMENDÁRIZ •
LIC. JOSÉ MIGUEL ALEJANDRO CAMPOS RAMOS • DR. DANIEL MOCENCAHUA MORA
• MTRA. MARÍA ALEJANDRA DÍAZ ROSALES • LIC. ANDREA CERVANTES ALONSO

COMPILACIÓN DEL MTRO. VICTORIANO GABRIEL COVARRUBIAS SALVATORI



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**
Gobierno de Puebla

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla



Secretaría
de Educación
Gobierno de Puebla

CONCYTEP

Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla



Bases para la inducción
y el desarrollo del
pensamiento científico
en la **niñez** y la
preAdolEscenciA



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**
Gobierno de Puebla

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Lic. Luis Miguel Barbosa Huerta

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE PUEBLA

Ing. David Méndez Márquez

SECRETARIO DE GOBERNACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Dr. Melitón Lozano Pérez

SECRETARIO DE EDUCACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Lic. Gabriel Juan Manuel Biestro Medinilla

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE GOBIERNO Y COORDINACIÓN POLÍTICA DEL H. CONGRESO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE PUEBLA

Mtro. Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

DIRECTOR GENERAL DEL CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE PUEBLA

La reproducción parcial o total de este material ya sea documental o digital, es completamente libre.

Impreso y hecho en México

Bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la **niñez** y la **preAdolEscenciA**

COMPILACIÓN DE VICTORIANO GABRIEL COVARRUBIAS SALVATORI

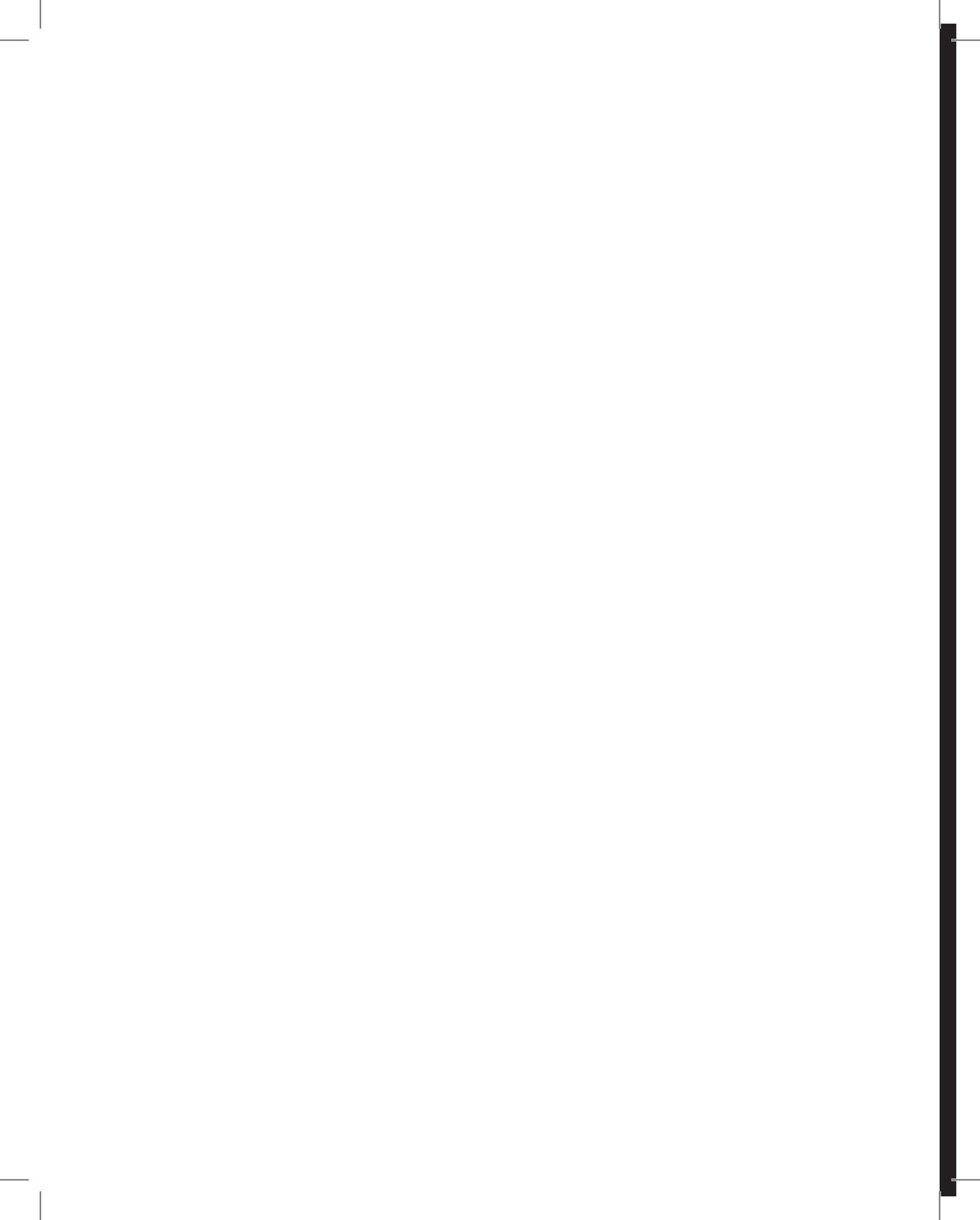


Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



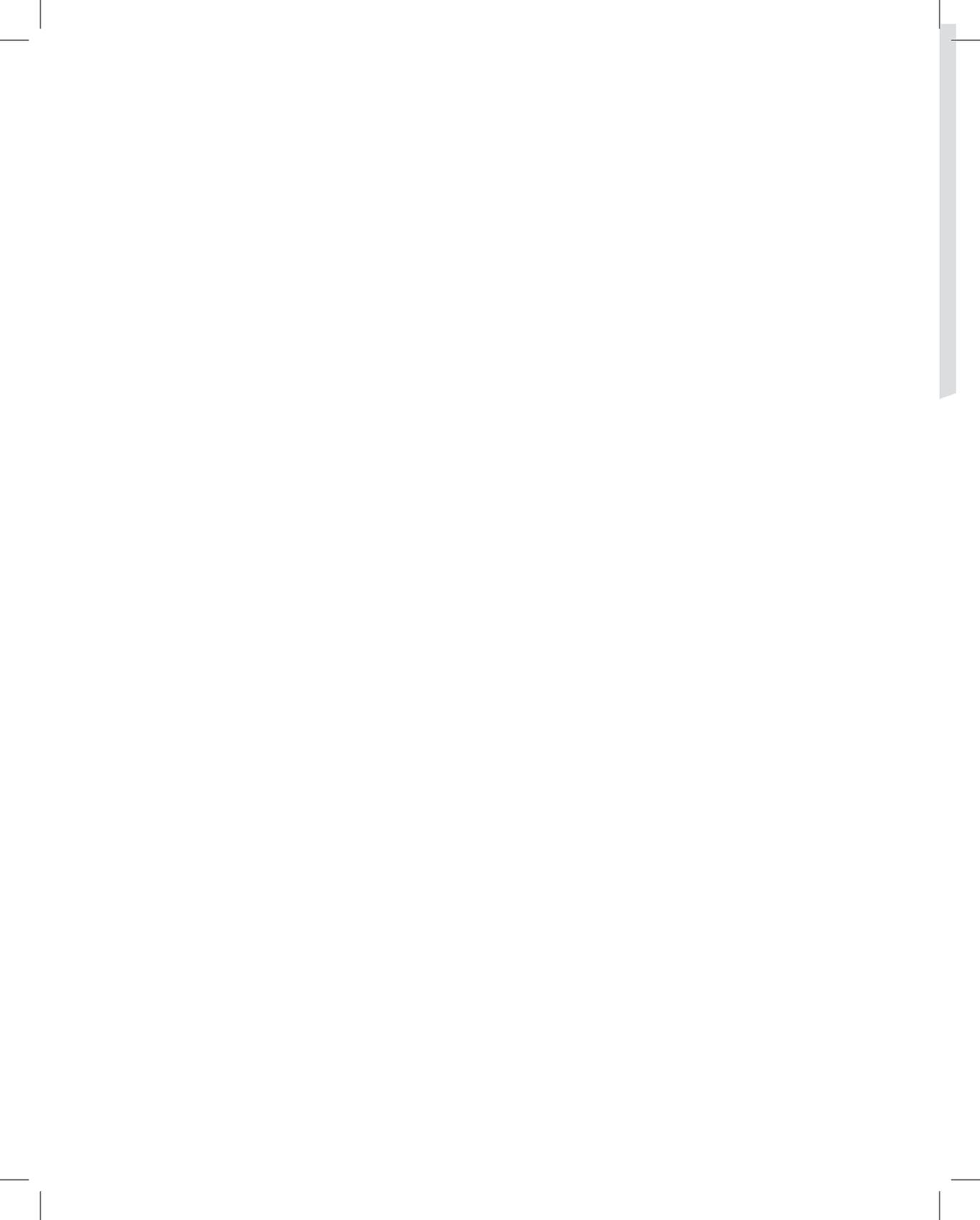
**Secretaría
de Educación**
Gobierno de Puebla

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla



“El objeto de la educación es preparar a los jóvenes para educarse a sí mismos a lo largo de sus vidas.”

ROBERT M. HUTCHINS.



ÍNDICE

- 11 : **Presentación**
- 15 : **Prólogo**
- 19 : **Las matemáticas como inductoras del pensamiento científico**
DR. JOSÉ MIGUEL DAVID BÁEZ
DRA. OFELIA D. CERVANTES VILLAGÓMEZ
LIC. RÉMY J. F. POTY CERVANTES
- 77 : **Autorregulación del aprendizaje**
DRA. MARTHA LETICIA GAETA GONZÁLEZ
- 111 : **Importancia de la teoría de la actividad**
DR. LUIS QUINTANAR ROJAS
DRA. YULIA SOLOVIEVA
- 173 : **Microbiota y aprendizaje**
DRA. BEATRIZ PÉREZ ARMENDÁRIZ
- 223 : **La lectura como estrategia de motivación científica**
LIC. JOSÉ MIGUEL ALEJANDRO CAMPOS RAMOS
- 253 : **La ciencia para los niños**
DR. DANIEL MOCENCAHUA MORA
- 293 : **El aprendizaje situado**
MTRA. MARÍA ALEJANDRA DÍAZ ROSALES
- 327 : **Siete entrevistas a científicos que hablan de cómo acercar la ciencia a los niños: Dr. Mario Molina, Dra. María Obdulia Sánchez Guadarrama, Dr. Eric Vázquez Jáuregui, Dra. Luz del Carmen Mones Pacheco, Mtro. José Rafael de Regil Vélez, Dra. Laura Angélica Bárcenas Pozos, Lic. Luciano Pérez Medina.**
LIC. ANDREA CERVANTES ALONSO



PRESENTACIÓN

Es misión del CONCYTEP apoyar, promover y divulgar el desarrollo de las humanidades, ciencia, tecnología e innovación, manteniendo una constante cercanía con la comunidad científica local, nacional e internacional, tanto con investigadores en ciernes, como en desarrollo y consumados.

Esta labor la realiza mediante apoyos a proyectos e infraestructura de carácter científico y tecnológico.

En la presente oportunidad, mediante este libro, el CONCYTEP se suma a la Estrategia Nacional de Lectura, creada e impulsada por el Presidente de la República, Lic. Andrés Manuel López Obrador, y apoyada en Puebla por el Lic. Luis Miguel Barbosa Huerta, Gobernador Constitucional del Estado, toda vez que, junto con la Secretaría de Educación y la Red Nacional de Bibliotecas, integra los tres ejes planteados en dicha estrategia: formativo, material y persuasivo.

Este libro recoge las fundamentadas inquietudes de un grupo interdisciplinario de científicos que, desde su profesión, opinan sobre cómo inducir el pensamiento objetivo, crítico, creativo y propositivo en la niñez y la preadolescencia, sin distinción de clases sociales y de entornos urbanos o rurales, siendo una oportunidad para este Consejo ofrecer a poblanos,

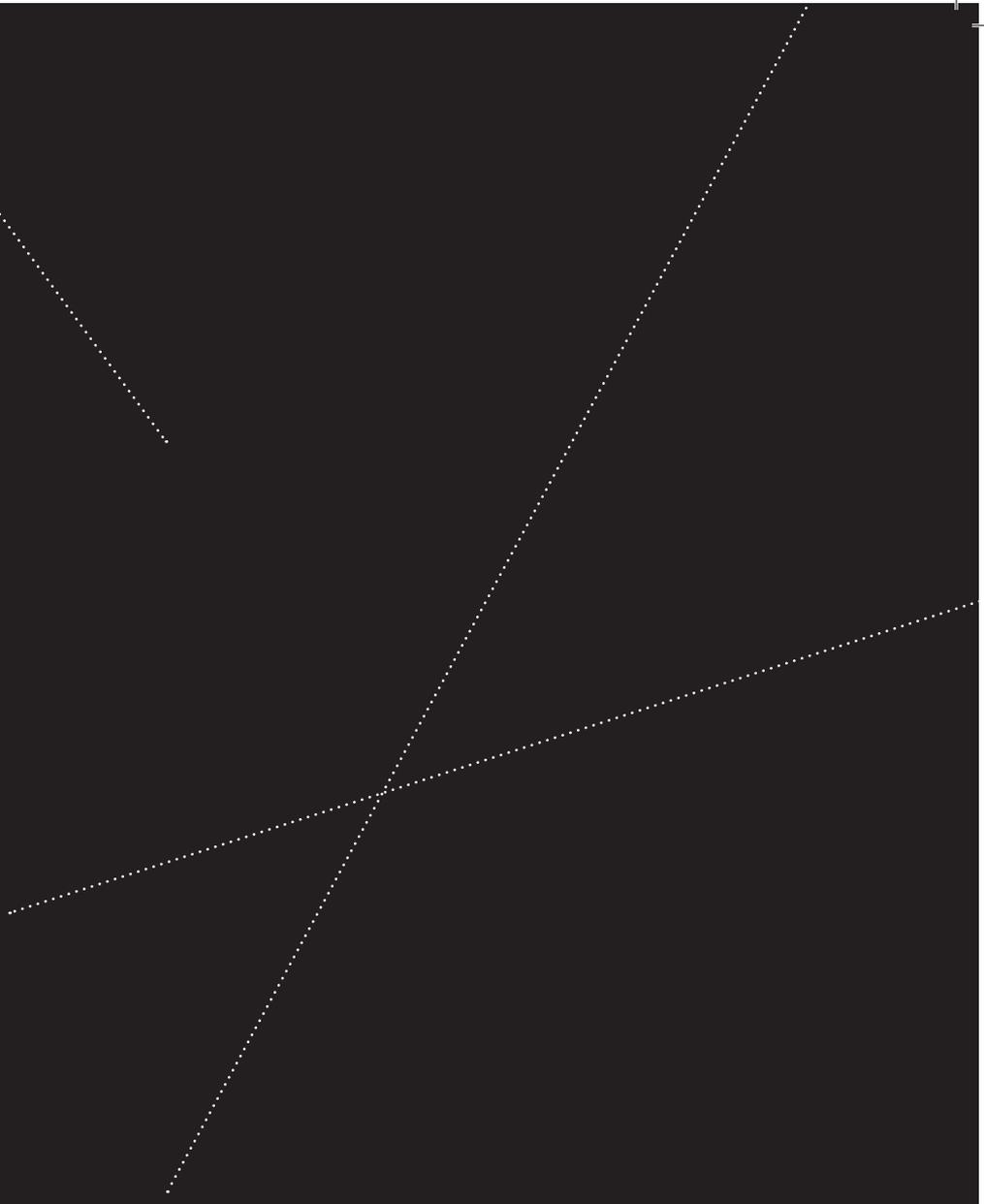
y por ende a los mexicanos, un libro ex profeso que llegará a los responsables de vigilar e impulsar la educación en nuestro estado y país, así como a muchas escuelas, a fin de que se lea y se reflexione en torno a la necesidad de desarrollar esa forma particular de pensamiento durante la niñez y la preadolescencia.

El quid de este texto es que sirva como un documento adicional de referencia y andamiaje para el diseño de políticas de Estado en materia educativa, científica y tecnológica como poderosas herramientas del quehacer público para la reducción de desigualdades sociales, según está contemplado en nuestro actual Plan de Desarrollo (2019 – 2024).

Su título es elocuente: *Bases para la inducción y desarrollo del pensamiento científico en la niñez y la preadolescencia*, de lo cual existen respaldos teóricos consistentes en que la plasticidad cerebral que facilita la formación de ideas, pensamientos y conductas vinculantes con la exploración, indagación, curiosidad y el ensayo, están marcadamente presentes en ese rango de edades, simplemente hay que saber inducirlos.

El CONCYTEP agradece el interés y el compromiso de los investigadores convocados y de los entrevistados, entre los que destaca el Doctor Mario Molina, para la concreción de este proyecto bibliográfico; asimismo, a nuestros servidores públicos recibirlo con benevolencia y atención, porque puede llegar a constituirse como un factor de cambio social que favorezca el desarrollo y que abata las hondas brechas de desigualdad social.

Mtro. Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori





PRÓLOGO

Fue en segundo año de Secundaria cuando descubrí que las Matemáticas no me gustaban y por lo consiguiente, pese a ser de naturaleza curioso (por algo uno de mis géneros literarios favoritos era y es la ciencia ficción), inconscientemente me alejé de la posibilidad de estudiar una carrera de carácter científico.

Aunque no podría demostrarlo objetivamente (sería tema de toda una investigación precisamente científica), siempre he supuesto y pensado (y que conste: con estas dos palabras estoy siguiendo el método científico: planteamiento de hipótesis y teoría) que el responsable de dicho alejamiento fue mi profesor de Matemáticas, de grata memoria pero de penosa influencia didáctica.

¿La razón?

Trataré de explicarla anecdóticamente, máxime que este libro va a ser leído por docentes y por estudiantes, entre otros posibles destinatarios.

Mi maestro de Matemáticas nos pidió un libro, que en realidad era un cuaderno de ejercicios, pero en cada capítulo mostraba una ilustración.

Un día cualquiera, al abrir uno de dichos capítulos, me encontré con la imagen de un soberbio y estilizado aeroplano esperando despegar en la

pista de un puerto aéreo. La imagen tenía un sugerente pie de foto: “Las Matemáticas nos sirven para diseñar aviones.”

Yo, como ya confesé, lector de ciencia ficción, de novelas que hablaban de naves voladoras, me entusiasmé hasta el extremo, y no sería exagerar si afirmo que con la imaginación me vi en un estudio frente a una mesa de trabajo diseñando uno de esos impresionantes pájaros de acero.

Años después, por cierto, leería una confesión de Gabriel García Márquez, el célebre escritor colombiano, que me hizo rememorar aquella emoción. García Márquez estaba en el Liceo, siendo adolescente, y había leído muchas novelas clásicas, desde *Los tres mosqueteros* hasta *El Conde de Montecristo*, de Alejandro Dumás, e incluso *Crimen y Castigo*, de Fedor Dostoyevsky. Y de repente se topó con una novela corta, una novelita de Franz Kafka, titulada *La metamorfosis*. La abrió y leyó el primer párrafo. “Una mañana, al despertarse después de un sueño intranquilo, Gregorio Samsa se descubrió convertido en un asqueroso insecto.” Tras soltar una imprecación que empieza con “c”, exclamó: “¿Se puede eso?” Confesaría que ese párrafo fue lo que cambió su forma de ver la literatura y lo que marcó su estilo y que llegara a ser el gran escritor que fue, hasta haber alcanzado el Premio Nobel.

En efecto, una emoción semejante me envolvió al ver la imagen de ese avión, y me vi ya ingeniero diseñando aeroplanos, gracias a las Matemáticas. Lamentablemente mi maestro me disuadió al quitarme toda ilusión.

Me acerqué a él y le pregunté, de manera casi inocente: “Maestro, ¿cómo es eso de que las Matemáticas sirven para diseñar aviones?”

Él me miró como con reproche, como si en el fondo mi pregunta tuviera que obligarlo a trabajar tiempo extra o a tener que investigar para contestarme. O simplemente porque no tenía la menor idea de su contenido. Recordando la expresión de su rostro y la forma en que me miraba, creo que más bien fue esto último, ignorancia: la ignorancia de un maestro que durante sus años de enseñanza se dedicó a repetir y no a razonar ni a reflexionar sobre la materia que impartía, a efecto de poder motivar a un alumno.

He aquí su respuesta: “Deja esas tonterías y resuelve los problemas.”

Y ahí me tienen: resolviendo mecánicamente las ecuaciones de primero y segundo grado, sin saber qué estaba yo haciendo, ni por qué lo hacía, y, sobre todo, para qué lo hacía.

Qué bueno que Gabriel García Márquez se hizo esa pregunta a sí mismo, no a su profesor de Literatura. Quizá le hubiera cotestado algo como: “Déjate de lecturas absurdas e ilógicas, y lee algo que sí entiendas.”

Lamentablemente yo no tuve la misma suerte, y México perdió un posible ingeniero en aeronáutica...

Por eso, qué gusto me da prologar esta obra, e incluso ser parte de ella, pues colaboro con un ensayo en el cual planteo la necesidad de incluir en los planes de estudio de Educación Básica relatos policiacos y de ciencia ficción, apropiados, claro, para la edad de los niños y preadolescentes, a fin de que aprendan a razonar y a volar con la imaginación.

Y más gusto me da que el director del CONCYTEP, Maestro Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori, haya tenido el acierto de convocar a varios investigadores para que, con plena libertad y desde la perspectiva personal de cada uno, pero también desde el enfoque de su profesión, desarrollaran algunas propuestas referentes a las estrategias que permitan acercar la ciencia y el pensamiento científico a los preadolescentes, para de esta manera inducirlos a interesarse por la ciencia.

El contenido de esta obra no tiene desperdicio:

Empieza con una defensa justamente de las Matemáticas, como estrategia para desarrollar las habilidades cognitivas y neurológicas del niño.

Continúa con un trabajo que defiende la autorregulación del aprendizaje, consistente en un modo de aprender en el cual los estudiantes establecen sus propias metas y desarrollan estrategias para alcanzarlas.

Prosigue con un trabajo que defiende la acción, basado en la teoría de la actividad, como motor de desarrollo de los alumnos. Resulta interesante leer aquí que el coeficiente intelectual de un niño puede acrecentarse o disminuir en función de la actividad con la que interactúa en su medio, a grado tal que dicha interacción acabará definiendo su personalidad.

Por supuesto, está la aportación de quien esto escribe, a la cual ya me referí.

Hay además un interesante trabajo acerca de la microbiota, es decir, el conjunto de organismos vivos que forman una comunidad intramicrobiana e intermicrobiana desarrollándose en un determinado ambiente ecológico. La sorpresa de este trabajo es que la microbiota, especialmente la intestinal, puede determinar la forma en que se desarrolla el cerebro de una persona, a grado tal que puede determinar su grado de estrés, ansiedad, depresión y función cognitiva, todo lo cual influye en la forma en que aprende. El ensayo deja en claro que la salud garantiza el aprendizaje, y lo opuesto puede generar el efecto contrario.

Otro ensayo más plantea que el recurso lúdico aplicado a la educación puede facilitar el gusto e interés de los niños por la ciencia.

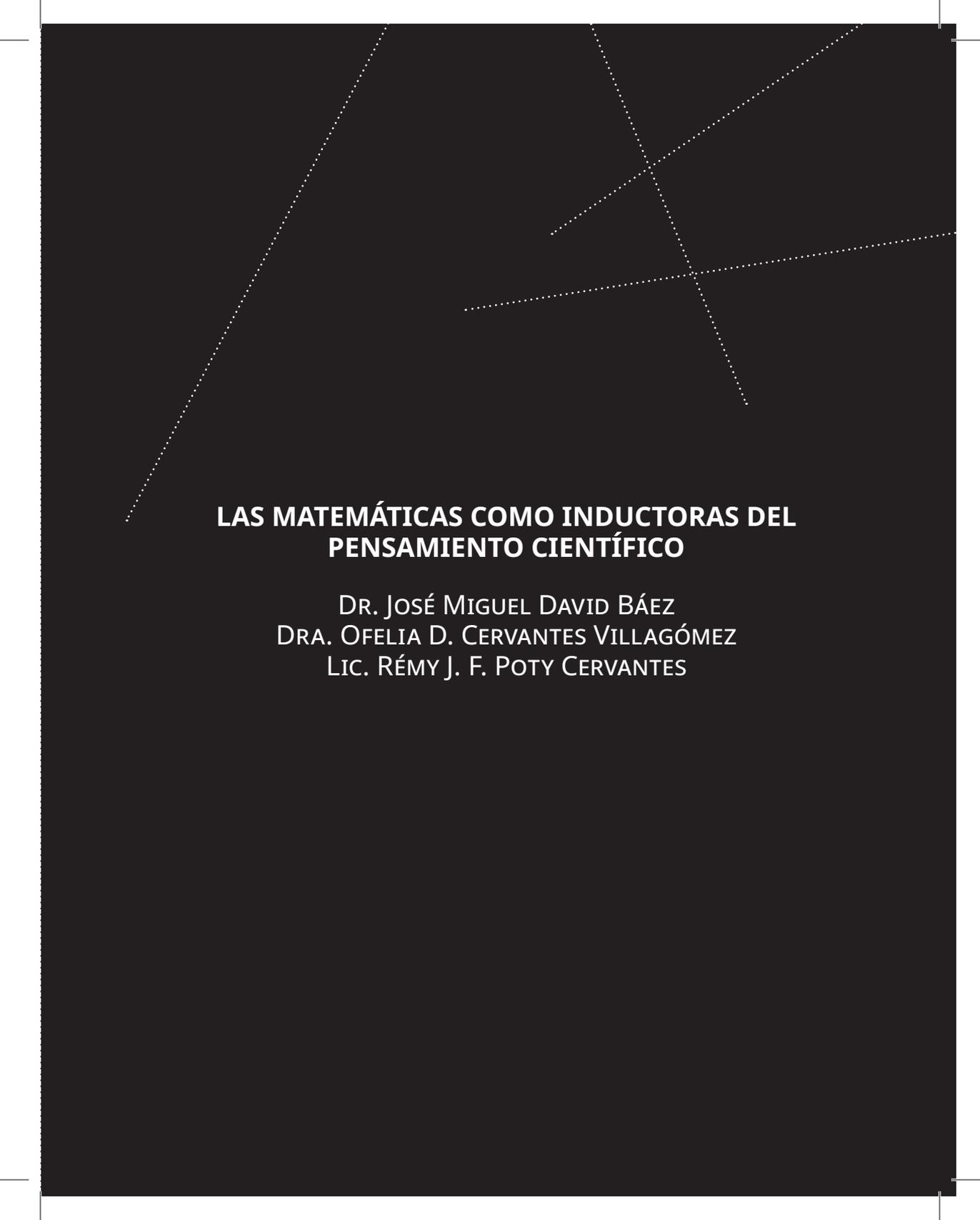
Se ofrece además un excelente y concreto trabajo, con propuestas muy puntuales y viables, sobre cómo despertar el interés del niño hacia la ciencia.

El lector de esta obra hallará además un enfoque sobre el denominado Aprendizaje Situado, que es una alternativa importante en los esfuerzos por sembrar el pensamiento científico en los infantes.

Como complemento, la parte final es una colección de entrevistas a destacados docentes e investigadores científicos, que exponen sus propias estrategias para fomentar la ciencia y el pensamiento científico en los estudiantes de Educación Básica. Todas están trabajadas de modo coloquial, muy asequibles para los lectores de esta obra, tomando en cuenta que esencialmente serán docentes y estudiantes. Por su importancia, sin duda destaca la entrevista al Premio Nobel Mario Molina, quien de una manera amena y coloquial platica sus experiencias con la ciencia y da algunos tips para acercarla a los alumnos.

La aportación del CONCYTEP con este libro podría redefinir el rumbo de la ciencia en nuestro estado.

LIC. JOSÉ MIGUEL ALEJANDRO CAMPOS RAMOS



**LAS MATEMÁTICAS COMO INDUCTORAS DEL
PENSAMIENTO CIENTÍFICO**

DR. JOSÉ MIGUEL DAVID BÁEZ
DRA. OFELIA D. CERVANTES VILLAGÓMEZ
LIC. RÉMY J. F. POTY CERVANTES



INTRODUCCIÓN

México afronta grandes desafíos para ofrecer a sus niños y jóvenes las oportunidades educativas que les permitan convertirse en ciudadanos productivos, íntegros, con conciencia solidaria y capacidades para contribuir al bienestar de la sociedad mexicana. A pesar de varias iniciativas promovidas tanto por organismos públicos como privados, la situación sigue siendo grave y apremiante pues nuestros jóvenes no alcanzan los niveles adecuados de formación en matemáticas y lecto-escritura, disciplinas básicas para el éxito académico y el éxito laboral y profesional.

México requiere de profesionales, de expertos técnicos, de innovadores y de científicos capaces de romper la dependencia tecnológica de otros países y de producir las soluciones que resuelvan los problemas de nuestro país. Un buen inicio en el aprendizaje de las matemáticas y de la lecto-escritura es la base para que niños y jóvenes puedan forjar sus capacidades intelectuales y alcanzar niveles superiores de conocimiento. Las capacidades que aportan las matemáticas y la lecto-escritura son fundamento no sólo en las áreas de ciencia, ingeniería e innovación. Estas habilidades son también la base del pensamiento crítico requerido por los especialistas en ciencias

sociales y humanidades y más aún por todo ciudadano contemporáneo que debe encontrar su lugar en una sociedad altamente competitiva y desafiante.

Por estas razones, en este documento se presentan las bases para la inducción al pensamiento científico y tecnológico en nuestro país, con el propósito de crear conciencia y proponer las estrategias que permitan que desde la educación preescolar y primaria se brinden a nuestros niños las herramientas que les permitan desarrollar mejores habilidades de aprendizaje, alcanzar mejores niveles académicos y con ellos lograr una mejor inserción laboral en su vida adulta. En particular, se aborda la necesidad de actualizar y de mejorar la manera en que se imparten las matemáticas y la lecto-escritura por la manera en que están fuertemente vinculadas. Nuestra propuesta busca ser una adaptación innovadora e incluyente, de las propuestas pedagógicas actuales, que proporciona las bases académicas para su efectiva y sencilla implementación.

Este documento se elaboró por petición del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) y de conformidad con sus lineamientos para fortalecer la investigación académica y la creación de proyectos científicos de investigación para su publicación y divulgación, con el propósito de establecer las bases para inducir el pensamiento científico y de desarrollo tecnológico en los niños desde la edad temprana. Para entender mejor la problemática abordada, en la sección 2, se presenta un análisis del rezago educativo y científico existente en México.

La sección 3 analiza las aportaciones de la neurociencia para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas y la lecto-escritura. Se describen las bases neurológicas del aprendizaje, así como las aportaciones de la psicología cognitiva, las neurociencias y su vinculación con la educación.

En la sección 4, se proponen criterios para la elaboración de estrategias y metodologías por desarrollar para la mejora de los procesos de aprendizaje de las matemáticas y la lecto-escritura como bases para la inducción del pensamiento científico en los niños. En particular, se presentan consideraciones para enriquecer y fortalecer los actuales programas educativos,

aportando recomendaciones para, haciendo uso de la tecnología, renovar los modelos de enseñanza-aprendizaje, los contenidos curriculares y los materiales pedagógicos, así como para ofrecer a los docentes programas de entrenamiento que los capaciten para utilizarlos adecuadamente, en beneficio de sus alumnos.

Finalmente, en la sección 6 se propone un mapa de ruta con recomendaciones finales por considerar en la implementación de la propuesta.



ANÁLISIS DEL REZAGO EDUCATIVO Y CIENTÍFICO EN MÉXICO

Conmovedoras historias de éxito como la de los niños mexicanos que han sido campeones en la Olimpiada Europea Femenil de matemáticas en 2016, o en el Campeonato Mundial de Aritmética Mental en 2017¹, o incluso en la Olimpiada Matemática 2019 de Centroamérica y del Caribe (OMCC)², podrían hacernos pensar que el nivel educativo de los niños mexicanos es de excelencia y compite a nivel internacional.

Desafortunadamente, esos son solo algunos casos excepcionales que no representan la realidad de nuestro país, pero que sí ilustran que la dedicación, el estudio y las técnicas pedagógicas adecuadas permiten capacitar a nuestros niños para alcanzar el mejor posicionamiento a nivel mundial.

La otra cara de la realidad en México es que alrededor del 66.2% por

1. Hernández, S. (2018). Estudiantes mexicanos ni de “panzazo” pasan en matemáticas. El Sol de México. 16 abril 2018. Recuperado de: <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/sociedad/estudiantes-mexicanos-ni-de-panzazo-pasan-en-matematicas-1617049.html>.

2. Niños mexicanos se coronan campeones de Olimpiada Matemática. El Sol de México. 21 junio 2019. Recuperado de <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/sociedad/ninos-mexicanos-se-coronan-campeones-de-olimpiada-matematica-centroamerica-y->

ciento de los alumnos que ingresa a nivel licenciatura en México presenta deficiencias en matemáticas, debido a que su preparación académica o hábito de estudios desde menores no fue el adecuado. Resultados de la prueba Planea 2017³, mostraron que 66.2% de los estudiantes de último grado de educación media superior del país cuentan con conocimientos apenas indispensables y que el 33.9% no son capaces de explicar la información de un texto sencillo con palabras diferentes a las de la lectura, lo cual muestra su bajo nivel de comprensión del lenguaje. Estos porcentajes revelan que nuestros jóvenes requieren de apoyo especializado pues sus deficiencias son muy importantes y provienen de niveles educativos anteriores. El pobre desempeño en la prueba refleja que los alumnos arrastran una cadena de carencias desde los primeros niveles escolares. El gran problema es que no se están aplicando políticas públicas que intenten resolverlo.

Alexandra Zapata⁴ afirma que alrededor de los 12 años, al terminar la primaria, es posible predecir con cierta certeza, con base en sus niveles de aprendizaje, si una niña vivirá en la pobreza por el resto de su vida o si podrá soñar con ser científica y trabajar en un laboratorio de alta tecnología. La posibilidad de salir de la pobreza empieza con la posibilidad de acceder a un sueldo digno. Un joven con oportunidades de aprendizaje tendrá mayores ofertas salariales que un joven con problemas de lectura y comprensión. La correlación es universal: Mejor capital humano es igual a mejores oportunidades laborales. No existe una beca, un subsidio o un incentivo a la inversión que pueda competir con un sistema educativo de calidad.

.....
3. Planea. Resultados Nacionales 2017. Educación Media Superior. Lenguaje y Comunicación. Matemáticas. inne.del-caribe-guillermo-del-toro-sudafrica-3794884.html.

4. Zapata, A., (2015). Manéjese con cuidado: Aula es destino. Publicaciones IMCO. Recuperado de: <https://imco.org.mx/blog/?s=matem%C3%A1ticas>
https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudiospublicaciones/Tendencias_actuales.html

Para Fernando Ruiz, investigador de la organización Mexicanos Primero⁵, el analfabetismo matemático en niños y adolescentes trae como consecuencia que en su momento opten por carreras universitarias en donde casi no haya números, descartando por completo las ciencias exactas y las ingenierías. Eso impacta en la formación de científicos y personal altamente calificado con consecuencias claras en la productividad y la formación de capital de las empresas.

De acuerdo con el Observatorio Laboral⁶, las profesiones mejor pagadas son aquellas que requieren de habilidades numéricas como Finanzas, Física, Economía, Estadística o Química. Y en un mundo que debe gestionar y analizar grandes volúmenes de datos, cada vez más empresas solicitan matemáticos aplicados.

Según la OCDE⁷, menos de la cuarta parte de los mexicanos culmina su formación con un título universitario a pesar de que quienes lo obtienen, en promedio, cuentan con ingresos el doble de altos que un trabajador con educación por debajo del nivel de educación media superior.

Otros resultados polémicos son los obtenidos por México en diferentes pruebas que buscan evaluar los resultados de aprendizaje alcanzados por los alumnos. En particular, el programa PISA⁸ (por las iniciales de *Programme for International Student Assessment*) de la OCDE, tiene como objetivo evaluar la formación de los alumnos al final de la enseñanza obligatoria, aproximada-

.....
5. <http://www.mexicanosprimero.org/index.php/educacion-en-mexico/enterate/noticias-de-hoy/6627-reprueban-matematicas>.

6. Tendencias Actuales del Mercado Laboral. Observatorio Laboral. Información estadística para el futuro académico y laboral en México. Recuperado de: <http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2017/ResultadosNacionalesPlaneaMS2017.pdf>

7. Las tristes cifras del rezago educativo en México según la OCDE. Alto Nivel. Noticias. Recuperado de : <https://www.altonivel.com.mx/educacion/las-tristes-cifras-del-rezago-educativo-en-mexico-segun-la-ocde/>.

8. OCDE (2017), Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar, OECD Publishing, París. Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>.

mente a los 15 años de edad, que es cuando se considera que han llegado al final de la enseñanza obligatoria y se encuentran en un momento decisivo de su vida, sea para proseguir estudios postsecundaria o para integrarse a la vida laboral. La evaluación cubre las áreas de lectura, matemáticas y competencia científica.

La prueba PISA busca evaluar el dominio de los procesos, el entendimiento de los conceptos y la habilidad de actuar o funcionar en varias situaciones dentro de cada dominio. El modelo de evaluación de PISA⁹ establece la aplicación de pruebas cada tres años, tomando como eje las competencias en lectura, matemáticas y ciencias, pero en cada aplicación se concentra en una de estas competencias, y de las restantes sólo se hace un sondeo. Así, en la primera aplicación en el año 2000, y después en 2009, la competencia en lectura ocupó la posición principal; en la segunda y quinta aplicación (2003 y 2012) se evaluó prioritariamente matemáticas; y en la tercera y sexta (2006 y 2015), ciencias. Si se consideran comparativamente los resultados en las fechas en que corresponde la evaluación principal a cada una de las competencias (lectura, matemáticas y ciencias), puede verse que las cosas no han cambiado mucho, pues México sigue rezagado en comparación con el resto de países de la OCDE (Tabla 1).

.....
9. Márquez Jiménez A. (2019). A 15 años de PISA: resultados y polémicas. Perfiles educativos, Vol. 39 no. 156, México, abr/jun 2019. Versión impresa ISSN 0185-2698.

Tabla 1. MÉXICO Y OCDE
MEDIDAS DE DESEMPEÑO EN PISA, 2000-2015

	Año	Lectura	Año	Matemáticas	Año	Ciencias
México	2000	422	2003	385	2006	410
	2009	425	2012	413	2015	416
OCDE promedio	2000	494	2003	499	2006	498
	2009	493	2012	496	2015	493

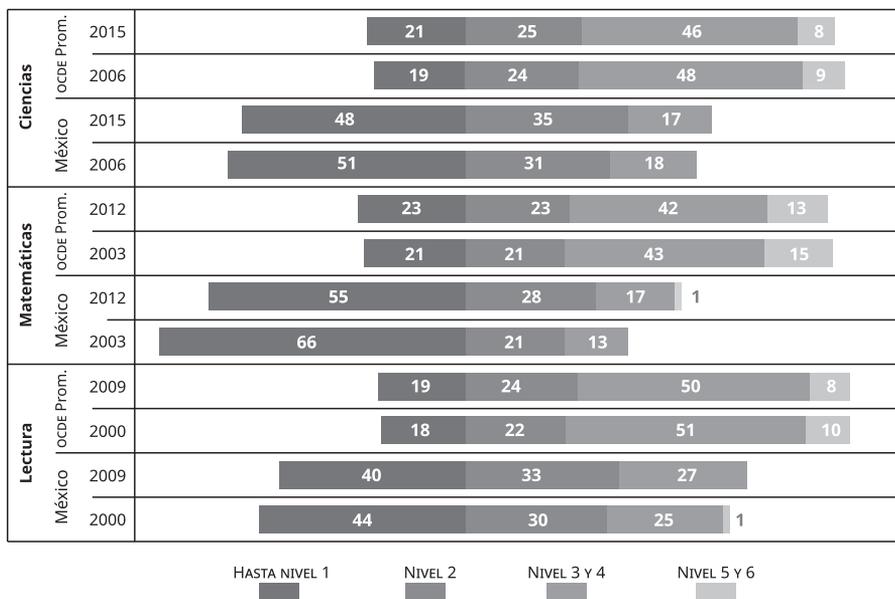
Fuente: NCES, 2017¹⁰

De manera complementaria, la Gráfica 1 muestra el porcentaje de estudiantes que obtuvo cada nivel de desempeño en la escala global para la lectura, matemáticas y ciencias en el periodo de 2000 a 2015, resaltando los bajos niveles alcanzados por México en estas pruebas, comparado con el promedio de los países de la OCDE. Por otro lado, desde hace más de una década se realizan evaluaciones a gran escala que representan una gran inversión de recursos, pero sigue siendo polémico qué tan útiles han sido para conocer y mejorar el sistema educativo nacional y a la sociedad mexicana.

Destaca por ejemplo el trabajo realizado por el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación (LLECE), el cual ha realizado tres evaluaciones que se iniciaron en 1997. En el contexto nacional el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) aplicó los Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos (Excale) desde el ciclo escolar 2004-2005 hasta el ciclo 2013-2014, y la Secretaría de Educación Pública (SEP) aplicó la Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE), que aplicó censalmente desde el año 2006 hasta el 2013. Estas dos últimas pruebas se suspendieron a favor del denominado Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA), que fue aplicado por la SEP en los años 2015 y 2016.

.....
 10. The Condition of Education (2017). Institute of Education Sciences. National Center for Educational Statistics (NCES). U.S. Department of Education.

GRÁFICA 1. PORCENTAJE DE ESTUDIANTES POR NIVEL DE DESEMPEÑO EN LA ESCALA GLOBAL DE LECTURA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS, 2000-2015.
TOMADO DE MÁRQUEZ JIMÉNEZ A. (2019).



Fuente: INEE, Informes PISA, varios años.

Los resultados obtenidos en todas estas evaluaciones han sido materia de profundo debate político, pero lo cierto es que estos datos ilustran que, aunque se han realizado algunas evaluaciones en el sistema educativo nacional, persisten los problemas que afectan la equitativa distribución de las oportunidades educativas, y en las disciplinas clave para la formación de niños y jóvenes, que son las matemáticas y la lecto-escritura, aún resta mucho por hacer. Un factor importante que explica el pobre progreso en la calidad de la educación en México es el deterioro de la inversión pública

en este sector. México es uno de los países donde la inversión pública en la educación representó para el periodo del 2013-2018 solamente el 5.4 % del PIB. (Producto Interno Bruto).

La Gráfica 2¹¹ ilustra que a partir de 2015 hubo un decremento que llegó a su mínimo en 2017, y que a partir de 2018, nuevamente se consideró como importante y se reinició el incremento de recursos. Esta suma destinada al fomento de la educación puede considerarse importante, en comparación a otros países de América Latina y África, pero desafortunadamente no produce los resultados esperados.

Por otro lado, México destina menos del 1% del PIB¹² a la educación superior, desarrollo tecnológico, innovación e investigación científica, lo que, comparado con países europeos o asiáticos, y Estados Unidos y Canadá, es desventajoso, además de considerar que la iniciativa privada destina muy poco a este rubro, lo que no es suficiente para la generación de nuevas tecnologías que a su vez produzcan productos innovadores que permitan la generación de riqueza.

El impacto de la pobre inversión en la calidad de la educación es evidente en todos los estados del país. En Puebla existe una de las más grandes tasas de rezago educativo, violencia y deserción escolar. Según el INEGI¹³, Puebla es el sexto lugar a nivel nacional en cuanto a rezago educativo, vaya, que un 40.2% de su población con 15 años o más no tiene instrucción escolar o ésta es menor a la secundaria completa. Este rezago es también confirmado en el portal de datos abiertos del Instituto Estatal de Educación

.....
11. Gasto público en educación en México, 2013-2018. Compromiso Social - Infografía recuperada de : <http://compromisoporlaeducacion.mx/gasto-publico-en-educacion-en-mexico-2013-2018/>

12. Gasto Público en Educación, total (% del PIB). Banco Mundial – Datos. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>

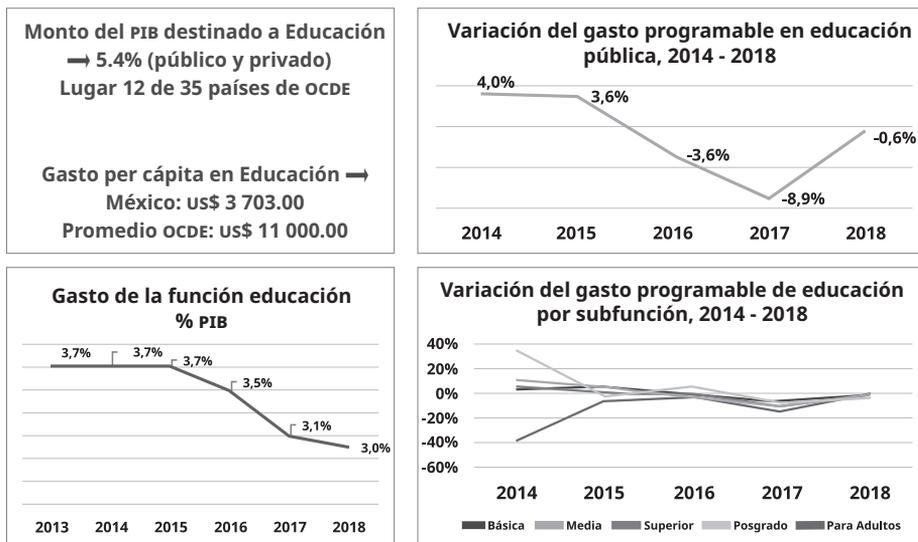
13. Puebla el sexto lugar nacional en rezago educativo: INEGI. Poblaciones. Recuperado de: <https://www.poblaciones.com/2018/05/puebla-el-sexto-lugar-a-nivel-nacional-en-rezago-educativo-inegi/>

para Adultos¹⁴. Y aunque ha habido iniciativas de la SEP del Estado de Puebla para mejorar la calidad de la educación en el estado y con ello la calidad de vida de los poblanos en todos los niveles¹⁵, buscando fortalecer los conocimientos desde la agilidad mental, los valores y las herramientas básicas de comunicación, nuestro estado de Puebla tiene condiciones particulares geográficas que han dificultado la implementación de programas prósperos y funcionales en el desarrollo de aptitudes y fortalecimiento del dominio de las materias científicas. Aún resta mucho por hacer para lograr beneficiar a todos los sectores sociales de la población.

.....
14. Población de 15 años o más en rezago educativo por municipio en el estado de Puebla. Datos Abiertos Puebla. Recuperado de: <http://datos.puebla.gob.mx/dataset/poblacion-15-anios-rezago-educativo-municipio>

15. Sánchez Ortiz, H. (17 de octubre de 2017). SEP trabaja para mejorar la calidad de vida de la Sociedad: Patricia Vázquez. Contraparte Periodismo en Equilibrio. Recuperado de: <https://contraparte.mx/~contrapa/index.php/municipios/14841-sep-trabaja-para-mejorar-calidad-de-vida-de-la-sociedad-patricia-v%C3%A1zquez.html>

GRÁFICA 2. GASTO PÚBLICO EN EDUCACIÓN EN MÉXICO (2014-2018).



Fuente: CEEF (2018). Calidad Educativa y Evolución de los Recursos Presupuestales en Educación, 2013-2018.

Estas cifras muestran claramente que la falta de inversión oportuna en educación tiene un elevado impacto negativo en la productividad nacional y como consecuencia en la calidad de vida de los mexicanos. Particularmente, los bajos niveles de calidad en matemáticas en todos los niveles educativos no favorecen la formación de los ingenieros, científicos e innovadores que requiere el país.

Actualmente, México sufre de alto índice de dependencia tecnológica¹⁶ ya que, de acuerdo a la OCDE, el país ocupa el doceavo lugar en la economía mundial en términos de PIB, y en contraste, el índice de competitividad del WEF (2016) lo ubica en la posición 51, de 138 países.

Adicionalmente, en 2014 el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial reportó la solicitud de 16,135 patentes, de las cuales solo 1,244 fueron para signatarios nacionales, lo que representó el 7.7% del total. Estas cifras indican el desfase y el reducido impacto que existe en México entre la generación del conocimiento científico y su aplicación a los ámbitos económico y social vía las patentes.

Por estas razones, resulta imperante focalizar las acciones de las instituciones públicas y privadas en el desarrollo de nuevos modelos educativos que fomenten el interés y la valoración de los conocimientos académicos para el desarrollo de una sociedad mucho más crítica y coherente con los valores de cooperación e integración social. Debemos iniciar desde el nivel preescolar, implementando modelos innovadores de aprendizaje de las matemáticas y la lecto-escritura, para sentar las bases del pensamiento crítico, analítico, constructivo y creativo que todo ciudadano debería tener. Debemos persuadir a nuestra cultura de pereza y apatía, de la importancia y el valor de ser un país con abundancia en recursos naturales, pero también con una conciencia de la riqueza de la majestuosa condición sociocultural de la cultura mexicana. Es necesario actualizar las estructuras institucionales educativas para el aprovechamiento de nuestro potencial socio-cultural y así fomentar el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico para contribuir a consolidar el porvenir económico y social de nuestro país.

.....
16. González Piñón, J.A. (30 de julio de 2017). OPINIÓN: México, un país con elevada dependencia tecnológica del exterior. Expansión en alianza con CNN. Recuperado de: <https://expansion.mx/opinion/2017/07/28/opinion-mexico-un-pais-con-elevada-dependencia-tecnologica-del-exterior>

APORTACIONES DE LA NEUROCIENCIA PARA FORTALECER EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS Y DE LA LECTO-ESCRITURA

La necesidad que tienen los niños para aprender matemáticas es evidente. Pero, ¿Tenemos los seres humanos capacidades numéricas innatas? Si fuera así, ¿Qué papel juegan esas capacidades para el aprendizaje posterior de las matemáticas? Desde los primeros ciclos escolares la educación matemática y la lectura deberían estar íntimamente ligadas ya que el estudio de ambas disciplinas activa partes únicas del cerebro que pueden ser utilizadas por otras actividades cognitivas, pero que de no ser activadas por estas tareas ya no se activan y permanecen en desuso. ¿Qué influencia tienen entonces las matemáticas en el desarrollo integral de las habilidades cognitivas de niños y jóvenes? Estas son preguntas que los expertos en neurociencia analizan y tratan de resolver¹⁷.

En esta sección se presentan los resultados de investigaciones sobre las bases neurológicas del aprendizaje, así como las aportaciones de la

.....
17. El aprendizaje matemático desde la neurociencia. Cuentos para crecer. Recuperado de: <https://cuentosparacrecer.org/blog/el-aprendizaje-matematico-desde-la-neurociencia/>

psicología cognitiva y de las neurociencias de la educación¹⁸ para mejorar el aprendizaje escolar de las matemáticas. La psicología cognitiva dio a conocer los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje pre-escolar de los conceptos de cantidad, de número y del cálculo, que deben aprender a efectuarlos en un contexto semántico. Las investigaciones en neurociencias mostraron las áreas y los procesos cerebrales involucrados en el aprendizaje, así como su relación con algunas áreas del desarrollo del lenguaje. Nuestro análisis aborda los avances en estas disciplinas con el propósito de fundamentar los cambios de enfoque que impacten la manera de enseñar las matemáticas y la lecto-escritura, para guiar y fortalecer la inducción al pensamiento científico y tecnológico en los niños mexicanos.

Bases neurofisiológicas del aprendizaje

Antes de abordar los procesos de aprendizaje, analicemos los aspectos fisiológicos del cerebro humano. (Cruz-Pérez, L. y Galeana del O., 2005)¹⁹ señalan que el sistema nervioso central (SNC) está formado casi en su totalidad por neuronas, unos 100,000 millones. Una neurona puede recibir y mandar señales a sus vecinas mediante pulsos eléctricos. Tiene tres partes principales, cuerpo, dendritas y axón. Cada neurona tiene prolongaciones delgadas o dendritas, que salen de la neurona como las ramas de un árbol. Son cables receptores de señales. El axón o fibra nerviosa es el conducto de salida de la señal. Es mucho más largo que las dendritas, desde milímetros a un metro. En su final tiene unas pequeñas estructuras que comunican con otras neuronas, y a esas conexiones se les llama sinapsis.

.....
18. Bravo Valdiviezo, L. (2016). El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias. Revista de Investigación (Arequipa), ISSN versión electrónica 2309-6691. Año 2016, Volumen 7, 11-29.

19. Cruz-Pérez, G.; Galeana del O, L. (2005). Los Fundamentos Biológicos del Aprendizaje para el Diseño y Aplicación de Objetos de Aprendizaje. Centro Universitario de Producción de Medios Didácticos. Revista Digital. Investigación en Educación a Distancia. Universidad de Colima.

Generalmente una neurona está conectada con otras 10,000. Por lo tanto, el potencial de conexiones que tiene el sistema nervioso humano con respecto a la cifra anterior de 100,000 millones es exponencial. La neurona procesa las corrientes eléctricas que llegan a sus dendritas y, por medio del axón, transmite las corrientes eléctricas resultantes, a una velocidad de alrededor de 100 metros por segundo, a otras neuronas conectadas a ella por medio de las sinapsis. En el espacio de conexión, el axón libera al espacio intersináptico el contenido de unas vesículas minúsculas. Estas sustancias químicas liberadas son los neurotransmisores, los cuales se difunden a través del espacio entre las neuronas, que son captados por receptores especiales situados en la membrana de una dendrita vecina. La neurona receptora puede ser excitadora o inhibidora, según el tipo de sustancias neurotransmisoras que elabore. De esta manera los estímulos se transmiten como oleadas de corriente nerviosa.

Todos nacemos con un conjunto completo de neuronas, pero las conexiones entre ellas (sinapsis) se crean con el proceso de aprendizaje. El crecimiento de las dendritas es lento y sus conexiones son pocas en los primeros tiempos de vida. Para que el crecimiento y las conexiones se den con rapidez es necesario un ambiente rico en estímulos que mande impulsos a las células sensitivas del niño y genere corrientes eléctricas nerviosas entre las neuronas.

Cada nueva experiencia abre nuevas conexiones. La “fuerza” del vínculo sináptico aumenta a medida que se repiten los estímulos. Es como un camino que cuanto más se pisa, más profundo y fácil de recorrer se hace (Regla de Hebb). Las neuronas que se conectan por medio de un axón vienen determinadas genéticamente. El recién nacido viene bien equipado con sus neuronas, pero estas conexiones son insuficientes; si a un niño no se le estimula (si no se le habla o acaricia), su cerebro no se desarrolla debidamente. Durante el desarrollo hay una gran multiplicación celular para formar el cerebro. Se forma casi el doble de las neuronas que posteriormente sobreviven para funcionar en el adulto. En algunas etapas se forman hasta 250,000 neuronas por minuto. Después del nacimiento las neuronas son capaces

de crear nuevas conexiones entre ellas. Las neuronas que se conectan por medio de una dendrita vienen determinadas por los estímulos externos.

La red dendrítica y sus sinapsis son la huella física de la cultura. La inteligencia viene dada fundamentalmente por estas conexiones y no por el número de neuronas vivas. La estructura de las neuronas cambia a lo largo de las diferentes etapas de la vida. Las prolongaciones dendríticas van aumentando hasta la edad adulta por los estímulos que recibimos del exterior. Cada vez que aprendemos algo nuevo el cerebro crea nuevas conexiones dendríticas entre las neuronas. Aprender es cambiar el cerebro. Lo importante no es el número de neuronas sino el número de conexiones entre ellas. De ahí la importancia de profundizar el conocimiento del impacto de las conexiones dendríticas para el aprendizaje y de analizar las interrelaciones entre el comportamiento del cerebro humano y la educación.

Psicología cognitiva y neurociencias

El aprendizaje de las matemáticas es un tema clave en el desarrollo de las ciencias y de nuestra cultura. El origen de la psicología autónoma a comienzos del siglo xx dio una orientación especial a la enseñanza del cálculo matemático al investigar el origen y evolución de los procesos mentales infantiles.

La psicología cognitiva y las neurociencias han aportado nuevos enfoques en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las investigaciones de Piaget e Inhelder (1941)²⁰, así como de Piaget y Szeminska (1941)²¹ han sido claves para mostrar cómo los niños desarrollan los procesos psicológicos del aprendizaje de las matemáticas. Estos investigadores asociaron el aprendizaje operacional de los conceptos de cantidad, de número y de cálculo,

.....
20. Piaget, J. e Inhelder, B. (1941). Le développement des quantités physique chez l'enfant. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel: s/e.

21. Piaget, J. y Szeminska, A. (1941). La genèse du nombre chez l'enfant. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel: s/e.

con el desarrollo mental de los procesos meta-psicológicos y del lenguaje. Desde el punto de vista cognitivo y pedagógico, indicaron que los conceptos de mayor relevancia para el aprendizaje inicial de las matemáticas son primero los conceptos numéricos concretos, antes que el concepto abstracto de dígito. Más adelante, aprenden secuencias, conteo, comprendiendo así las cifras o números, los conceptos de unidad y pluralidad, la adición y la sustracción, el ordenamiento cuantitativo y espacial, las proporciones y la seriación. Sus investigaciones marcaron profundamente el desarrollo de la psicopedagogía y las metodologías de enseñanza.

Varias otras investigaciones, como las de Pedrosa R. (2008)²², confirman la relación entre el desarrollo del lenguaje del niño y el aprendizaje del cálculo. Ambos dependen de algunas áreas cerebrales comunes. Este descubrimiento, en cierta manera, contradice las metodologías pedagógicas tradicionales que separan la enseñanza del lenguaje escrito de la enseñanza de los números. Las investigaciones de las neurociencias aportan fundamentos para que las metodologías pedagógicas tomen como objetivo la integración de las operaciones numéricas con su contenido verbal y semántico. Ellas muestran que tanto el conocimiento de los números y de las cantidades, coinciden con el lenguaje, lo cual indica que las estrategias de enseñanza del cálculo deben agregar las explicaciones verbales de su significado.

No basta con que los niños aprendan y memoricen cifras, cálculos o procedimientos de solución. Es necesario que los interpreten en un contexto semántico y los apliquen en la solución de problemas reales de su entorno. Es conveniente que se presenten múltiples aplicaciones prácticas a la vida diaria, a su entorno cercano. Es indispensable que se fomente el desarrollo del pensamiento matemático con el desarrollo paralelo del lenguaje que tenga significado en su realidad familiar, educativa y social. Deben usarse

.....
22. Pedrosa, R. (2008). Palabras y Números: el Pensamiento Matemático y su Relación con el Lenguaje. Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación. Recuperado de: <http://www.cienciacognitiva.org/?p=42>

ejemplos variados con objetos y situaciones conocidas para los niños, fáciles de entender y útiles para resolver problemas que les ilustren el beneficio de conocer las matemáticas.

Las neurociencias de la educación

Según Szúcs, D. y Goswami, U. (2007)²³, las neurociencias de la Educación tienen como objetivo estudiar: “*Las representaciones mentales en términos de la actividad neural del cerebro*”. Esta nueva disciplina aborda las investigaciones en neurociencias de los procesos de aprendizaje para mostrar el comportamiento de las conexiones cerebrales y cuáles son las zonas corticales más involucradas. Las investigaciones en neurociencias sobre el aprendizaje de las matemáticas y su correspondiente actividad cerebral se han enriquecido con la aplicación de nuevas técnicas de estudio del cerebro, tales como resonancia magnética funcional, potenciales evocados, magnetoencefalografía, tomografía de emisión de positrones, y otras, abriendo nuevas hipótesis sobre el proceso de aprendizaje infantil de las matemáticas. Para un análisis detallado de la actividad cerebral existente en la realización de tareas matemáticas, Gracia-Bafalluy y Escolano-Pérez (2014)²⁴ revisaron los conocimientos aportados por las técnicas de neuroimagen en la activación de áreas cerebrales y mencionan, en resumen, que:

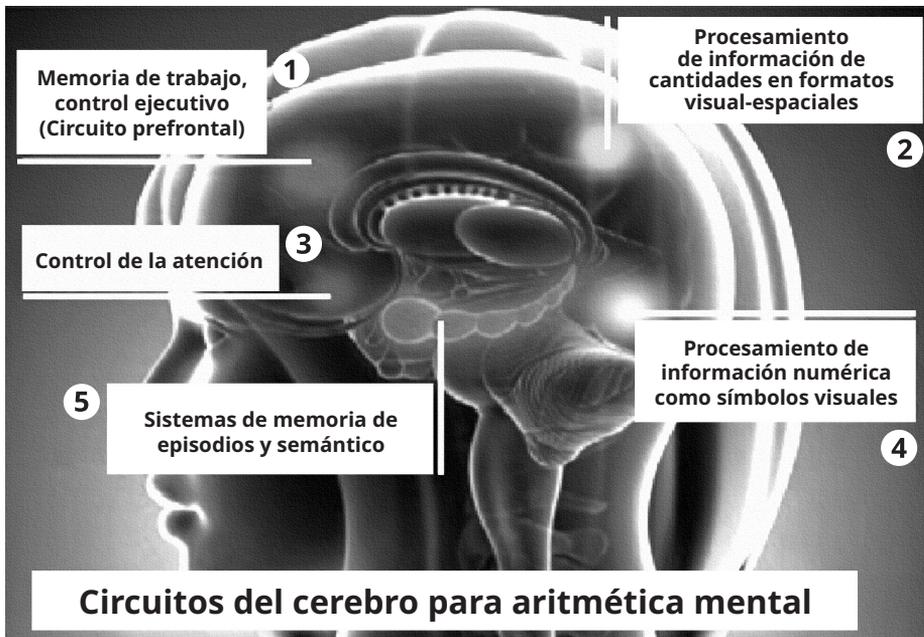
“Los estudios sobre activación cerebral durante la realización de tareas numéricas en niños han señalado la participación del lóbulo parietal bilateral, el lóbulo frontal, la corteza prefrontal (asociada a las vías visuales, al funcionamiento ejecutivo y a la memoria de trabajo). Además, los niños presentan una activación del surco intra-parietal (SIP) derecho más anterior que los adultos, así como una activación durante el procesamiento de cantidades no simbólicas.” (p. 71).

.....
23. Szúcs, D. y Goswami, U. (2007). Educational Neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1, 114-127.

24. Gracia-Bafalluy, M. y Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58, 69-76.

La Figura 1 muestra el área número 2 donde se visualizan las matemáticas²⁵, que es una parte de la trayectoria visual dorsal, especialmente usada cuando los estudiantes consideran la representación visual o espacial de una cantidad, como es el caso de la recta numérica. Conforme los estudiantes empiezan a madurar, entra en función la región central ventral, mostrada en el área número 4.

FIGURA 1. ÁREAS CEREBRALES ACTIVAS DURANTE EL ESTUDIO DE MATEMÁTICAS (BOALER J. ET AL., 2016).



.....
 25. Boaler, J., Chen, L., Williams, C. y Cordero, M. (2016). Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning, *J Appl Computat Math* 2016, Vol. 5, No. 5.

El conocimiento de la actividad cerebral generada al visualizar las matemáticas ha impulsado una moderna tendencia para enseñarlas, denominada: matemáticas visuales. En este enfoque se pueden presentar problemas simples de suma y resta de tal manera que se ocultan algunos objetos para que el estudiante pueda obtener la respuesta correcta. La recta numérica es un recurso “visual” natural ya que, al moverse en la recta numérica, los estudiantes “ven” de manera evidente el resultado. De esta manera se puede hablar de números negativos y dar ejemplos de ellos.

Otro buen ejemplo es el uso del tablero numérico (tabla de 10×10), herramienta muy útil para que los niños y las niñas desarrollen diversas destrezas matemáticas en el campo de la aritmética. Sirve principalmente para desarrollar el sentido numérico, incluyendo capacidades tales como el cálculo mental flexible, la estimación numérica y el razonamiento cuantitativo.

Este tipo de técnicas es aplicable desde los primeros grados de educación preescolar hasta cursos muy avanzados de matemáticas universitarias. Esta tendencia tiende a visualizar las operaciones matemáticas de distintas maneras, por ejemplo, usando los dedos para contar, realizar sumas y restas, multiplicaciones, etc. Otro ejemplo de las matemáticas visuales lo representa el uso del ábaco, en donde los dedos se sustituyen por bolitas y donde las operaciones matemáticas están bien reglamentadas.

En la misma tendencia de las matemáticas visuales, se ha popularizado la generación de herramientas audiovisuales y herramientas audiovisuales interactivas que motiven al estudiante a explorar más allá de lo que el salón de clases ofrece. Por ejemplo, un audiovisual puede ilustrar la suma de fracciones usando un círculo dividido en quintos. Este círculo seguido de cinco círculos que tengan las divisiones pero que sólo una de las divisiones (quintos) este sombreada. Al ir añadiendo estos quintos, empezamos a llenar el primer círculo y en número se describe la fracción que se ha llenado. Un uso de fracciones se puede también visualizar con un audiovisual interactivo que ilustre el uso de los colores combinándolos en una

fracción de cada uno de ellos para que a partir de los colores primarios generemos los colores secundarios y terciarios. Los conceptos se clarifican cuando se pide al estudiante que escriba los conceptos aprendidos y que los acompañe con dibujos.

Por otro lado, Arstein (2014)²⁶ y Dehaene (2011)²⁷, en sus respectivos libros, coinciden en que durante la evolución humana el cerebro fue estableciendo una relación entre el desarrollo del lenguaje y los conceptos pre-matemáticos. Un estudio detallado que revisa las investigaciones sobre el aprendizaje de las matemáticas desde la perspectiva de la psicología cognitiva y de las neurociencias de la educación, ha sido realizado por Bravo-Valdiviezo (2016)²⁸, profundizando en las principales variables del desarrollo infantil desde el punto de vista de los procesos cerebrales y de la forma como se efectúa el aprendizaje de las matemáticas. En su análisis afirma que las investigaciones en neurociencias de la educación requieren de una asociación entre investigadores del cerebro con psicólogos cognitivos y educadores. Las estrategias educacionales adecuadas para enseñar matemáticas facilitan que los niños aprendan y ejerciten la asociación verbal-numérica entre áreas cerebrales diferentes.

Adquirir y almacenar la información numérica, además de ejercitar la memoria de largo plazo supone un proceso rápido de asociación para convertir una cantidad en su correspondiente símbolo verbal o numérico arábigo. En este aprendizaje, una clave de la memorización de los procesos numéricos es la relación entre el desarrollo del lenguaje y del concepto de cantidad. Ambas son actividades cognitivas cerebrales expresadas en

.....
26. Arstein, Z. (2014) *Mathematics and the Real World: The remarkable Roles of Evolution in the making of mathematics*. New York: Prometheus Books.

27. Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathemathiques*. New York: University Press.

28. Bravo-Valdiviezo L., op. cit.

conductas de aprendizaje escolar, lo cual demanda la implementación de programas para formar a los maestros a fin de que elaboren y apliquen las estrategias psicopedagógicas adecuadas. La educación debiera buscar estrategias para que los niños aprendan mejor las matemáticas apoyándose en los aportes de las neurociencias y la psicología cognitiva.

CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS Y METODOLOGÍAS PARA LA INDUCCIÓN DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

La elaboración de metodologías para mejorar la calidad del aprendizaje de las matemáticas y de la lecto-escritura de manera que induzcan al pensamiento científico y tecnológico, requiere de trabajo dedicado por parte de expertos de varias disciplinas.

En esta sección se proponen algunos criterios resultado de la revisión de la literatura, que proponemos se deben considerar para la creación y/o adaptación de los modelos de enseñanza-aprendizaje, para la modificación y la actualización de los contenidos curriculares, así como de los materiales pedagógicos asociados y, por supuesto, para el entrenamiento especializado de los docentes que participarán en las aulas poniendo en práctica el nuevo enfoque para la enseñanza de las matemáticas y de la lecto-escritura.

Consideraciones para los nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje

Los modelos actuales de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas requieren de adecuación a las necesidades de las nuevas generaciones. El entendimiento

de los fenómenos cognitivos y las neurociencias permite formalizar las etapas del aprendizaje matemático y los factores esenciales para la enseñanza de las matemáticas, los cuales deben considerarse como criterios para mejorar los procesos de aprendizaje en nuestro estado y en nuestro país.

Los seres humanos disponemos de un sentido numérico innato²⁹. Se ha demostrado que nacemos con un concepto matemático numérico rudimentario que se limita a los números naturales iniciales (como máximo hasta el 4). Es decir que ya en el primer año de vida los bebés son capaces de discriminar entre dos o tres objetos (**este proceso se conoce con el nombre de subitizing**). El sentido numérico innato debe ser aprovechado para ir desarrollando un conocimiento matemático más profundo. Este conocimiento inicial podríamos equipararlo a la importancia de trabajar la conciencia fonológica para el proceso de lecto-escritura.

A partir del sentido numérico innato, Sousa (2008)³⁰ identifica cinco niveles de comprensión del sentido numérico que permiten al niño ir mejorando el conocimiento matemático. En cada etapa el niño debe ir asimilando los conceptos específicos e ir desarrollando simultáneamente el vocabulario específico.

Etapa 1. El niño no ha desarrollado el sentido numérico más allá de sus conocimientos innatos, por tanto, muestra dificultades en entender las comparaciones entre cantidades y los términos del tipo “más que/menos que” o “mayor/menor”.

Etapa 2. Empieza a adquirir el sentido numérico que le permitirá entender conceptos como “muchos”, “tres”; pero no conceptos como “más que” o “menos que”.

.....
29. Wynn, K. (1990), Children's understanding of counting. *Cognition*, Vol. 36, No. 2, August, 1990, pp. 155-193.

30. Sousa, D.A. (2008). *How the Brain Learns Mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.. op. cit

Etapa 3. Comprende plenamente el significado de conceptos como “más que” o “menos que” y puede utilizar los dedos para contar de uno en uno. Puede equivocarse en tareas donde aparezcan números más grandes que el cinco.

Etapa 4. Puede contar sin necesidad de dedos y empieza a entender la realidad conceptual de los números.

Etapa 5. Es capaz de recordar estrategias para resolver problemas porque empieza a automatizar operaciones aritméticas de las sumas y comienza a entender conceptos básicos de las restas.

Considerar las etapas de comprensión del sentido numérico en los niños permite establecer los factores esenciales para la enseñanza de la aritmética desde la perspectiva neurológica:

- Nuestro cerebro prefiere lo visual, tangible y concreto a lo abstracto, es necesario entender primero el sentido numérico no simbólico.
- Nuestro cerebro aprende a través de la predicción y la asociación con patrones, secuencias, y de esta manera podemos introducir conceptos matemáticos a la vida de los niños para practicar estimaciones y predicciones por medio de actividades lúdicas.
- Nuestro cerebro se satura cuando utiliza muchos datos en la memoria de trabajo, es imprescindible automatizar operaciones aritméticas para no dedicar todos los recursos al cálculo y poder así dedicar parte de los recursos al análisis y razonamiento de los problemas.
- Nuestro cerebro procesa los números utilizando tres procedimientos distintos (visual, verbal y cuantitativo) en los que se activan regiones cerebrales distintas y debemos activarlos todos mediante actividades con un enfoque multisensorial.

- Nuestro cerebro es extraordinariamente plástico y modifica su forma en función de la experiencia, de la experimentación por medio de la cual cualquier niño puede mejorar su desempeño, incluso aquellos niños que padecen discalculia.

Por otro lado, es claro que los principios básicos de las matemáticas contribuyen al desarrollo del pensamiento lógico requerido para resolver los problemas cotidianos, funcionando como el sistema de interpretación elemental para nuestra concepción del cosmos y del medio ambiente. La física y la geometría se encuentran dentro del espectro de las ciencias duras, las disciplinas que permiten elaborar esquemas de explicación a los fenómenos por los cuales estamos intrínsecamente alienados y que permiten en el consciente humano, establecer la referencia para el entendimiento de nuestras leyes atómicas, energéticas y en la fabricación de nuevas tecnologías.

Por estas razones, en los niveles básicos de la educación primaria se deben usar ejercicios didácticos simples que simulen situaciones **relacionadas con su contexto de vida**, como la compraventa de artículos sumando precios, añadir o sustraer amigos a su lista, pueden ser situaciones que les ayuden a comprender por qué son importantes los números en nuestras vidas.

Usar simples sumas y restas puede aplicarse para resolver problemas prácticos para la vida cotidiana y el intercambio de bienes, productos y servicios. La denominación de números postales, el número telefónico, la fecha de nacimiento, la medida o talla de algún objeto o individuo son las cantidades iniciales para la ruta de la comprensión teórica y práctica de nuestra realidad moderna. Los números son útiles y funcionales, están en todas partes. Nos permiten llegar a tiempo, transportarnos y hasta comunicarnos con tecnologías que han aprovechado la ciencia y la investigación de los números para abastecernos de herramientas para el desarrollo y sobrevivencia en el planeta Tierra.

En los alumnos mayores se debe mostrar cómo puede jugarse con los números para resolver problemas haciendo el aprendizaje de las matemáticas

mucho más interesante que enseñar técnicas y fórmulas que no ofrezcan un sentido práctico para los jóvenes. Por esta razón, el enfoque pedagógico de nuestra propuesta está orientado a **reconocer el contexto de aprendizaje** de los estudiantes y a adaptar la manera en que se impartan los contenidos acordes con la realidad y capacidades de los alumnos.

Con frecuencia, siendo las matemáticas una ciencia exacta, surge en los alumnos el temor de que equivocarse en un número o en un signo puede hacer que todo el ejercicio sea considerado como mal por el docente, al llegar a un resultado erróneo. Los niños que sienten rechazo hacia las matemáticas han sufrido en general frustración por no haber conseguido los resultados que el docente requería de ellos en el tiempo esperado, y tal vez solo necesitaban más tiempo, o que se les permitiera equivocarse para aprender de sus errores. Lo importante es que el alumno haya comprendido el camino por seguir, los pasos empleados, considerando todo el proceso para calificar y no solo el resultado. Por eso, es necesario un cambio de enfoque sobre los procesos de aprendizaje de las matemáticas y su correspondiente evaluación para lograr cambiar la percepción de los estudiantes, liberándolos del miedo.

El docente debe guiar al educando, suprimiendo el estrés y estimulando su curiosidad y deseo de aprender, para que disfrute del proceso sin temores, de manera lúdica e incluso divertida. Como lo menciona Fernández-Cárdenas (2018)³¹: “Los espacios no formales permiten desarrollar diferentes maneras de interacción con un sentido lúdico y transformador que libera a los alumnos y docentes de la rigidez con la que se relacionan en muchas ocasiones”. Ese cambio de paradigma, del temor al gusto de aprender, le irá generando la posibilidad de ganar confianza en su propia capacidad lógica,

.....
31. Fernández-Cárdenas, J.M. (16 abril 2018). La educación en ciencia y tecnología a través del diálogo y el aprendizaje transformador. Observatorio de Innovación Educativa. Tec de Monterrey. Recuperado de: <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/2018/4/16/educacion-ciencia-y-tecnologia-a-traves-dialogo-yaprendizaje-transformador>

para luego perfeccionar sus habilidades, prestar más atención a los números y signos, y llegar al resultado esperado. Una conclusión importante en este contexto es que la rapidez para resolver un problema es menos importante que el razonamiento empleado para plantearlo y resolverlo.

Por otro lado, muchos investigadores han explorado la relación existente y la sinergia posible entre el aprendizaje de las matemáticas y el dominio de la lecto-escritura, declarando que “*La lectura es fundamental*”³² en el proceso de aprendizaje, y su importancia aumenta entre más completo es el tópico que se aprende. Es bien sabido que cuando el niño lee y entiende realmente los problemas matemáticos, ya dio los primeros pasos para su correcta solución. Adicionalmente, Chen L. et al. (2018)³³ mostraron la correspondencia positiva entre la habilidad de la lectura y la actitud positiva hacia las matemáticas. Algunas experiencias en las que se solicita a los niños elaborar reportes describiendo la solución matemática elaborada, han demostrado que este proceso ayuda a madurar su pensamiento matemático³⁴.

La sinergia entre matemáticas y desarrollo del lenguaje, ha sido estudiada incluso analizando las imágenes cerebrales de quienes leen y tienen habilidades matemáticas³⁵. El cerebro de una persona que lee tiene más zonas activadas, lo cual favorece el incremento del vocabulario, de nuevos conceptos y también el aprendizaje de las matemáticas. Se ha hecho evidente también que el aprendizaje de las matemáticas estimula el desarrollo del lenguaje.

.....
32. Hernández, F. (2013). The Relationship between reading and Mathematics. Achievement of Middle School Students and Measured by the Texas Assessment of Knowledge and Skills. Disertación Doctoral, University of Houston.

33. Chen, L. et al. (2018). Positive Attitude Toward Math Supports Early Academic Success: Behavioral Evidence and Neurocognitive Mechanisms, *Psychological Science*, 1-13, 2018.

34. Bicer, A., Capraro, R. M. y Capraro M.M. (2013). Integrating Writing into Mathematics Classroom to Increase Students' Problem Solving Skills, *International Online Journal of Educational Sciences*, 5 (2), 361-369, 2013.

35. Eden, G. (2015). Brain Imaging Studies of Reading, Guinevere Eden Center for the Study of Learning, US AID. Global Education Summit. Recuperado de: <https://2012-2017.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/Eden.pdf>

En síntesis, integrando las aportaciones de la neurociencia, la psicología cognitiva y la pedagogía, proponemos que los nuevos modelos de enseñanza deben:

- Iniciarse desde temprana edad, estimulando las facultades innatas de aprendizaje de los niños.
- Incorporar elementos del contexto familiar y social del niño que está aprendiendo.
- Enseñarse de manera lúdica, eliminando desde pequeños, la falsa percepción de que las matemáticas son aburridas y difíciles.
- Usar un enfoque visual. Los estudiantes asimilan y aprenden mejor “experimentando” de manera tangible, los conceptos matemáticos.
- Hacer sinergia con el aprendizaje de la lecto-escritura y el enriquecimiento del vocabulario.

Para ilustrar la propuesta, se presentan a continuación los pasos que un docente podría seguir al momento de impartir una clase de matemáticas en cualquier nivel educativo: Presentación, razonamiento, ejecución, práctica y reforzamiento:

Presentación

(Lección breve sobre el concepto matemático - YO TE MUESTRO)

En este primer paso se hace la presentación del problema. Es necesario que se aclare lo que se tiene como datos y lo que se requiere como respuesta. La lectura del problema requiere que el estudiante sea capaz de leer y entender todas y cada una de las palabras y frases que describen el problema.

Razonamiento

(Docente y estudiante lo realizan juntos – JUNTOS HACEMOS)

En este paso, quizás el más importante del proceso de aprendizaje, se analiza el problema y se vislumbra cómo se puede llegar a la solución. A partir de los datos que se obtuvieron de la parte anterior, se obtiene un “modelo” matemático que nos permite hallar la solución. Es el modelo lo que nos permite modificar el problema, cambiar los datos de entrada, y llegar a la solución de manera simple y satisfactoria. Se deben realizar la demostración y resolución de 2 - 3 problemas.

Ejecución

(Práctica independiente – TÚ HACES)

En este paso se usa el modelo desarrollado en el paso anterior para obtener una respuesta correcta al problema planteado en la presentación. Para elaborar la solución del problema el estudiante debe hacer una descripción de cómo se obtuvo la solución del problema usando sus propias palabras. Este procedimiento permite al instructor saber qué tanto entendió el estudiante del proceso de solución del problema planteado. Se ha demostrado que esto lleva a un mejor entendimiento del proceso de solución. Aun cuando el estudiante no pueda obtener una respuesta, correcta o incorrecta, el proceso de plasmar con palabras su respuesta mejora enormemente el proceso de razonamiento en futuros problemas que se le presenten.

Práctica

(múltiples ejercicios –CHECAN COMPRENSIÓN Y APLICAN)

En este paso se practica lo aprendido en los pasos anteriores con el propósito de reforzar lo aprendido, y esto puede repetirse varias veces. Algunos problemas pueden ser simple cambio de datos mientras que otros son expresados de tal manera que se requiera invertir el proceso de solución.

Reforzamiento del análisis

(MÁS PRÁCTICA)

En el reforzamiento se deberán resolver problemas similares, pero adicionalmente se debe presentar una descripción escrita del problema. Esta descripción se debe considerar parte de la solución y como tal se debe calificar. Se ha demostrado que esta parte permite conectar la parte analítica de la solución de un problema.

Conforme se logre un avance en la resolución de problemas, el estudiante debe ser capaz de resolver problemas más sofisticados que permitan aumentar su confianza, al lograr aplicar la teoría aprendida en la resolución de los mismos.

4.2. Recursos educativos y uso de la tecnología

Sin duda, las matemáticas contribuyen a forjar en niños y jóvenes un pensamiento científico y tecnológico. De ahí la importancia que la sociedad debe otorgar al adecuado aprendizaje de las matemáticas en la escuela, fomentando que los especialistas elaboren los contenidos curriculares y generen los materiales requeridos por los docentes.

El proceso de culturización científica y tecnológica tiene diferentes niveles y matices que van desde la alfabetización hasta la especialización en matemáticas, ciencia y tecnología. En la actualidad, la escuela logra parcialmente la alfabetización de los estudiantes y sólo unos logran interesarse y tener éxito en ciencias e ingeniería. La pregunta es: ¿De qué manera debe la escuela dirigir el proceso de formación de la visión científica del mundo en las nuevas generaciones?

El análisis de los procesos de entendimiento de los conceptos y procesos matemáticos, así como de la lecto-escritura, representa una alternativa para lograr que la enseñanza produzca efectivamente aprendizaje. El libro

de Cantoral et al. (2005)³⁶ ofrece ejemplos excelentes, breves e ilustrativos de cómo enseñar matemáticas, evitando la repetición temática de los contenidos escolares y pretendiendo ser un apoyo para la reflexión didáctica de los docentes de matemáticas.

Por otro lado, la importancia de aprovechar las nuevas tecnologías está generando una revolución en la educación y sus modelos de enseñanza y aprendizaje. Es impostergable hacer un énfasis en el uso de la tecnología para la educación, pues debemos acrecentar y diversificar las maneras de usar estas nuevas tecnologías que están también evolucionando a un paso aceleradísimo. En esta sección describiremos algunas maneras de usar más eficientemente las nuevas herramientas del mundo digital orientadas a la educación desde una perspectiva innovadora e inclusiva con nuestra sociedad.

La creatividad, la amplitud de conocimiento e información, la calidad de la información y el detalle en los datos, son algunas de las razones por las cuales muchos docentes están prefiriendo la utilización de nuevas herramientas en el salón de clases. Pero también los beneficios son que muy probablemente al hacer a los niños desde pequeños, aprendices en el uso de la tecnología, con la progresión del tiempo y la experiencia, los límites serán solamente los horizontes creativos de cada individuo. Creemos fervientemente que si, por ejemplo, hoy enseñamos robótica para el cuidado del medio ambiente o el uso de las computadoras para transmitir conocimiento sobre los derechos humanos a un niño de 5 o 7 años, cuando tenga 19 o 20 años, quizá estará tripulando una nave hacia el futuro de una revolución tecnológica que protegerá la fauna y flora del universo y hará un correcto uso de esta tecnología para proteger y dilatar la existencia humana.

Hemos podido aprovechar las tecnologías para mejorar nuestra calidad de vida, debemos hacer lo mismo con nuestra manera de educar. Las nuevas tecnologías favorecen aprendizajes más interactivos y participativos,

.....
36. Cantoral, R. et al. (2005). Desarrollo del Pensamiento Matemático, Editorial Trillas, México. Febrero 2015.

permitiendo la colaboración entre individuos dentro y fuera de las aulas escolares. Se nos abre una posibilidad de aprender sin importar el tiempo, la distancia o las discapacidades individuales. Tenemos la oportunidad de personalizar el conocimiento y adaptarlo a nuestros requerimientos y objetivos. Esto sin duda también está provocando una cantidad creciente de retos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, en la necesidad de proporcionar calidad en los recursos y en la correcta utilización de las herramientas en los cursos académicos.

Haremos ahora una consideración especial sobre la relación que existe entre las herramientas tecnológicas, el material didáctico y la evolución de la educación en ambientes de aprendizaje centrados en la **inclusión social**.

Nuestra sociedad está evolucionando a pasos agigantados, pero nuestra tecnología está siendo desaprovechada. Desde perspectivas jurídicas, políticas y económicas ha existido una aceleración. Pero qué tal si hablamos también del detrimento de la desigualdad y de las condiciones que tienen aún algunos ciudadanos en cuanto a su calidad de vida. Estamos en un mundo de separación, de segregación y falta de inclusión social, donde existe una pobreza exponencial y un déficit en la accesibilidad de estas tecnologías. Desde el pasado siglo xx, la innovación tecnológica ha sido revolucionaria en muchos ámbitos, pero en la educación debemos hacer un cambio urgente y adaptativo. El paso del siglo xx al xxi está siendo marcado por una transformación de una sociedad basada en las relaciones materiales a otra que se apoya en las relaciones virtuales comunicativas en su sentido más amplio. En la utilización de herramientas que han logrado que la información sea mucho más universal y sobre todo al alcance de un *clic*. Simplemente en unos nanosegundos podemos tener acceso a mucha información. Información que no siempre es correctamente usada o aprovechada.

Una sociedad tan moderna como la nuestra debe aprovechar la información existente y exigir una nueva alfabetización basada en los nuevos medios técnicos y en los nuevos lenguajes que ellos suponen. Debemos invertir en la creación de nuevas herramientas enfocadas al progreso edu-

cativo y al bienestar social. Necesitamos de más creatividad para lograr que estas herramientas sean más funcionales. Debemos inventar nuevos modelos pedagógicos, aprovechar de manera novedosa las herramientas existentes, y sobre todo dar aplicaciones eficientes para apoyar en todas las estructuras educativas.

Los sistemas de educación no están progresando de manera correcta, ni generando los resultados necesarios para acabar con las condiciones de rezago actual. Los procesos de enseñanza se ven obligados a transformar la pedagogía. Los modelos de cognición deben indagar nuevas relaciones de aprendizaje. El lenguaje oral y escrito no cubren las capacidades actuales. La educación lúdica y creativa es mucho más iconográfica. Debemos aprovechar de los parámetros intuitivos que los productos dentro de las nuevas tecnologías están produciendo. El mundo digital debe ser utilizado para transformar nuestra realidad y debe ser un impulso para la educación.

La importancia de la conectividad está siendo un derecho básico para las instituciones y centros educativos. El condicionante del valor económico de estas nuevas herramientas también representa una problemática de accesibilidad y sobre todo una resistencia a sectores desfavorecidos o vulnerables para adaptarse y alfabetizarse. Sin embargo, existen alternativas de bajo costo que podrían facilitar el acceso a los recursos educativos a través, por ejemplo, de aplicaciones móviles, ya que cada vez es más popular que niños de todos los niveles socio-económicos tengan acceso a ese tipo de recurso.

Desde hace ya algunos años se han desarrollado muchas herramientas para la comunicación o para la interacción y diálogo desde plataformas digitales. El compartir información es mucho más práctico, rápido y eficiente que hace una década. Existen aplicaciones y soluciones inteligentes para muchas cosas. Desde dispositivos más veloces con mayor memoria, hasta herramientas de seguridad, monitoreo, evaluación y capacitación mucho más eficientes. Las herramientas móviles son ahora una puerta a la extensión del ambiente tradicional. En el trabajo o en las empresas los teléfonos móviles han permitido llevar la oficina a cualquier lugar. Las computadoras

personales han permitido generar libretas de trabajo y toma de notas mucho más rápida y con variables de diseño y graficas muy impresionantes. En la planeación y comunicación en todos los estratos sociales, las herramientas móviles han permitido acelerar la interacción y facilitar la comprensión e interpretación de datos.

Los dispositivos móviles, las plataformas tecnológicas, los recursos digitales proporcionan a los docentes y a los estudiantes herramientas didácticas fáciles de usar al contar con elementos multimedia. La dificultad está en la accesibilidad o la correcta utilización de estos recursos. Los profesores deben establecer parámetros de control y comunicación que sean pertinentes y apropiados a la apropiación del conocimiento que corresponda a los planes de estudio. Los contenidos educativos en Internet ayudan a despertar el interés de los estudiantes en temas específicos. Adicionalmente, los videos son una herramienta muy útil para ejemplificar conceptos muy teóricos. Pero la capacitación a los maestros debe hacer énfasis en la búsqueda de experiencias relevantes de enseñanza-aprendizaje que enriquezcan el proceso educativo de los estudiantes, pues muchas veces estos videos o herramientas digitales proporcionan un camino divergente y distracción.

El material didáctico que aproveche las nuevas tecnologías debe afrontar las diferencias, ser inclusivo. Los dispositivos móviles son una herramienta que está popularizándose. Ahora es más fácil obtener un dispositivo móvil, llámese tableta o teléfono que ya no solo es una libreta digital o un mecanismo de comunicación sino también un dispositivo que puede tener contenido y aplicaciones para una educación inclusiva. Existen incluso herramientas escolares para muchas discapacidades que ya están disponibles en estos ambientes de aprendizaje. Debemos considerar lograr ambientes adaptados a nuestras nuevas necesidades, que impliquen la consideración de las diferencias entre las habilidades, condiciones humanas y conocimiento o adaptación a la tecnología. Debemos hacer uso de las nuevas herramientas que apoyen el aprendizaje de todos los participantes en la relación de enseñanza y aprendizaje.

Los videojuegos y las interacciones de realidad virtual también proponen una nueva manera de enseñanza. Las grandes empresas desarrolladoras de programas y aplicaciones deben centrar sus productos en elementos que apoyen la educación. Ya existen muchas tecnologías y softwares útiles^{37, 38, 39, 40} que podrían adaptarse a los ambientes y espacios educativos de nuestra realidad nacional. Y varios otros más de software libre⁴¹, tales como Sage, Genius, Scilab, Dr. Geo y GeoGebra.

Muchas otras herramientas interactivas y didácticas se han desarrollado. Desde pizarrones, dispositivos personales móviles, sistemas de gestión y capacitación, sistemas de evaluación y tecnologías para la adaptación a discapacidades, o tecnologías para la mejora continua de los aprendizajes deseados. La amplia cantidad de recursos tecnológicos de la actualidad permiten al docente y a la institución educativa, tener a su disposición un abanico muy amplio de posibilidades para la realización de actividades de acuerdo a las características de su modalidad educativa y de su enseñanza en diversas asignaturas, lo que beneficia la autogestión del tiempo y la formación de los docentes.

Las nuevas herramientas permiten también una mejor planificación de los contenidos. Dentro de los espacios educativos hay que considerar que el tiempo es vital y el tiempo de atención es muy corto. Por su parte, los estudiantes han sido víctimas de la tecnología, pues han sido afectados en el sentido de que la concentración sea mucho más reducida, por lo cual

.....
37. <https://www.teacherspayteachers.com/> Consultado el 18 de junio de 2019.

38. IXL: Aprendizaje inclusivo y adaptable. <https://la.ixl.com/math/> Consultado el 18 de junio de 2019.

39. <https://www.youcubed.org/>

40. <https://mathsgo.com/>

41. 5 Programas de software libre para ser mejor en matemáticas (28 septiembre 2017). Univerisia México-Noticias. Recuperado de: <https://noticias.universia.net.mx/en-portada/noticia/2014/11/26/1115863/7-programas-software-libre-mejor-matematicas.html>

las herramientas tecnológicas deben aprovechar el espacio para estar en constante comunicación y con contenidos mucho más dinámicos.

Los espacios educativos deben estar relacionados con el ambiente de aprendizaje, deben incluir herramientas tecnológicas útiles y el aprovechamiento de una guía correcta por parte de los maestros. Nuestros salones del futuro cercano deben contemplar la mejora continua y la consideración de una tecnología revolucionaria en constante actualización. Esta obligación sobre la adaptación de los ambientes, del correcto uso de los elementos didácticos y de las nuevas tecnologías, debe atraer al público meta. Los padres de familia, los alumnos y los educadores deben sentirse cómodos en las escuelas, aulas y espacios educativos. Debemos aumentar la atracción y volver nuestra educación mucho más atractiva. Aumentar la propuesta de cursos y talleres podría ser una solución. Las tendencias educativas contemporáneas afortunadamente están estableciendo nuevas investigaciones y alineando la oferta educativa a las nuevas necesidades sociales y tecnológicas. No podemos confiar solamente en ofrecer innovación en los temas y en el uso de herramientas; también debemos considerar una mayor adaptabilidad de los espacios físicos, de los salones, de las aulas escolares y de todas las instalaciones dedicadas a generar una interacción mejor adaptada a nuestras diversidades. Por ello se deben formar estructuras de trabajo mucho más colaborativas: mesas redondas, materiales de uso común. Romper con el esquema tradicional de todos viendo de frente al pizarrón y solo repitiendo y memorizando lo mismo.

Debemos disponer de ambientes mucho más progresivos y sobre todo interactivos, permitiendo que los alumnos aprendan a su ritmo. Dentro de un mismo salón se pueden hacer pequeños grupos de trabajo. El maestro puede desarrollar una clase general para hacer una introducción del tema o conocimiento por impartir, pero progresivamente debe haber una participación mucho más empírica y de práctica según los avances de cada individuo. El maestro puede generar conjuntos de estudio y práctica que sean relevantes a las condiciones y circunstancias del grupo. Puede, además, establecer una guía constante dentro del ambiente de trabajo.

Se pueden crear ambientes donde todo se pueda mover y adaptar, donde bancas, mesas y mobiliario sean modulares y dinámicos. Por ejemplo, que en un mismo salón las bancas y pizarrones sirvan para hacer una clase en forma de escenario, pero luego poder mover los elementos para generar diversas mesas de debate o romper con el alineamiento tradicional y permitir que se hagan pequeños grupos de trabajo. Invertir tiempo y planeación en estas consideraciones sobre el espacio es esencial, y quizá hasta fundamental, para lograr que todos los participantes de la comunidad educativa puedan sentirse cómodos y mejorar de manera funcional la formación y entrenamiento en nuevos conocimientos.

En las aulas de un modelo activo debe haber un espacio donde se pueda acceder a la información que tenga el Internet, una computadora de uso común, establecer tiempos de colectividad, pero también de trabajo individual, la organización espacial y la disposición de los utensilios debe proponer también el esparcimiento, tener un espacio o un área que sea considerada para actividades lúdicas y recreativas, debemos apoyar la sensibilidad emocional y la expresión corporal, nuestros salones deben ser mucho más sociables y amigables, deben adaptarse a mejores maneras de comunicación, interacción y productividad.

Por otro lado, una propuesta viable es usar inteligencia artificial en nuestras aulas educativas, para desarrollar programas que permitan que los entornos de aprendizaje sean adaptativos y personalizados⁴². Las plataformas de autoaprendizaje pueden ser un enlace entre el modelo educativo de una institución y el involucramiento de los alumnos.

La inteligencia artificial en plataformas educativas permite digitalizar y controlar datos, encontrar patrones de conducta y aprendizaje de los alumnos, identificando cuáles son las mejores secuencias de aprendizaje según cada alumno o grupo en el cual se aplique. Otra probable utiliza-

.....
42. Hernández, G., Benítez, E., Mezura-Godoy, C. (2014). Ambientes inteligentes en contextos educativos: modelo y arquitectura. *Research in Computing Science Journal*, Vol. 77, pp 55-65.

ción de la inteligencia artificial en las plataformas es la interacción que seguramente en un futuro podrá ser adaptativa, intuitiva y sobre todo muy personalizada. Un ejemplo de esto podría ser que el instructor deje de ser humano y las lecciones las pueda seleccionar el alumno mediante los contenidos que ya están programados desde la inteligencia artificial, aplicando un aprendizaje dialógico.

En síntesis, debemos aprovechar de mejor manera todas las herramientas existentes para generar ambientes de aprendizaje mucho más eficientes e interactivos. La adquisición de nuevas tecnologías se debe condicionar a su adecuada selección para que realmente fomente el aprendizaje, generando interacciones mucho más didácticas y aportando soluciones funcionales a las problemáticas de nuestra realidad social.

Las estrategias pedagógicas por desarrollarse deben considerar la capacitación adecuada de los creadores de materiales educativos, de los docentes que los utilizarán, así como de los administrativos que estimularán y supervisarán su uso adecuado para impactar positivamente los procesos de aprendizaje en los niños y adolescentes.

Todos los centros educativos deben tener acceso al Internet como base al contacto de muchas otras herramientas tecnológicas. Todas las escuelas deben tener un centro o aula de capacitación y entrenamiento que haga uso de nuevas tecnologías. Esto ayudará en el proceso de enseñanza y aprendizaje de habilidades y capacidades que además de fortalecer el dominio de disciplinas estratégicas, como las matemáticas y la lecto-escritura, fomentará el desarrollo personal, académico y laboral de la comunidad educativa, incluyendo estudiantes, docentes y administrativos.

4.3. Formación de los docentes

Si bien hemos mencionado ampliamente la problemática del aprendizaje de las matemáticas, es conveniente también subrayar el gran dinamismo de la

comunidad de investigadores de la educación matemática y la relevancia de muchas de sus producciones.⁴³

En la última década se ha tomado mayor conciencia del papel protagonista del profesor como mediador entre el conocimiento matemático escolar y los alumnos. Pero las indagaciones sobre la práctica docente indican que las reformas educativas implican, las más de las veces, distancias excesivas entre la acción de los docentes y lo que se introduce como innovación. Estas distancias —como Michèle Artigue (2004)⁴⁴ ha señalado—, “*Hacen imposible la asimilación.*”

Para lograr avances en la comprensión de la relación entre la enseñanza y el aprendizaje, es necesario efectuar investigación básica y experimental. Existen gran variedad de recursos didácticos financiados y publicados por la Secretaría de Educación, que resultan de las contribuciones de expertos en nuestro país. Pero desafortunadamente no han resuelto el problema nacional. En un país con tantas desigualdades y carencias educativas como México, necesitamos orientar nuestras acciones a primero entender la realidad educativa y lo que esa realidad necesita y puede asimilar, para poder avanzar hacia su mejora.

La mejora de todo el sistema educativo no es responsabilidad única de los investigadores, es un problema de política educativa, cuya responsabilidad corresponde a los tomadores de decisiones, con la contribución de los investigadores, para llevar de manera adecuada a las escuelas los recursos educativos que contribuyan a mejorar la enseñanza y, por tanto, los aprendizajes de los estudiantes.

.....
43. Ávila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: una mirada a 40 años de trabajo. *Educación Matemática*. Vol. 28., no. 3. México, diciembre, 2016. Versión impresa ISSN 1665-5826.

44. Artigue, M. (2004). Problemas y desafíos en educación matemática: ¿Qué nos ofrece hoy la didáctica para afrontarlos? *Educación Matemática*, 16 (3), 5-28.

El problema es complejo porque no solo implica la creación de saberes y recursos didácticos útiles para la enseñanza. Se requiere de reformas educativas que incluyan procesos de formación de docentes. Ésta ha sido una de las limitaciones de las propuestas anteriores, lo cual ha mostrado su limitado y desigual impacto en la puesta en marcha de los nuevos modelos educativos y en el uso de los materiales pedagógicos en que se apoyan las prácticas de enseñanza.

Para que un nuevo modelo de aprendizaje de las matemáticas y de la lecto-escritura pueda tener un impacto real en los niños y jóvenes mexicanos, es necesario examinar las condiciones reales en las que se lleva a cabo la enseñanza, las historias profesionales y de formación que hay detrás de la acción docente, así como las tradiciones, restricciones y exigencias que constituyen la cultura escolar imperante, que se resiste al cambio.

La mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje requiere de enfoques más comprensivos, más integradores, que incorporen lo cultural, lo social y lo afectivo, que ayuden a entender mejor los fenómenos asociados con la permeabilidad del sistema educativo y a producir, en consecuencia, “innovaciones más asimilables”. De esta manera se podrán construir puentes de comunicación entre los investigadores, los expertos en educación y quienes deben ser los principales usuarios de los resultados de la investigación: los maestros.



MAPA DE RUTA Y RECOMENDACIONES FINALES

La transformación de nuestro modelo educativo actual para la enseñanza de las matemáticas y de la lecto-escritura es un desafío de gran envergadura que requiere de la participación y la sinergia de los actores estratégicos del proceso educativo:

- **Autoridades gubernamentales**, cuya misión es elaborar e implementar nuevas políticas públicas, que pongan en marcha un nuevo modelo educativo.
- **Investigadores** en pedagogía, matemáticas, lecto-escritura y toda nueva disciplina en la que se aplicará el nuevo enfoque, quienes elaborarán los nuevos recursos educativos (impresos, digitales, disponibles en línea, en aplicaciones móviles, etc.), con un enfoque innovador y adecuado a nuestra realidad educativa, social y económica.
- **Docentes**, que aplicarán en sus aulas los recursos educativos del nuevo modelo.

- **Padres de familia**, que apoyarán las iniciativas de los docentes y estimularán los procesos de aprendizaje de sus hijos. Y por supuesto,
- **Los niños y adolescentes** que se formarán para ser ciudadanos responsables que contribuirán con su actividad laboral a la construcción de una mejor sociedad.

La Figura 2 muestra de manera esquemática las etapas del mapa de ruta propuesto para transformar y mejorar el aprendizaje de las matemáticas y de la lecto-escritura, como bases para la inducción al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico de nuestros niños y jóvenes.

FIGURA 2. MAPA DE RUTA PARA LA MEJORA EDUCATIVA EN MÉXICO



Como puede notarse, el cambio debe iniciarse por un **diagnóstico** fruto de un estudio profundo de la realidad nacional, así como de la profundización en el estudio de los avances en disciplinas tales como las neurociencias y la pedagogía, lo cual llevará a la propuesta de reformas sustantivas en la política pública que desencadenen el proceso de actualización y mejora. Se requiere de voluntad política que genere conciencia y aporte los recursos requeridos para las siguientes etapas.

Una vez reconocida la urgencia del cambio, será necesario destinar recursos para la elaboración de los nuevos recursos educativos. Se recomienda aprovechar y adecuar los múltiples recursos que ya existen en el mundo. Se propone establecer alianzas estratégicas con los dueños de esos recursos a efecto de que el costo para el estado y el país sea menor y que en breve tiempo se cuente ya con todo lo requerido para iniciar el cambio.

Adicionalmente, será necesario elaborar materiales de guía y apoyo para los docentes que aplicarán el nuevo modelo. Se deberán impartir cursos y talleres que aseguren que los docentes dominan los aspectos pedagógicos del nuevo modelo, así como el contenido de los mismos. Podrán constituirse diferentes grupos de trabajo, del tipo formador de formadores, que permitan una ágil replicación de los conocimientos para que, en todas las escuelas públicas, tanto urbanas, como rurales, los docentes estén realmente capacitados para impartir sus clases, aprovechando al máximo los nuevos recursos educativos.

Finalmente, como solo lo que se mide se puede mejorar, se deberán impulsar procesos de evaluación que recolecten datos sobre los procesos de aprendizaje (de preferencia de manera automática), los cuales permitirán el análisis estratégico de los procesos, para la detección de posibles obstáculos y/o problemas y la oportuna propuesta de soluciones.

CONSIDERACIONES FINALES

Hay evidencias muy claras de que las matemáticas agilizan nuestra mente y nos ayudan a pensar con profundidad cuando estamos ante problemas complejos. Prácticamente todos los días tenemos situaciones que solucionar. Eso implica razonar y decidir para encontrar la mejor solución. Las matemáticas ayudan a fortalecer las capacidades intelectuales y a entender que no solo hay un camino para resolver las cosas. Las matemáticas forjan la mente preparándola para solucionar problemas reales de la vida cotidiana.⁴⁵

El pensamiento analítico desarrolla la habilidad para investigar y conocer la verdad sobre las situaciones que la vida nos plantea. Las verdades se basan en las evidencias y no en las emociones. Ante las confusas situaciones de engaño y manipulación que se presentan hoy en día en múltiples ámbitos, es necesario razonar con claridad y de manera lógica.

.....
45. La importancia de Enseñar y Aprender Matemática. Ministerio de Educación del Ecuador. http://web.educacion.gob.ec/_upload/10mo_anio_MATEMATICA.pdf Actualización y fortalecimiento curricular de la Educación Básica. Consultado el 12 de junio de 2019.

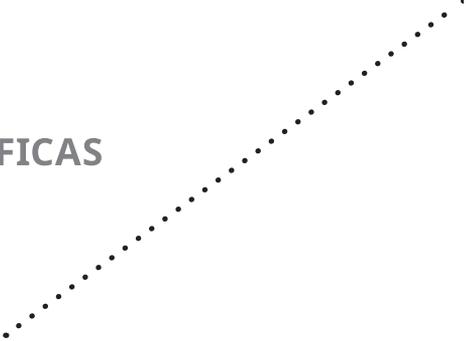
Citando a Arteaga Valdés, E. et al. (2016)⁴⁶:

“La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio requiere de profundas transformaciones desde la educación elemental hasta la educación universitaria pero no al estilo adaptativo, sino al estilo innovador, de manera que el profesor deje de ser un mero transmisor de conocimientos ya acabados y tome conciencia de que su función es crear las posibilidades para que el alumno produzca y construya el conocimiento, que sienta el placer y la satisfacción de haberlos descubierto, utilizando los mismos métodos que el científico usa en su quehacer cotidiano. La enseñanza de las ciencias tiene el deber ineludible de preparar al hombre para la vida y esto se logra no solo proporcionando conocimientos, sino desarrollando métodos y estrategias de aprendizaje que permitan la búsqueda del conocimiento a partir de situaciones problemáticas tomadas del entorno, donde pueda apreciar las amplias posibilidades de aplicación de la ciencia en la vida.”

Nuestro país necesita urgentemente de ciudadanos que tomen decisiones fundamentadas, críticos y constructivos, innovadores capaces de producir nueva ciencia y tecnología, pero sobre todo capaces de contribuir a la mejora de la calidad de vida de nuestra sociedad mexicana. Es tiempo de cambios, unamos los esfuerzos de los actores estratégicos e iniciemos una reforma en las bases de nuestro sistema educativo, mejorando la calidad del aprendizaje de las matemáticas y de la lecto-escritura para inducir así el pensamiento y desarrollo científico de nuestros niños y, con ellos, de nuestro país.

.....
46. Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L., Del Sol Martínez, J.L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. Revista Universidad y Sociedad [online]. Vol.8, n.1 Cienfuegos Ene-abr. 2016. pp.169-176. ISSN 2218-3620. Recuperado en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025&lng=es&nrm=is

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Arstein, Z. (2014) *Mathematics and the Real World: The remarkable Roles of Evolution in the making of mathematics*. New York: Prometheus Books.

Artigue, M. (2004). Problemas y desafíos en educación matemática: ¿Qué nos ofrece hoy la didáctica para afrontarlos? *Educación Matemática*, 16 (3), 5-28.

Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L., Del Sol Martínez, J.L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Revista Universidad y Sociedad [online]*. Vol.8, n.1 Cienfuegos Ene-abr. 2016. pp.169-176. ISSN 2218-3620. Recuperado en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100025&lng=es&nrm=iso

Ávila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: una mirada a 40 años de trabajo. *Educación Matemática*. Vol. 28., no. 3. México diciembre 2016. Versión impresa ISSN 1665-5826.

Boaler J., Chen, L., Williams, C. y Cordero, M. (2016). Seeing as Understanding: The Importance of Visual Mathematics for our Brain and Learning, *J Appl Computat Math* 2016, Vol. 5, No. 5.

Bravo Valdiviezo, L. (2016). El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias. *Revista de Investigación (Arequipa)*, ISSN versión electrónica 2309-6691. Año 2016, Volumen 7, 11-29.

Bicer, A., Capraro, R. M. and Capraro M.M. (2013). Integrating Writing into Mathematics Classroom to Increase Students' Problem Solving Skills, *International Online Journal of Educational Sciences*, 5 (2), 361-369, 201.

Cantoral, R. et al. (2005). *Desarrollo del Pensamiento Matemático*. Editorial Trillas, México. Febrero, 2015.

Chen, L. et al. (2018). Positive Attitude Toward Math Supports Early Academic Success: Behavioral Evidence and Neurocognitive Mechanisms, *Psychological Science*, 1-13, 2018

Cruz-Pérez, G.; Galeana del O, L. (2005). Los Fundamentos Biológicos del Aprendizaje para el Diseño y Aplicación de Objetos de Aprendizaje. *Centro Universitario de Producción de Medios Didácticos. Revista Digital. Investigación en Educación a Distancia*. Universidad de Colima.

Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematicalques*. New York: University Press.

Eden G. (2015). *Brain Imaging Studies of Reading*, Guinevere Eden Center for the Study of Learning, US AID. Global Education Summit. Recuperado de: <https://2012-2017.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/Eden.pdf>

El aprendizaje matemático desde la neurociencia. *Cuentos para crecer*. Recuperado de: <https://cuentosparacrecer.org/blog/el-aprendizaje-matematico-desde-la-neurociencia/>

Fernández-Cárdenas, J.M. (16 de abril de 2018). La educación en ciencia y tecnología a través del diálogo y el aprendizaje transformador. *Observatorio de Innovación Educativa*. Tec de Monterrey. Recuperado de: <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/2018/4/16/educacion-ciencia-y-tecnologia-a-traves-dialogo-yaprendizaje-transformador>.

Gasto público en educación en México, 2013-2018. *Compromiso Social -Infografía* recuperada de: <http://compromisoporlaeducacion.mx/gasto-publico-en-educacion-en-mexico-2013-2018/>

Gasto Público en Educación, total (% del PIB). *Banco Mundial - Datos*. Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.XPD.TOTL.GD.ZS>

González Piñón, J.A. (30 Julio 2017). *OPINIÓN: México, un país con elevada dependencia tecnológica del exterior*. *Expansión*

en alianza con CNN. Recuperado de: <https://expansion.mx/opinion/2017/07/28/opinion-mexico-un-pais-con-elevada-dependencia-tecnologica-del-exterior>

Gracia-Bafalluy, M. y Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58, 69-76.

Hernández, F. (2013). The Relationship between reading and Mathematics. Achievement of Middle School Students and Measured by the Texas Assessment of Knowledge and Skills. *Disertación Doctoral*, University of Houston.

Hernández, G., Benítez, E., Mezura-Godoy, C. (2014). Ambientes inteligentes en contextos educativos: modelo y arquitectura. *Research in Computing Science Journal*, Vol. 77, pp 55-65.

Hernández, S. (2018). Estudiantes mexicanos ni de “panzazo” pasan en matemáticas. *El Sol de México*. 16 de abril de 2018. Recuperado de: <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/sociedad/estudiantes-mexicanos-ni-de-panzazo-pasan-en-matematicas-1617049.html>

<http://www.mexicanosprimero.org/index.php/educacion-en-mexico/enterate/noticias-de-hoy/6627-reprueban-matematicas>

<https://www.teacherspayteachers.com/> Consultado el 18 de junio de 2019.

<https://www.youcubed.org/>

<https://mathsgo.com/>

IXL: Aprendizaje inclusivo y adaptable. <https://la.ixl.com/math/> Consultado el 18 de junio de 2019.

La importancia de Enseñar y Aprender Matemática. Ministerio de Educación del Ecuador. http://web.educacion.gob.ec/_upload/10mo_anio_MATEMATICA.pdf Actualización y fortalecimiento curricular de la Educación Básica. Consultado el 12 de junio de 2019.

Las tristes cifras del rezago educativo en México según la OCDE. Alto Nivel. Noticias. Recuperado de: <https://www.altonivel.com.mx/educacion/las-tristes-cifras-del-rezago-educativo-en-mexico-segun-la-ocde/>.

Márquez Jiménez A. (2019). A 15 años de PISA: resultados y polémicas. Perfiles educativos, Vol. 39 no. 156 México abr/jun 2019. Versión impresa ISSN 0185-2698.

Niños mexicanos se coronan campeones de Olimpiada Matemática. *El Sol de México*. 21 de junio de 2019. Recuperado de <https://www.elsoldemexico.com.mx/mexico/sociedad/ninos-mexicanos-se-coronan-campeones-de-olimpiada-matematica-centroamerica-y-del-caribe-guillermo-del-toro-sudafrica-3794884.html>.

OCDE (2017), Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, *Versión preliminar*, OECD Publishing, Paris. Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>.

Pedrosa, R. (2008). Palabras y Números: el Pensamiento Matemático y su Relación con el Lenguaje. *Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación*. Recuperado de: <http://www.cienciacognitiva.org/?p=42>

Piaget, J. e Inhelder, B. (1941). *Le développement des quantités physique chez l'enfant*. De- lachaux et Niestlé. Neuchâtel: s/e.

Piaget, J. y Szeminska, A. (1941). *La genése du nombre chez l'enfant*. Delachaux et Niest- lé. Neuchâtel: s/e.

Población de 15 años o más en rezago educativo por municipio en el estado de Puebla. Datos Abiertos Puebla. Recuperado de: <http://datos.puebla.gob.mx/dataset/poblacion-15-anios-rezago-educativo-municipio>

Puebla el sexto lugar nacional en rezago educativo: INEGI. *Poblanerías*. Recuperado de: <https://www.poblanerias.com/2018/05/puebla-el-sexto-lugar-a-nivel-nacional-en-rezago-educativo-inegi/>

Planea. Resultados Nacionales 2017. Educación Media Superior. Lenguaje y Comunicación. Matemáticas. INEE. Recuperado de: <http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2017/ResultadosNacionalesPlaneaMS2017.PDF>.

Sánchez Ortiz, H. (17 de octubre de 2017). SEP trabaja para mejorar la calidad de vida de la Sociedad: Patricia Vázquez. *Contraparte Periodismo en Equilibrio*. Recuperado de: <https://contraparte.mx/~contrapa/index.php/municipios/14841-sep-trabaja-para-mejorar-calidad-de-vida-de-la-sociedad-patricia-v%C3%A1zquez.html>

Sousa, D.A. (2008). *How the Brain Learns Mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Szűcs, D. y Goswami, U. (2007). Educational Neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1, 114-127.

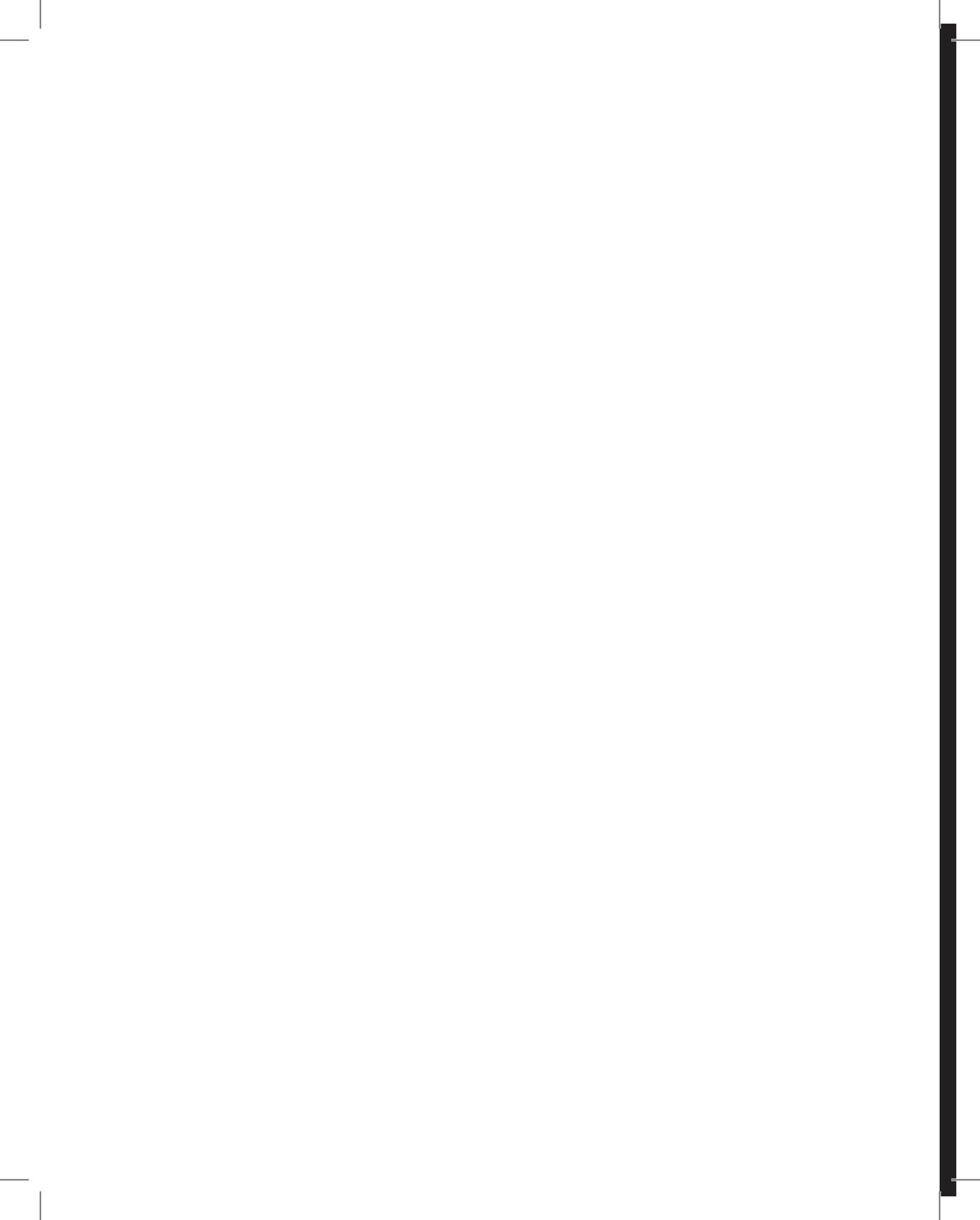
Tendencias Actuales del Mercado Laboral. *Observatorio Laboral. Información estadística para el futuro académico y laboral en México*. Recuperado de: https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Tendencias_actuales.html.

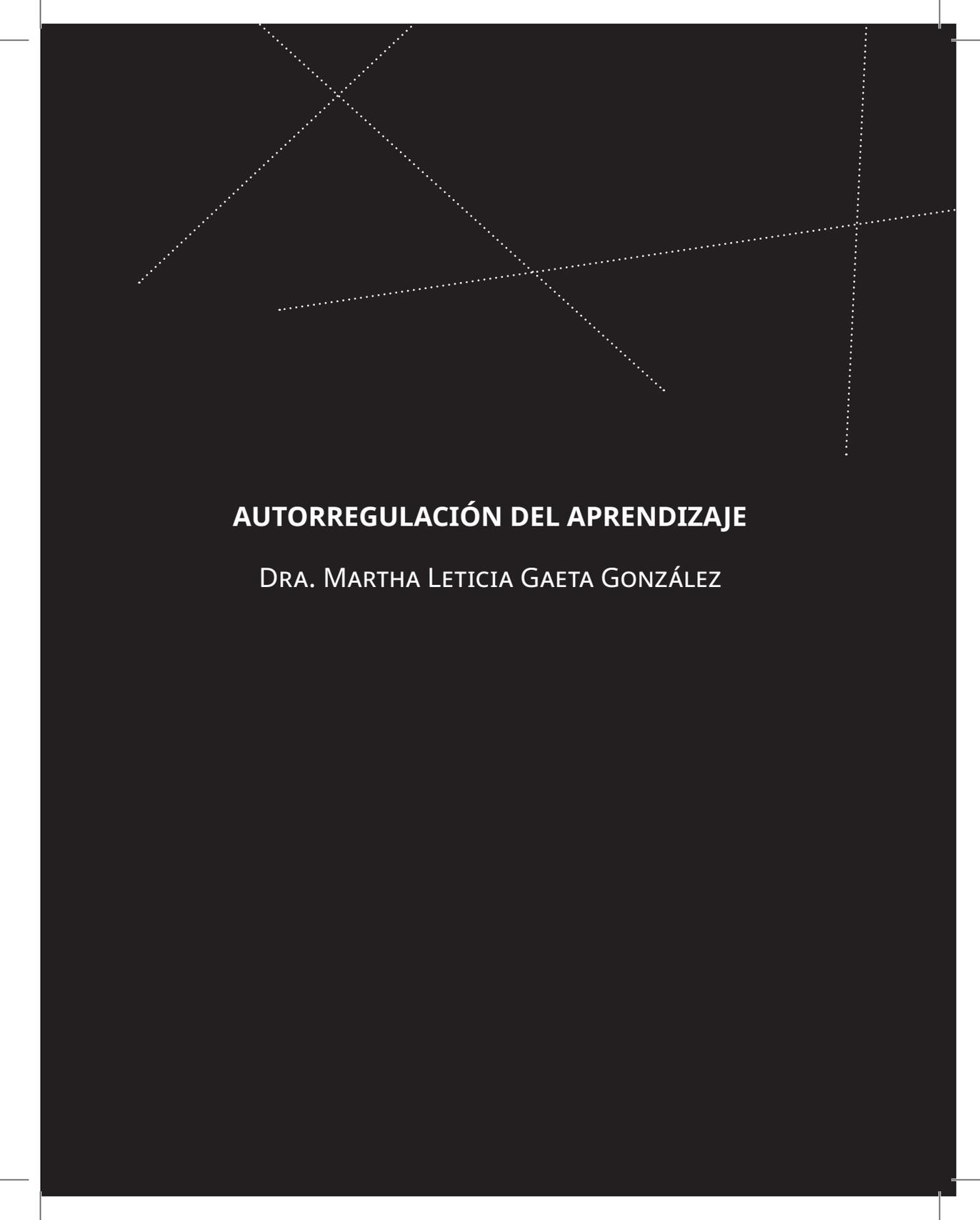
The Condition of Education (2017). Institute of Education Sciences. National Center for Educational Statistics (NCES). U.S. Department of Education.

Wynn, K. (1990), *Children's understanding of counting*. *Cognition*, Vol. 36, No. 2, August, 1990, pp. 155-193.

Zapata, A. (2015). Manéjese con cuidado: Aula es destino. *Publicaciones IMCO*. Recuperado de: <https://imco.org.mx/blog/?s=matem%C3%A1ticas>.

5 programas de software libre para ser mejor en matemáticas (28 de septiembre de 2017). *Universia México-Noticias*. Recuperado de: <https://noticias.universia.net.mx/en-portada/noticia/2014/11/26/115863/7-programas-software-libre-mejor-matematicas.html>





AUTORREGULACIÓN DEL APRENDIZAJE

DRA. MARTHA LETICIA GAETA GONZÁLEZ



INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un amplio consenso respecto del potencial del pensamiento científico para la comprensión de la ciencia y para el avance científico y tecnológico, sobre todo cuando observamos la velocidad con la que cambian el conocimiento y la forma de aproximarlo en las distintas áreas y disciplinas. Ello demanda a su vez la formación científica de las personas, de manera explícita y continuada, que les posibilite el emitir juicios y tomar decisiones responsables, a partir de un pensamiento crítico y reflexivo.

Desde esta perspectiva se asume la investigación como un proceso permanente, a partir del cual se espera lograr un desarrollo sustentable del planeta, ya que, si bien los avances científicos y tecnológicos son necesarios para el desarrollo humano y social, en ocasiones han causado efectos nocivos en términos de deterioro y desequilibrio del medio ambiente, aumentando diferencias entre los grupos sociales y produciendo tensión en el entendimiento y la convivencia entre las personas. Tal como se plantea en la Agenda 2030 de la UNESCO (Vessuri, 2016):

“Hemos llegado a reconocer que nuestros sistemas económicos, sociales, culturales y políticos, crecientemente interconectados e inter-

dependientes, han ejercido presiones sobre el ambiente que pueden causar cambios fundamentales en el sistema Tierra y llevarnos más allá de los límites naturales seguros. Pero la misma interconectividad proporciona el potencial de encontrar soluciones: pueden surgir nuevas ideas y diseminarse rápidamente, creando el impulso para la mayor transformación requerida hacia el logro de un planeta verdaderamente sostenible". (p. 5).

De ahí que uno de los propósitos principales de la educación hoy día es que los estudiantes adquieran las habilidades y conocimientos que les permitan responder a las demandas y retos de un mundo interdependiente, de acelerados cambios científicos y tecnológicos. Así pues, se busca formar ciudadanos autónomos, capaces de generar, modificar, cuestionar y utilizar los conocimientos adquiridos en determinado dominio, para resolver problemáticas en beneficio de su comunidad y de la sociedad en general. Estas habilidades, como señala Peters-Burton-Burton (2013), incluyen la capacidad de pensar científicamente.

En tal sentido, desde la educación formal se esperaría que el alumnado adquiriera, durante su trayecto formativo, los conocimientos científicos y los métodos necesarios para validar dicho conocimiento, y así también reflexione sobre cómo y por qué se llega a dicho conocimiento (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 2004). De ahí la importancia de que el alumnado desarrolle habilidades de orden superior como la metacognición y el pensamiento reflexivo, además de habilidades de pensamiento crítico tales como la predicción, la inducción, la deducción y el razonamiento (Gurkay y Ozturk, 2018). Sin embargo, dichas habilidades muchas veces tienen una débil presencia en el alumnado al finalizar la educación media superior (Peters-Burton, 2013).

Es por ello necesario profundizar en las mejores formas de ayudar a los educandos, desde etapas previas, a que reconozcan el valor del conocimiento y adquieran las habilidades necesarias para lograr un cambio de pensamiento, el del pensamiento científico, lo cual es fundamental para

la toma de decisiones racionales. Ante tales planteamientos, el propósito de este texto es presentar algunas consideraciones sobre el desarrollo del pensamiento científico para el aprendizaje de la ciencia, con un particular énfasis en la preadolescencia.

Desde la psicología educacional se contemplan algunos aportes teóricos vigentes que atienden a los procesos involucrados en el mejor aprendizaje posible, el cual atañe a la autorregulación del aprendizaje; que involucra el despliegue de habilidades metacognitivas y meta-estratégicas que permiten al educando resolver de manera autónoma las demandas de los nuevos aprendizajes, en este caso de la naturaleza de la ciencia.

En este escrito se tomará interés tanto en la vertiente personal como en la situacional, es decir, se buscará incorporar precisiones acerca de los aspectos cognitivos, motivacionales y comportamentales que se integran de manera interrelacionada con los componentes situacionales en los diversos contextos de aprendizaje. Así, se destaca el papel primordial de las prácticas educativas en la promoción de aprendizajes autorregulados en los preadolescentes. Esperamos a partir de este trabajo poner de manifiesto la importancia que tiene reflexionar sobre los distintos aspectos, además de los necesariamente cognitivos, que permiten lograr en los alumnos el desarrollo de competencias de autorregulación que requiere el razonamiento científico.

PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

La importancia dada a la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas, como fuerza impulsora del desarrollo económico y social, ha cobrado fuerza en una gran mayoría de países desarrollados, donde se considera que los ciudadanos capacitados son su principal riqueza y, en tal sentido, facilitan las condiciones y oportunidades para lograr su alfabetización científica (Gutiérrez, 2002). Ello conlleva, desde luego, repercusiones importantes para la educación escolar actual (Gil & Vilches, 2001; UNESCO, 1999).

En este marco, la educación de la ciencia comporta cuatro metas generales que incluyen, de acuerdo con Linn (2000): hacer accesible la ciencia, hacer visible el pensamiento, ayudar a los estudiantes a aprender unos de otros y promover el aprendizaje de la ciencia a lo largo de la vida. La instrucción estratégica constituye una vía integral para lograr estas metas, por lo que los académicos se encuentran ante la responsabilidad de impulsar el desarrollo científico de los estudiantes como parte de la educación formal, mediante el desarrollo de un pensamiento científico que les permita un mejor ajuste a los continuos cambios e innovaciones en ciencia y tecnología (McComas, 2008; Peters-Burton, 2013).

En efecto, la alfabetización científica comprende tanto la adquisición de conocimientos científicos -información basada en hechos-, como el conocimiento de la disciplina científica -métodos para producir y validar el conocimiento- (Lederman, 1992). Ello implica que la enseñanza de la ciencia deba verse, más que como una transmisión de conocimientos, como una actividad próxima a la investigación científica, que integra aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos y mediante la cual los educandos tienen oportunidades para la reflexión, la creatividad, la duda. (Gil & Vilches, 2001).

Por otra parte, algunos de los aspectos convergentes de la naturaleza de la ciencia, o epistemología científica, reconocidos por la comunidad educativa como apropiados para desarrollar en los planes de estudio y en la instrucción de niveles previos a la educación superior, establecen que (McComas, 2008, p. 251):

- La ciencia se basa en evidencia empírica.
- La producción de conocimiento en la ciencia comporta muchos factores comunes; normas y hábitos mentales compartidos, pensamiento lógico y métodos tales como la observación cuidadosa y el registro de datos, la veracidad en los informes, etc.
- El conocimiento científico es duradero y autocorregible.
- Las leyes y las teorías están relacionadas, pero son tipos distintos de conocimiento científico.
- La ciencia tiene un componente creativo y un elemento subjetivo.
- Hay influencias históricas, culturales y sociales en la construcción de la ciencia.
- La ciencia y la tecnología se impactan mutuamente, pero no son lo mismo.
- La ciencia y sus métodos no pueden todas las preguntas.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA PREADOLESCENCIA

Sabemos que los currículos de ciencias en la Educación Básica pueden variar en cuanto a contenidos y estrategias metodológicas en los distintos contextos escolares, lo cual es comprensible, sobre todo cuando se piensa que en cada curso se presenta solo una pequeña muestra de los principios derivados de una disciplina en constante y rápida expansión (Lenderman, 1992). Si bien es cierto que en el nivel básico no se requiere la realización de investigaciones, sí es imprescindible formar una mentalidad científica en los preadolescentes.

No obstante, muchas veces no existe claridad sobre lo que se espera que los estudiantes puedan lograr a partir de una educación científica inicial o las estrategias didácticas para generar efectivamente un pensamiento científico (McComas, 2008; Peters-Burton, 2013). Sobre todo, ante la extensión de la educación básica a la educación secundaria (Gil & Vilches, 2001), que enfrenta a los educandos a transitar a un programa de estudios más amplio y exigente.

Aunado a lo anterior, los cambios del propio desarrollo de los estudiantes hacen del aprendizaje un gran reto. Entre los 10 y 14 años se espera que los niños ya manejen con soltura las habilidades instrumentales bási-

cas -lectura, escritura y cálculo-, ya que a estas edades existe una mayor rapidez y capacidad de procesamiento de información, mayor amplitud de conocimientos, un incremento en la habilidad para nuevas combinaciones de pensamiento, así como un mayor rango y uso más espontáneo de estrategias (Keating y Bobbitt, 1978; Santrock, 1996), lo cual incide en su capacidad para autorregular su aprendizaje, organizando y manipulando la información disponible de manera más planificada, estratégica y eficaz, pero que naturalmente puede variar en función del contexto y de los propios sujetos. (Flavell, 1984).

Todo ello influye en el estudio de la ciencia y en cómo los preadolescentes examinan su mundo social (Craig, 1997). Con esto en mente, consideramos necesario (re)pensar el papel de la educación en general y de la educación científica en particular, para a partir de ello generar condiciones adecuadas que permitan el desarrollo de un pensamiento científico de los educandos de manera explícita.

Así, coincidimos con otros investigadores (Lenderman, 2004; Peters-Burton, 2013), respecto a que uno de los objetivos de la educación científica en esta etapa formativa debe ser la formación del pensamiento científico, mediante un mínimo de habilidades mentales y técnicas particulares para su entrenamiento. En este sentido, es necesario que dicha formación se centre en lograr que los aprendices actualicen y profundicen sus conocimientos científicos, a la vez que desarrollan sus procesos humanos e investigativos. Esto es, en las estrategias y las formas de hacer para estudiar y para aprender de manera reflexiva, crítica y flexible, a fin de entender la naturaleza de la ciencia.

Todo ello demanda conocimientos, pero también voluntades, afectos y comportamientos, que se desarrollan de manera interrelacionada en interacción con los otros, dentro de contextos y situaciones educativos específicos. Es por ello por lo que consideramos que el desarrollo del pensamiento científico debe estudiarse desde una visión integradora, tomando en cuenta que se trata de un proceso complejo y una actividad diversificada.

Como hemos señalado, una de las principales metas que se persiguen en la educación actual es que los estudiantes tengan participación en sus procesos de aprendizaje y que logren motivarse para que adquieran un verdadero aprendizaje, en este caso de conceptos científicos. De ahí la importancia de que sean conscientes de qué van a aprender, de las metas a alcanzar y las estrategias para lograrlo, así como de las mejores formas de transferir dichas habilidades a otros contextos, lo cual atañe a la autorregulación de sus aprendizajes.

APRENDIZAJE AUTORREGULADO PARA UN PENSAMIENTO CIENTÍFICO

El aprendizaje autorregulado ha tenido una amplia trayectoria investigativa en el campo de la psicología cognitiva, con sus orígenes en la teoría de aprendizaje social de Albert Bandura (1971), quien propone que el aprendizaje es el resultado de factores personales, comportamentales y sociales. Los factores personales involucran las creencias y actitudes del aprendiz que afectan el aprendizaje y el comportamiento. Mientras que los factores comportamentales incluyen los efectos de las actuaciones previas. Finalmente, los factores sociales incluyen la calidad de la instrucción, así como la retroalimentación, el acceso a la información y la ayuda de compañeros y padres de familia (Schraw, Crippen & Hartley, 2006).

La autorregulación del aprendizaje constituye pues un proceso fundamental para el aprendizaje, al ayudar a los estudiantes a dirigir sus pensamientos, motivación y comportamientos, a través de estrategias específicas y meta-habilidades de apoyo, hacia el logro de los objetivos académicos (Zimmerman, 2000, 2008). Se trata de un proceso de autodirección, mediante el cual los educandos transforman sus aptitudes mentales en competencias académicas, con implicaciones importantes en sus logros

escolares (Rosário et al., 2009), por lo que se considera de gran potencial para el aprendizaje de la ciencia.

La autorregulación del aprendizaje refiere a un modo de aprender independiente, que hace necesario que los estudiantes establezcan sus propias metas, desarrollen estrategias para alcanzarlas, implementen esas estrategias y monitoreen su desempeño, a través de un proceso cíclico, donde los factores personales, comportamentales y sociales cambian normalmente durante el aprendizaje (Cleary y Zimmerman, 2004; Zimmerman, 1989), por lo que deben ser monitoreados. Ello se logra en la medida que los estudiantes puedan hacer uso de sus procesos personales y tengan la guía y el acompañamiento de sus profesores u otros compañeros más expertos, que puedan apoyar este proceso.

La autorregulación del aprendizaje constituye pues un proceso dinámico y cíclico, que ocurre a través de tres fases: Previsión, desempeño y autorreflexión. (Cleary y Zimmerman, 2004; Zimmerman, 2008).

La *fase de previsión* se refiere a los procesos que preceden a cualquier esfuerzo de actuación. Incluye el establecimiento de metas para aprender sobre la ciencia y planear estratégicamente cómo realizar las actividades de aprendizaje, a partir de los conocimientos previos. Además de una variedad de creencias motivacionales tales como la autoeficacia, la valoración de la tarea y las expectativas de resultado. Por ejemplo, si los estudiantes valoran el aprendizaje de la ciencia y la realización de actividades de investigación, entonces estarán interesados en tomarse el tiempo para establecer los objetivos y planear las estrategias a fin de llevar a cabo las actividades correspondientes. Asimismo, la confianza que tengan para llevar a cabo estos procesos (autoeficacia), incidirá de manera positiva en su motivación para involucrarse en el aprendizaje de la ciencia.

La *fase de desempeño* conlleva procesos que ocurren durante el aprendizaje y que afectan la atención y la acción. Así, es fundamental la capacidad de los estudiantes para hacer uso de estrategias para aprender (mediante habilidades cognitivas), así como de estrategias que les ayuden a la reso-

lución de problemáticas y al desarrollo de una comprensión más profunda, además de un razonamiento experto (mediante habilidades metacognitivas) (Schraw *et al.*, 2006). Por ejemplo, los estudiantes pueden comparar las estrategias usadas para investigar sobre la naturaleza de la ciencia, respecto a aquellas usadas por los expertos científicos.

Así también, es necesario contar con habilidades que posibiliten dirigir la motivación y mantener el esfuerzo hacia el aprendizaje durante la realización de las actividades (Wolters, Pintrich & Karabenick, 2003). Algunos mecanismos de autocontrol del esfuerzo incluyen, por ejemplo, la auto instrucción y la auto observación sistemática del desempeño (Pekrun, Goetz, Titz & Perry, 2002).

La *fase de autorreflexión*, que tiene lugar después del aprendizaje o el desempeño, se asocia con las reacciones personales y la autocrítica respecto a lo aprendido. Todo esto se considera como un importante mecanismo cognitivo para promover el pensamiento crítico (Schraw *et al.*, 2006). Por ejemplo, los estudiantes pueden reflexionar sobre su aprendizaje respecto a la naturaleza de la ciencia (qué aprendieron y cuál es su utilidad), qué estrategias siguieron para llevar a cabo la actividad de investigación (o qué estrategias necesitan cambiar) y sobre las demandas de la actividad (cuánto tiempo y esfuerzo fue necesario, o si el resultado producido fue el esperado).

Por su parte, si los estudiantes atribuyen su desempeño al esfuerzo, serán capaces de mejorar su desempeño, se esforzarán más para lograr una meta más elevada y, si ésta se logra, pueden, a su vez, aumentar su sentido de autoeficacia y la creencia de que se está progresando en el entendimiento de la naturaleza de la ciencia, lo cual producirá cambios graduales en su motivación para involucrarse de manera más comprometida.

AUTORREGULACIÓN DEL APRENDIZAJE Y EDUCACIÓN DE LA CIENCIA

Para lograr la meta de aprender sobre la naturaleza de la ciencia y el contenido de la ciencia, los estudiantes necesitan desarrollar ciertas habilidades para realizar distintas actividades de indagación, selección de información útil, y a partir de ella, de análisis, además de pensar por qué están llevando a cabo ciertos procesos y, a su vez, evaluar su pensamiento en términos de los procesos acordados por la comunidad científica (Peters-Burton, 2013). Ello hace necesario, desde luego, el desarrollo de procesos y prácticas instruccionales innovadoras que más allá de centrarse en la enseñanza de contenidos o el entrenamiento de los distintos pasos del trabajo científico, privilegien la promoción del desarrollo de un aprendizaje reflexivo, creativo y eficiente, mediante la enseñanza y práctica de procesos de autorregulación de producción científica.

Diversos investigadores y educadores de ciencias en el nivel básico han evidenciado la relevancia de la instrucción estratégica para el desarrollo del pensamiento científico, al presentar modelos conceptuales amplios y formas para resolver problemas de una mejor manera (Schraw *et al.*, 2006), con importantes beneficios en el aprendizaje de la ciencia (Peters-Burton,

2013). Ello implica que los objetivos instruccionales deberán estar señalados y planeados, además de dar oportunidad a los estudiantes de que analicen las actividades desarrolladas desde diferentes perspectivas y que realicen conexiones entre sus actividades y aquellas que desarrollan los científicos para propiciar generalizaciones sobre un campo de conocimiento (Khifshé & Abd-El-Khalick, 2002).

En este sentido, diversos estudios han documentado las importantes contribuciones de los procesos de aprendizaje autorregulado para transformar las habilidades mentales de los educandos en habilidades académicas (Rosário et al., 2009; Zimmerman, 2000), particularmente en el aprendizaje de la ciencia (Schraw et al., 2006). Desde esta perspectiva, se plantea que el estudiante aprende a ejecutar una serie de comportamientos, que aprende de otros -modelado- y que a su vez pueden estar reforzados por factores externos, pero poco a poco es capaz de ejecutar esas conductas confiando en sus habilidades internas. Así, el aprendiz inicialmente es regulado externamente, poco a poco internaliza esta regulación y, finalmente, es capaz de regularse por sí mismo. (Roces y González, 1998; Zimmerman, 2000). De ahí que, si se quiere que los estudiantes desarrollen una mentalidad científica, deberán tener la guía explícita por parte del docente o de otros más expertos.

Con el propósito de impulsar la autorregulación del aprendizaje en la educación de la ciencia, es necesario que los docentes enseñen a los estudiantes los procesos que les permitan autogestionar su aprendizaje. Dichos procesos se encuentran mediados por un grupo de factores que determinan su previsión, desarrollo y autorreflexión, e incluyen, en general (Boekaerts & Corno, 2005; Cheng, 2011; Zimmerman, 2008): La motivación hacia el aprendizaje, el establecimiento de metas y la planificación de estrategias, el control motivacional, el uso flexible de estrategias de aprendizaje y la autoevaluación, además del trabajo colaborativo.

Motivación hacia el aprendizaje

La motivación se concibe como: “El conjunto de procesos implicados en la activación, dirección, mantenimiento y persistencia de la conducta.” (Beltrán, 1998, p. 43). Esto es, se trata de un proceso activo que promueve que la persona dirija su atención y persista en una actividad para el logro de sus metas en interacción con otros (Järvenoja, 2010). Como han mostrado distintas investigaciones (Ames, 1992; Sungur & Güngören, 2009), las creencias motivacionales inciden no sólo en el esfuerzo o la persistencia de los estudiantes, sino en cómo procesan la información (por ejemplo, el grado de elaboración y profundización), en las estrategias que utilizan en determinadas tareas y, consecuentemente, en su éxito académico. De ahí que el docente deba tomarse el tiempo para conocer las creencias motivacionales (como autoeficacia, valoración de la tarea, expectativas de resultado), de modo que sea más fácil suscitar curiosidad e interés por el aprendizaje de la ciencia.

De igual forma, es importante que el docente use un lenguaje y ejemplos familiares respecto de las experiencias y conocimientos previos de los estudiantes. Además, es necesario plantear estrategias que permitan a los estudiantes aprender poco a poco, tener la confianza de preguntar aquello que no entienden y expresar sus puntos de vista, teniendo en mente que los errores pueden corregirse y que pueden aprender de ellos. Esta manera de aprender puede ayudar a los estudiantes a dirigir su interés y motivación hacia el aprendizaje (Cheng, 2011).

Establecimiento de metas y planificación de estrategias

Las metas u objetivos inciden crucialmente sobre cómo los estudiantes enfocan su atención hacia el aprendizaje. El ayudar a los estudiantes a tener claridad sobre las metas que se persiguen, les posibilitará elegir las

mejores estrategias a efecto de aprender y a su vez determinar el esfuerzo necesario para completar lo requerido. A fin de lograrlo, las metas deben ser específicas, próximas entre la ejecución de la tarea y su logro, medibles y con una dificultad manejable para que sean susceptibles de generar en el alumnado el valor motivacional y favorezcan el aprendizaje (Ames, 1992). Esto es, que impliquen un reto óptimo, de modo que no sean demasiado difíciles y que sean significativas; es decir, que los estudiantes perciban la utilidad del aprendizaje de la naturaleza de la ciencia para su formación. De lo contrario, posiblemente experimenten frustración y muy probablemente no perseveren en la tarea.

Con esta condición en mente, el profesor puede ayudar a los estudiantes a analizar la actividad a fin de que establezcan sus propios objetivos de aprendizaje, alcanzables a corto plazo y que, a su vez, permitan alcanzar otros a más largo plazo. Para ello, es importante que el docente precise claramente desde un inicio los requerimientos de las actividades de aprendizaje, detallando los propósitos, a través de qué contenidos se trabajará y los criterios con que se evaluarán. Asimismo, el docente debe verificar que el alumnado tiene claridad respecto de las demandas del trabajo por realizar y de lo que se espera de ellos en términos del esfuerzo por invertir, de tal forma que se responsabilicen de sus propias metas y puedan formular un plan para llevarlas a cabo, de acuerdo con su grado de dificultad, así como del tiempo y recursos necesarios para lograrlo (el mejor lugar para concentrarse, los materiales que se tienen o cómo acceder a ellos, entre otros).

Control motivacional

La motivación, como hemos mencionado, es un factor determinante para que los estudiantes alcancen sus metas en el entorno académico (Pintrich

& Schunk, 2006). Sin embargo, durante el proceso de aprendizaje la motivación puede variar. Como tal, la tendencia hacia una meta específica puede disminuir ante distracciones varias, como, por ejemplo, las preocupaciones sobre otras asignaturas, proyectos que requieran de mucho tiempo y esfuerzo, entre otros (McCann & Turner, 2004).

El control motivacional permite mantener el impulso de los procesos motivacionales (particularmente hacia las metas de aprendizaje y la autoeficacia), así como el involucramiento cognitivo (Gaeta, Teruel & Orejudo, 2012; McCann & García, 2000), como factores necesarios de cara a los resultados académicos. En este sentido, el profesor puede ayudar a los estudiantes a evitar distractores internos (como pensar en otras actividades o preocupaciones, no escuchar al profesor, entre otros) y externos -como ruidos del exterior, interrupciones de personas ajenas a la clase, etc.- (Daura, 2010). Además, puede promover que los educandos revisen cómo están llevando a cabo la tarea de aprendizaje e identificar qué aspectos ya dominan y cuáles necesitan mejorar o si requieren cambiar a una estrategia más adecuada. Es por ello que el aprendizaje debe ir de lo concreto a lo abstracto, de lo conocido a lo desconocido y de lo simple a lo complejo (Crispín, Caudillo, Doria & Esquivel, 2011).

Es importante señalar que, dado que los estudiantes poseen diferentes habilidades y establecen diferentes metas de aprendizaje, difícilmente pueden lograr los objetivos académicos todos al mismo tiempo. De ahí que el docente debe apoyar a aquellos estudiantes que logran sus objetivos a establecer metas que impliquen un mayor reto, y a aquellos que manifiestan más dificultades en alcanzar sus metas, alentarlos para que sean capaces de ajustar sus estrategias. Del mismo modo, independientemente de que los estudiantes logren sus metas de aprendizaje, el profesor debe reconocer la importancia del esfuerzo y el valor del desempeño de cada uno de ellos (Cheng, 2011).

Estrategias de aprendizaje

El que los estudiantes utilicen estrategias para dirigir su pensamiento que les permita avanzar en la realización de una actividad y en el logro del aprendizaje, implica la activación de diferentes procesos que se requieren para comprender o aprender un material, integrar un conocimiento nuevo con uno anterior y hacer uso de este conocimiento en situaciones distintas, desde un enfoque intencional y planeado, de cara al logro de los objetivos de aprendizaje (Crispín *et al.*, 2011).

El aprendizaje autorregulado implica que los estudiantes desarrollen un enfoque estratégico (Paris & Paris, 2001), a fin de que utilicen de modo flexible las distintas estrategias de aprendizaje, de acuerdo a los objetivos específicos de cada tarea y de las condiciones en que se desarrolla. Es decir, deben saber cómo ponerlas en práctica, cuándo y por qué hay que utilizarlas; y saber tomar la decisión de usar determinadas estrategias de aprendizaje, así como cambiar de estrategia en una situación de logro determinada, lo cual es un aspecto central de la regulación metacognitiva (Wolters *et al.* 2003).

El desarrollo de estrategias de aprendizaje, a partir de un proceso de autorregulación que permita el uso flexible de las mismas, reforzará en los estudiantes la actuación intencional para conseguir los objetivos de aprendizaje, considerando las propias limitaciones y recursos personales, así como las características de la actividad y las exigencias del contexto, dado que el aprendizaje autorregulado requiere no solo transferir estrategias a una nueva situación, sino también desarrollar nuevas estrategias para aprender en diferentes situaciones (Randi, 2004).

Las prácticas instruccionales que se llevan a cabo en el aula inciden por tanto en las estrategias de aprendizaje de los estudiantes. Es por ello que el desarrollo de estrategias de enseñanza adecuadas será de gran beneficio en términos de promover en los estudiantes sus habilidades para aprender en forma propositiva. El profesor puede ayudar a que sus estudiantes

reconozcan sus fortalezas y debilidades para procesar información cada vez más compleja (estrategias cognitivas), además de monitorear continuamente los aprendizajes de los estudiantes, promoviendo que modifiquen las estrategias utilizadas de acuerdo a sus necesidades y en función de sus metas (estrategias metacognitivas) (Cheng, 2011). Esto se puede realizar, por ejemplo, pidiendo a los estudiantes que lleven un registro de las estrategias que utilizan para realizar una actividad de indagación o de resolución de una problemática, de modo que puedan visualizar su progreso y lleven a cabo los cambios necesarios, además de permitir a los estudiantes entregar las asignaciones después de realizar los cambios necesarios.

Autoevaluación

Después de la realización de una actividad, los alumnos evalúan la eficiencia de su desempeño con respecto a sus metas y a las estrategias utilizadas, además de revisar sus reacciones respecto a los resultados obtenidos, lo cual afectará su planeación y establecimiento de metas futuras. De esta forma, la autoevaluación, además de dirigir el comportamiento, constituye una fuente de motivación que se activa a través de un proceso de comparación interna entre los propios estándares y el nivel de ejecución en el logro de las metas (Flores, 2008). Lo anterior implica promover que los estudiantes reflexionen sobre su actividad de autorregulación y consideren a la evaluación como una oportunidad para aprender.

En este sentido, el profesor debe señalar las fortalezas de sus estudiantes y aquellos aspectos que necesitan desarrollar, a fin de proponer un plan para mejorar su aprendizaje. Para ello, sus comentarios deberían destacar el progreso realizado tanto en conocimientos como en habilidades autorreferenciadas, es decir, ayudar a que los estudiantes desarrollen una orientación hacia el aprendizaje, evitando en la medida de lo posible la comparación con otros. Al mismo tiempo, promover que los estudiantes evalúen su propio aprendizaje es una herramienta que les permite reflexionar sobre

su desempeño y asumir una mayor responsabilidad frente a futuras tareas que les permitan un mejor desempeño académico.

Trabajo colaborativo

En numerosas investigaciones se han discutido los beneficios de los procesos grupales y las interacciones sociales para el aprendizaje, encontrando que los contextos educativos que impulsan las actividades en las que se propicia el aprendizaje colaborativo (esto es, donde los estudiantes se pueden ayudar entre sí, discuten puntos de vista divergentes y aprenden del otro) permiten que el aprendizaje de cada estudiante se vea enriquecido por los conocimientos compartidos y por las estrategias que utilizan otros para aprender (Järvenoja, 2010). Se trata de un proceso dinámico, donde todos los miembros se involucran en diferentes funciones, pero con el mismo grado de responsabilidad (Crispín *et al.*, 2011). Así, mediante un aprendizaje basado en la indagación (Schraw *et al.*, 2006), el alumnado puede aprender a fijar metas comunes, a construir hipótesis a partir de argumentos científicos, y a trabajar colaborativamente para probar esas hipótesis, mediante la confianza y el diálogo, respetando los estilos de aprendizaje individuales.

En este tipo de ambientes, el docente de ciencias requiere conducir y adecuar las actividades académicas a las características del grupo, evaluando el logro de las metas que favorezcan la apropiación del conocimiento en los estudiantes. En este sentido, explicar el proceso para llegar a los resultados deseados de manera grupal puede permitir a los estudiantes aprender de las estrategias que utilizaron sus compañeros y de esta forma ampliar sus propias estrategias de aprendizaje.

Desde este enfoque, el profesor es un guía, un mediador en los procesos de aprendizajes que llevan a cabo sus estudiantes. Monitorea el progreso individual pero también el grupal y promueve un sentido de pertenencia y apoyo mutuo, a fin de que el alumnado pueda desarrollar una autorregu-

lación y una co-regulación por parte del grupo (ver Järvenoja, 2010, para una revisión más detallada).

De acuerdo con lo expuesto hasta aquí, la autorregulación implica tanto procesos personales (cognitivos, motivacionales y de comportamiento) como sociales (de interacción y apoyo del docente y/o los compañeros de clase) en continua interacción. La combinación óptima de estos procesos ayudará, por tanto, a los estudiantes a perseverar en las metas académicas (Pekrun *et al.*, 2002; McCann & Turner, 2004). Es por ello que una combinación adecuada de estrategias de enseñanza que consideren la motivación de los alumnos, sus procesos cognitivos y metacognitivos, así como los beneficios del trabajo colaborativo, puede favorecer que los estudiantes autorregulen su aprendizaje de una mejor manera.

CONSIDERACIONES FINALES

La enseñanza centrada en el estudiante que promueve el aprendizaje autorregulado introduce o refuerza hábitos efectivos que son la base para un aprendizaje estratégico y significativo (Zimmerman, 2008), en este caso de la naturaleza de la ciencia. Como hemos señalado, las habilidades de autorregulación se desarrollan a partir de la observación que los estudiantes hacen de sus propios procesos, así como de la interrelación que mantienen con otras personas de su contexto inmediato, mediante la observación de otros más expertos (modelado). Esto implica que los docentes procuren un acompañamiento continuo y que, más allá de buscar que los preadolescentes adquieran conocimientos, los ayuden a autorregular su aprendizaje de manera efectiva, que les permita tener éxito en niveles más avanzados a partir del desarrollo de un pensamiento científico.

De esta forma, el docente debe realizar una práctica guiada que brinde oportunidades a los estudiantes para usar estrategias autorregulatorias que faciliten, posteriormente, su práctica independiente y responsable, donde el docente estará presente solo para realimentar el proceso. Así, son los propios estudiantes quienes pueden decidir qué estrategias les funcionan para el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia, ya que éstas no deben

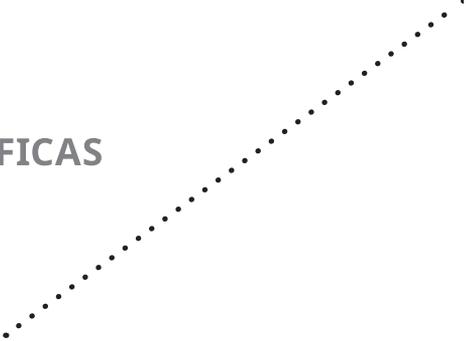
ser impuestas. Se trata, pues, de incentivar que los estudiantes reflexionen sobre su propia experiencia, practiquen y adapten las estrategias de acuerdo con sus metas y sean conscientes de sus procesos motivacionales, para que gradualmente sean aprendices autorregulados.

Con base en estos planteamientos, la promoción y desarrollo de un pensamiento científico implica generar las condiciones propicias, respetando las características particulares de los estudiantes, para que sean conscientes de sus propios procesos de aprendizaje y de las estrategias que usan; cómo, cuándo, por qué las usan y qué resultados obtienen. De ahí la importancia de que el aprendizaje autorregulado se incluya en la enseñanza de la ciencia del nivel básico, mediante la infraestructura didáctico-escolar, de modo que los docentes puedan establecerlo como uno de sus objetivos instruccionales (Cheng, 2011; Eilam, Zeidner & Aharon, 2009; Paris & Paris, 2001). Esto permitirá al profesorado fijar las metas por alcanzar, la estructura y los contenidos de las diferentes actividades que se llevarán a cabo y por qué mecanismos serán evaluados, de cara a facilitar la regulación del proceso de enseñanza.

En suma, la función del profesorado es clave para que los estudiantes aprendan a aprender. Los profesores de ciencias deben ayudar por tanto a los preadolescentes a identificar y establecer metas de aprendizaje específicas y viables, guiándolos para que sean ellos quienes elijan sus estrategias de aprendizaje, de cara a una comprensión más profunda de la naturaleza de la ciencia, apoyándoles además para que de manera explícita reflexionen sobre sus actuaciones, sus aprendizajes y sus logros, de manera precisa y continua.

Asimismo, es prioritario que los docentes promuevan actitudes positivas hacia el aprendizaje de la ciencia, fortaleciendo creencias motivacionales compatibles con el aprendizaje autónomo (Cheng, 2011; Flores, 2008). Para ello, los docentes deberán evaluar las particularidades del contexto educativo, así como las características de sus estudiantes, que permitan elegir, conducir y adecuar las estrategias de enseñanza a las necesidades del grupo y de cada estudiante, sin olvidar que lo que está en juego es el desarrollo de su pensamiento científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Ames, C. (1992). Classrooms: goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84, 261-271.

Bandura (1971). *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press. http://www.asecib.ase.ro/mps/Bandura_SocialLearningTheory.pdf

Beltrán, J. (1998). Estrategias de aprendizaje. En J. Beltrán y C. Genovard (Eds.), *Psicología de la instrucción I. Variables y procesos básicos* (383-428). Madrid: Síntesis.

Boekaerts, M. y Corno, L. (2005). Self-Regulation in the Classroom: A perspective on Assessment and Intervention. *Applied Psychology: An International Review*, 54(2), 199-231.

Cheng, E. (2011). The Role of Self-regulated Learning in Enhancing Learning Performance. *The International Journal of Research and Review*, 6(1), 1-16.

Cleary, T.J. y Zimmerman, B.J. (2004). Self-regulation empowerment program: a school-based program to enhance self-regulated and self-motivated cycles of student learning. *Psychology in the Schools*, 41(5), 537-550.

Craig, G. J. (1997). *Desarrollo Psicológico*. (J. F. Dávila Trad.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana (Trabajo original publicado en 1988).

Crispín, M.L., Caudillo, L., Doria, C. y Esquivel, M. (2011). Aprendizaje Autónomo. En M. L. Crispín (Ed.), *Aprendizaje Autónomo. Orientaciones para la docencia* (pp. 49-65). Ciudad de México: Publicaciones de la Universidad Iberoamericana, A. C.

Daura, F. (2010). El aprendizaje autorregulado y su orientación por parte del docente universitario. *Congreso Iberoamericano de Educación. Metas 2021*. Buenos Aires, Argentina, 13-15 de septiembre.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. y Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(4), 5-12.

Eilam, B., Zeidner, M. y Aharon, I. (2009). Student conscientiousness, self-regulated learning, and science achievement: an explorative field study. *Psychology in the Schools*, 46(5), 420-432.

Flavell, J. H. (1984). *Cognitive development*. London: Prentice-hall.

Flores, R. (2008). *La promoción de la autorregulación académica en el aula: manual para docentes de secundaria*. Ciudad de México: UNAM (Documento inédito). Recuperado de https://sites.google.com/site/paesprograma/promocion_autoregulacion.

Gaeta, M. L., Teruel, M. P. y Orejudo, S. (2012). Motivational, volitional and metacognitive aspects of self-regulated learning. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 10(1), 73-94.

Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

Gurkay, D. y Ozturk, H. (2018). High School Students' Critical Thinking Related to Their Metacognitive Self-Regulation and Physics Self-Efficacy Beliefs, *Journal of Education and Training Studies*, 6(4), 125-130.

Gutiérrez, M. (2002). El aprendizaje de la ciencia y de la información científica en la educación superior. *Anales de Documentación*, 5, 197-212.

Järvenoja, H. (2010). Socially shared regulation of motivation and emotions in collaborative learning. *Acta Universitatis Oulensis E Scientiae Perum Socialium* 110. Recuperado de <http://>

herkules.oulu.fi/isbn9789514263309/isbn9789514263309.pdf

Keating, D. P. y Bobbitt, B. L. (1978). Individual and developmental differences in cognitive processing components of mental ability. *Child Development*, 49, 155-167.

Khifshe, R. y Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.

Lederman, N. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Linn, M. C. (2000). Designing the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 781-796.

McCann, E. J. y Garcia, T. (2000). Maintaining motivation and regulating emotion: measuring individual differences in academic volitional strategies. *Learning and Individual Differences*, 11(3), 259-279.

McCann, E. J. y Turner, J. E. (2004). Increasing student learning through volitional control. *Teachers College Record*, 106(9), 1695-1714.

McComas, W. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17, 249-263.

UNESCO (1999). Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. World Conference on Science, 26 junio - 1 julio, Budapest, Hungría. http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm

Paris, S.G. y PARIS, A.H. (2001) Classroom applications of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 36, 89-91.

Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. y Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91-105.

Peters-Burton, E. (2013). Self-regulated learning as a method to develop scientific thinking. En M. S. Khine e I. M. Saleh (Ed.).

Approaches and Strategies in Next Generation Science Learning (pp. 1-26). Hershey, PA: IGI Global.

Pintrich, P. R. y Schunk, D. H. (2006). *Motivación en contextos educativos* (M. Limón Trad.). Madrid: Prentice Hall (Trabajo original publicado en 2002).

Randi, J. (2004). Teachers as Self-Regulated Learners. *Teachers College Record*, 106(9), 1825-1853.

Rosário, P., Mourão, M., Baldaque, M., Núñez, J.C., González-Pianda, J., Cerezo, R. y Valle, A. (2009). Tareas para casa, autorregulación del aprendizaje y rendimiento en matemáticas. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 179-192.

Roces, C. y González, M. C. (1998). Capacidad de autorregulación del proceso de aprendizaje. En J. A. González-Pineda y J. C. Núñez (Eds.). *Dificultades del Aprendizaje Escolar* (239-259). Madrid: Pirámide.

Santrock, J. W. (1996). *Adolescence. An Introduction*. Dubuque, IA (USA): Brown & Benchmark Publishers.

Schraw, G., Crippen, K. y Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning, *Research in Science Education*, 36, 111-139.

Sungur, S. y Güngören, S. (2009). The Role of Classroom Environment Perceptions in Self-Regulated Learning and Science Achievement. *Elementary Education Online*, 8(3), 883-900.

Vessuri, H. (2016). La ciencia para el desarrollo sostenible (agenda 2030). UNESCO. París, Francia: UNESCO. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/PolicyPapersCILAC-CienciaAgenda203-ES.pdf>

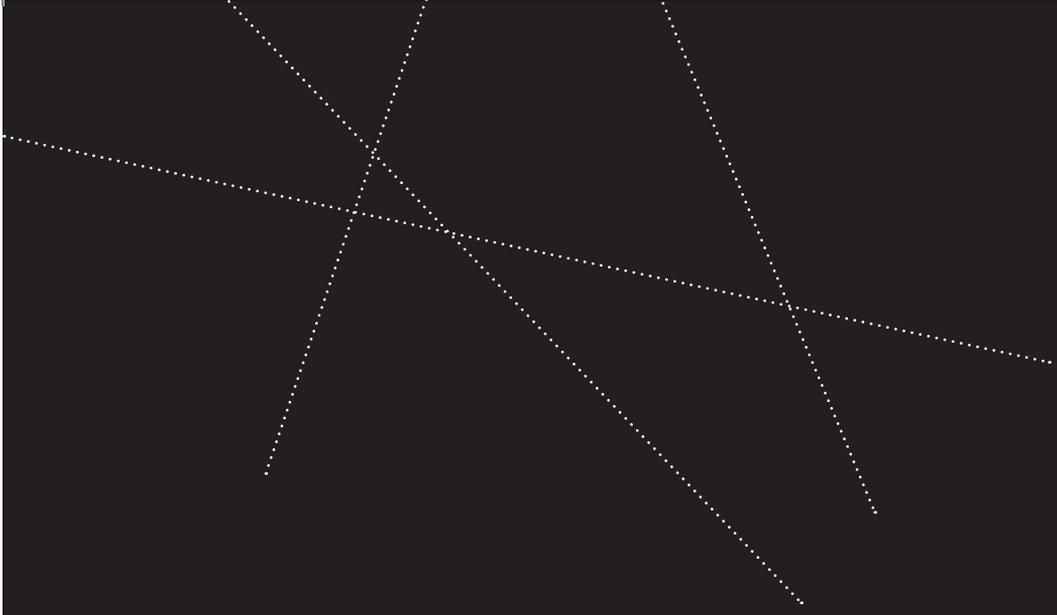
Wolters, C. A., Pintrich, P. R. y Karabenick, S. A. (2003). *Assessing Self-regulated Learning*. Paper presented at the Conference on Indicators of Positive Development: Definitions, Measures, and Prospective Validity (March 12-13, 2003).

Zanotto, M. y Gaeta, M. L. (2018). Epistemología personal y aprendizaje en la formación de investigadores. *Perfiles Educativos*, 11(162), 160-176.

Zimmerman, B. J. (1989). A Social Cognitive View of Self-Regulated Academic Learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 329-339.

Zimmerman, B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. En M. Boekaerts, P., Pintrich, y M. Zeidner (Eds.). *Handbook of self-regulation: Theory, research and applications* (pp. 13-29). San Diego: Academic Press.

Zimmerman, B.J. (2008). Investigating self-regulation and motivation: historical background, methodological developments, and future prospects. *American Educational Research Journal*, 45, 166-183.



IMPORTANCIA DE LA TEORÍA DE LA ACTIVIDAD
(Experiencia de trabajo en el Colegio Kepler, Puebla)

DR. LUIS QUINTANAR ROJAS
DRA. YULIA SOLOVIEVA

Centro Educativo Kepler de Puebla, A.C.
Maestría en Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

INTRODUCCIÓN

En el presente ensayo exponemos una propuesta educativa innovadora basada en la concepción teórico-metodológica de la teoría de la actividad y del paradigma del desarrollo histórico-cultural con resultados de su aplicación. Esta propuesta sustituye a los métodos educativos actuales para garantizar un desarrollo óptimo, intelectual y emocional, en los niños preescolares y escolares. La propuesta se basa en una experiencia propia de los autores obtenida a partir del diseño e implementación práctica de un modelo educativo basado en la concepción del desarrollo histórico-cultural introducida por L.S.Vigotsky y la teoría de la actividad⁴⁷. Se trata de una alternativa metodológica en el ámbito de la enseñanza escolar en la educación básica, que puede modificar el sistema educativo de una forma determinante. La propuesta incluye dos niveles esenciales de la acción educativa: un cambio académico, que se relaciona con los contenidos de lo que se enseña, y la forma en la que se les enseña a

.....
47. Talizina, N., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2010). La aproximación de la actividad en psicología y su relación con el enfoque histórico-cultural de L.S. Vigotsky. *Novedades educativas*, 22, 230: 4-9.

los niños. Podemos decir que estos dos niveles fundamentales de la acción educativa son: 1) qué se enseña, y 2) cómo se enseña. Es importante señalar que solo con la inclusión de las modificaciones en ambos niveles de la acción educativa podremos realizar cambios esenciales positivos en la metodología del proceso enseñanza-aprendizaje, garantizando de esta manera la eficacia de dicho proceso.

Nuestra propuesta considera necesariamente la participación activa de ambos agentes que participan en el proceso educativo: maestros y alumnos. Además, debemos señalar que la propuesta se relaciona únicamente con los aspectos académicos de la enseñanza y no con los aspectos políticos o administrativos.

UNA VISIÓN TRANSDISCIPLINARIA

Consideramos que es necesario pensar cómo podemos incluir fructíferamente a los agentes del proceso educativo, maestros y alumnos, y verlos como sujetos activos que conforman la actividad de enseñanza-aprendizaje en todos los momentos. Lo anterior implica tomar en cuenta varias áreas de conocimiento que impactan esencialmente en la metodología. Dichas áreas de conocimientos deben considerarse de forma integral y simultánea.

Lamentablemente, en la actualidad no se llega a un acuerdo común sobre las aportaciones interdisciplinarias en el ámbito educativo, debido a que no se cuenta con una plataforma sólida para lograr una integración disciplinaria (transdisciplinaria), sin confundir los objetos de estudio y los métodos de cada disciplina, ni para determinar de qué disciplinas concretamente se trata.

Estimamos que las áreas más significativas que deben ser abordadas son: la pedagogía, la psicología y la neuropsicología. Hasta ahora se ha pensado que la pedagogía considera a las didácticas de la enseñanza, pero sin tomar en cuenta los procesos del desarrollo y las necesidades formativas de los niños, de lo cual normalmente se ocupa la psicología. La didáctica se estudia y se aplica de una manera superficial y formal, sin considerar

los resultados reales que se obtienen a partir de diversos métodos de enseñanza. La psicología actualmente no se ocupa de los métodos de enseñanza, sino de los procesos psicológicos del niño o del educador por separado, es decir, por los aspectos externos al proceso mismo de la actividad de los adultos y de los alumnos en su conjunto. En ambas disciplinas, pedagogía y psicología, está ausente la comprensión de la estrecha relación que existe entre los métodos educativos y las características de la actividad intelectual que se conforma en los alumnos. Incluso se llega a pensar que el tema de los métodos de enseñanza no existe como un objeto de estudio independiente.

A continuación expondremos cómo se puede comprender la relación entre la pedagogía, la psicología y la neuropsicología desde la concepción del desarrollo histórico-cultural y la teoría de la actividad.

La estrecha relación que existe entre los métodos de trabajo de los maestros y los conocimientos y habilidades de los alumnos, se puede argumentar desde el enfoque histórico-cultural introducido por L.S. Vigotsky. Este autor plantea que *la enseñanza conduce al desarrollo psicológico del niño*; la participación activa y adecuada del adulto incluye al niño en su *zona del desarrollo próximo*⁴⁸. Acerca de la importancia del proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo psicológico, Vigotsky⁴⁹ escribió que la enseñanza puede interferir en el transcurso del desarrollo de manera decisiva, debido a que las funciones, en el momento inicial del proceso enseñanza-aprendizaje, aún no se han formado, mientras que el aprendizaje puede organizar el proceso de su desarrollo y, de este modo, determinar su destino. Los métodos de enseñanza se visualizan como una fuerza que garantiza y promueve el desarrollo psicológico del niño. Tal planteamiento cambia completamente la actitud del sistema educativo hacia el desarrollo del niño. Si en el constructivismo, que encuentra sus

.....
48. Vigotsky, L. (1991). *Obras Psicológicas Escogidas*. Tomo 1. Madrid: Visor.

49. Idem.

raíces en la teoría genética de J. Piaget, se plantea que el niño construye independientemente su conocimiento, en la postura de Vigotsky y sus seguidores se plantea que la enseñanza, con métodos educativos óptimos, garantiza la actividad intelectual del niño⁵⁰. Esto implica la necesidad de diseño y aprobación constante de métodos educativos argumentados y novedosos. A su vez, esto implica una investigación y experimentación formativa constante que debe incluir a los maestros y a los niños. Obviamente, surge la necesidad de una unión dialéctica de la pedagogía, que estudia los métodos educativos y de psicología, que analiza la forma de interacción con los niños de diferentes edades psicológicas, así como los resultados positivos y negativos de esta interacción con los adultos. Sin esta visión de unión dialéctica entre la pedagogía y la psicología no se puede llevar a la práctica la posición teórica mencionada de Vigotsky: la enseñanza conduce al desarrollo psicológico. Por otro lado, ambas disciplinas, la pedagogía y la psicología, aparentemente se encuentran muy alejadas del objeto de estudio de la neuropsicología, la cual estudia la relación entre los procesos psicológicos y las bases cerebrales de estos procesos. Esta última tampoco reconoce la necesidad de relacionarse con la pedagogía y con la psicología, ya que no se logran precisar las aportaciones del trabajo pedagógico, psicológico y neuropsicológico. Esta comprensión aislada de los procesos cognitivos, de sus bases cerebrales y de los procesos educativos, es una característica de la postura neuropsicológica cognitiva que predomina en la actualidad. Normalmente, su objeto de estudio es el procesamiento cognitivo, al cual consideran como una unidad aislada autosuficiente y estática, sin relación con las condiciones de vida, las interacciones, las formas y los métodos de enseñanza y las normas culturales, entre otros aspectos.

.....
50. Talizina, N.F. (2019). La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza. México, Universidad Autónoma de Puebla.

A diferencia de la postura cognitiva, nuestra propuesta se basa en una integración de las aportaciones de la pedagogía, la psicología y la neuropsicología histórico-cultural. Reiteramos que la ubicación en un único paradigma del desarrollo humano garantiza la solidez de la integración de diversas áreas de conocimiento.

La teoría de la actividad se puede considerar como una alternativa al constructivismo y a la escuela activa, debido a que permite modernizar y reformar de manera completa el proceso de enseñanza-aprendizaje⁵¹. Esta teoría se origina en el enfoque histórico-cultural, cuyo fundador es Vigotsky⁵². Dicha teoría plantea que el desarrollo psicológico es un proceso determinado por las condiciones históricas y culturales de la vida del hombre. Para el ámbito educativo esta postura significa que el desarrollo intelectual del niño depende, en primer lugar, de los métodos de enseñanza, aunque también de otros factores como formas de interacción en familia, integridad orgánica del niño, nivel educativo de los padres, situación social de seguridad, etc. Para los términos de la neuropsicología lo anterior debe significar que no se pueden localizar estrechamente los procesos intelectuales en las estructuras cerebrales, no se puede hablar de una base cerebral única que garantice y explique el éxito o el fracaso del desarrollo del niño.

En la concepción de Vigotsky, se establece una relación particular entre los procesos de enseñanza y desarrollo. Vigotsky ha determinado que existe una estrecha relación entre los procesos de la enseñanza y aprendizaje, pero que estos procesos no coinciden⁵³. Este autor señala que la enseñanza determina el desarrollo y conduce hacia él a través de la interacción en la zona del desarrollo próximo. Ello implica que el desarrollo realmente depende de la forma de enseñanza y del método elegido

.....

51. Talizina, ob. Cit.

52. Vigotsky, L. (1995). Obras Psicológicas Escogidas. Tomo 3. Madrid: Visor.

53. Vigotsky, L. (1991). Ob. Cit.

por los maestros. Podemos decirlo con otras palabras aplicadas al tema de enseñanza-aprendizaje: “así como es la enseñanza, será el desarrollo del niño”. Para la neuropsicología, esta posición significa que la conformación y la participación funcional de los sistemas cerebrales en el niño, se modifican constantemente y dependen de su integración en la actividad cultural humana, que cambia en distintas edades psicológicas del niño. El tipo y la calidad de participación de diversas estructuras cerebrales dependen del tipo y calidad de la actividad cultural en la cual se incluye el niño. Diferentes actividades culturales son óptimas y garantizan el desarrollo psicológico en distintas edades ontogenéticas a lo largo de la vida del niño. En cada edad es posible identificar, estudiar y valorar la actividad rectora que es óptima para las condiciones psicológicas del desarrollo del niño sano, así como del niño que puede presentar diferentes alteraciones y estados de inmadurez y patologías en distintos niveles del sistema nervioso central. La integración de las tres áreas de conocimiento que proponemos se basa en las siguientes posiciones metodológicas:

La *pedagogía* debe estudiar la forma de enseñanza que practican los maestros para que éstos garanticen el aprendizaje de los niños.

La *psicología* debe estudiar las transformaciones en los conocimientos de los niños (aparición de conceptos y acciones nuevas) que surgen a partir de los métodos de enseñanza que se utilizan.

La *neuropsicología* debe estudiar los sistemas cerebrales que se forman durante el proceso de aprendizaje de los niños.

METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA

En general, toda la metodología de la enseñanza que se propone se basa en la teoría de la actividad, que incluye los elementos estructurales de cada actividad, entre otras, la actividad de enseñanza-aprendizaje. La metodología de la enseñanza desde la teoría de la actividad para estas tres áreas de conocimiento (pedagogía, psicología, neuropsicología), implica algunas consideraciones fundamentales que se deben tomar en cuenta para garantizar un cambio esencial en el sistema educativo desde el punto de vista de sus contenidos y su proceso. Estas consideraciones o posiciones teóricas de nuestra propuesta que debemos precisar a partir de la experiencia educativa obtenida, son:

- La *estructura de la actividad* de enseñanza-aprendizaje: objetivo, motivo, base orientadora, medios, operaciones, resultado.
- El *proceso* de la actividad, que incluye a ambos agentes participantes del proceso educativo: maestros y alumnos.
- La concepción del *desarrollo psicológico* en distintas etapas de la ontogenia y la necesidad de diferenciar la edad psicológica de la edad cronológica: el juego temático de roles como actividad rectora en la

edad preescolar y la actividad de aprendizaje escolar dirigido en la escuela primaria.

- La *organización de las materias* científicas que se enseñan a los niños en distintos niveles escolares: desde los conceptos generales hasta los conceptos particulares.
- *Formación de conceptos* científicos por etapas, conjuntamente con la adquisición de las acciones intelectuales: nivel materializado, nivel perceptivo generalizado, nivel verbal, nivel mental interno.

Cada una de estas consideraciones se incluye en las tres áreas de conocimiento señaladas: pedagogía, psicología y neuropsicología. A continuación detallaremos el contenido de cada una de estas cinco posiciones esenciales que permiten realizar nuestra propuesta educativa.

ESTRUCTURA DE LA ACTIVIDAD

Los elementos estructurales de esta actividad incluyen al objeto y el objetivo de la actividad, el motivo, las operaciones, los medios y la base orientadora. Para cada ciclo educativo y para cada materia que se enseña siempre se deben establecer estos elementos principales de la actividad. Se especifica el contenido de la base orientadora de la acción intelectual que cada alumno debe utilizar para realizar correctamente la acción solicitada.

Inclusión de los agentes de la actividad educativa: maestros y alumnos

De acuerdo con la teoría de la actividad, el proceso de enseñanza-aprendizaje se considera como un proceso dinámico y dialéctico que incluye a ambos participantes o agentes sociales: maestros y alumnos. Esta propuesta reconsidera la metodología del proceso de enseñanza de manera integral. Todas las acciones que se realizan en el salón de clase en los niveles preescolar y primaria son colectivas. Las tareas individuales son escasas y poco comunes y sólo se utilizan durante la resolución de tareas

en exámenes y exclusivamente en los grados avanzados de la escuela primaria: cuarto, quinto y sexto grados. En ambos niveles las tareas son grupales y todos los niños colaboran en cada una de las acciones con la guía y orientación del maestro.

CONCEPCIÓN DEL DESARROLLO PSICOLÓGICO Y DE LA ACTIVIDAD RECTORA

El aprendizaje del niño es cultural desde su inicio e implica la interacción organizada con los ideales culturales objetales y simbólicos que se conformaron en la historia de la humanidad⁵⁴. La enseñanza del niño transcurre solamente dentro de la actividad, en la cual éste puede participar. Todas las acciones nuevas siempre se introducen desde el plano externo, luego de lo cual se puede garantizar su adecuada interiorización. La edad escolar es una etapa cualitativamente distinta de los periodos previos y posteriores del desarrollo del niño⁵⁵. Cada una de las etapas educativas, preescolar y escolar, requiere de una aproximación propia y de métodos específicos para el desarrollo psicológico.

.....
54. Ilienkov, E.V. (2009). El problema de lo ideal: historia y contexto. En: VI. Tolstih. E.V. Ilienkov (Eds.) Filosofía de la segunda mitad del siglo XX. Moscú: ROCCPEN.: 153-240.

55. Davidov, V.V. (2008). Sesiones de psicología general. Moscú: Academia.

ORGANIZACIÓN DE LAS MATERIAS CIENTÍFICAS QUE SE ENSEÑA A LOS ALUMNOS EN LA ESCUELA PRIMARIA Y SECUNDARIA

La teoría de la actividad permite considerar a todo el proceso como un sistema en el cual participan activamente sus agentes sociales. El movimiento en este sistema obedece a la lógica de la presentación de los conceptos teóricos en forma espiral, desde los conceptos más generales hasta los conceptos más particulares. A los conceptos generales se les considera como introductorios, mientras que a los conceptos particulares como secundarios o más específicos. Dichos conceptos solo se pueden introducir en forma de acciones grupales y compartidas entre los maestros y los alumnos. De acuerdo a la teoría de la actividad, surge la necesidad de conocer detalladamente el contenido de cada materia escolar para reorganizarlo y para establecer las formas óptimas de comunicación y colaboración entre los maestros y sus alumnos en las sesiones escolares.

FORMACIÓN DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS Y LAS ACCIONES INTELECTUALES POR ETAPAS

El pensamiento científico se conforma por sus unidades básicas: sistemas de conceptos de las materias básicas. Cada materia incluye su propia jerarquía de conceptos. Los conceptos se pueden aprender siempre y cuando estos se utilicen en las acciones intelectuales que corresponden a estos conceptos. Las acciones intelectuales pueden ser de dos tipos: acciones intelectuales generales, que se pueden comprender como habilidades lógicas, y las acciones intelectuales específicas de cada área de conocimiento.

El proceso educativo podrá superar sus dificultades siempre y cuando se comprenda cómo se realizan la introducción y la adquisición de los conceptos científicos de las ciencias básicas: matemáticas, lingüística, ciencias sociales y naturales. Para cumplir con este objetivo, es necesario diferenciar entre los conceptos cotidianos (empíricos) y los conceptos científicos (teóricos).

Los conceptos cotidianos se adquieren desde la infancia preescolar durante la participación en diversas actividades no específicas, como juegos, paseos, observaciones, aseo, actividad práctica y artística. Un concepto empírico puede existir aisladamente sin ninguna relación con otros

conceptos. La edad preescolar, por lo tanto, se debe considerar como una etapa previa a la adquisición de los conceptos teóricos. En la edad preescolar existen distintas formas de actividades que permiten que los niños adquieran las neoformaciones psicológicas esenciales, como la actividad voluntaria, la motivación cognitiva, la imaginación y la función simbólica^{56, 57}. A diferencia de los conceptos cotidianos, los conceptos teóricos siempre forman sistemas complejos de conceptos y no se adquieren a través de la simple interacción con los objetos. Cada sistema de conceptos teóricos posee su propia historia. Con la introducción de esta historia, desde una visión muy general, es posible iniciar el proceso formativo. El proceso formativo se inicia con el diseño de las acciones intelectuales que corresponden a cada concepto.

Desde la teoría de la actividad, que sigue las ideas expuestas por Vigotsky, se plantea que se debe establecer una “ruptura” entre los conceptos cotidianos y los científicos⁵⁸. Esta ruptura es absolutamente necesaria, porque los conceptos “científicos no crecen desde los conceptos cotidianos”, sino que se introducen especialmente a partir de las acciones especiales dirigidas por el maestro. Podemos decir que para la formación apropiada de los conceptos teóricos el adulto tiene que presentar claramente los componentes de las características esenciales del concepto con el que trabaja en el momento dado de su proceso educativo. De esta forma, es necesario que los maestros comprendan y les transmitan a los alumnos que las características esenciales de los conceptos científicos son el resultado de procesos de abstracción y generalización de las diversas características que tienen los objetos y fenómenos del mundo, pero que no todas estas características forman parte del concepto científico. Debido a lo anterior, la formación de

.....
56. Obukhova, L.F. (2006). Psicología del desarrollo por edades. Moscú, Educación Superior.

57. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2016a). La actividad de juego en la edad preescolar. México. Trillas.

58. Vigotsky, L. (1995). Ob. Cit.

los conceptos teóricos requiere de un esfuerzo intelectual particular, en el cual el maestro debe servir de guía y orientación para los alumnos.

La formación de conceptos por etapas implica la elaboración de las orientaciones simbólicas externas que corresponden al contenido de cada concepto, es decir, a sus características esenciales. Más adelante, las orientaciones se deben realizar en el nivel simbólico esquematizado perceptivo. Finalmente, esta orientación puede adquirir un aspecto puramente verbal para el alumno. Para cada materia escolar se debe considerar la secuencia de estos niveles formativos, que permiten garantizar una adecuada apropiación de los contenidos de los conceptos por parte de los alumnos.

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL COLEGIO KEPLER

En nuestra experiencia educativa se ha realizado el trabajo de organización del proceso de enseñanza en el colegio Kepler (ciudad de Puebla) de acuerdo a las cinco posiciones teóricas mencionadas. En este colegio se inició (y se continúa hasta el momento) el trabajo educativo que llamamos “trabajo formativo-experimental”. Todas las materias del nivel preescolar y de la escuela primaria se han reorganizado de acuerdo con la teoría de la actividad, considerando la sistematización conceptual de lo general a particular. Se han creado, aprobado y publicado propuestas

educativas originales para diversas materias^{59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66}. La realización de la propuesta expuesta permitirá continuar con esta serie de publicaciones, relacionadas con la experiencia pedagógica formativa. Como método prototipo se utiliza exitosamente el método para la formación inicial del proceso lecto-escritor para el nivel de la escuela primaria⁶⁷.

Este trabajo implica varias líneas de acciones educativas:

Capacitación continua de los educadores y maestros.

Diseño y descripción de métodos para el desarrollo y la enseñanza para el nivel preescolar y escolar.

Aplicación de los métodos de desarrollo y enseñanza.

Valoración de los resultados obtenidos en el nivel preescolar y primaria.

Comparación de los resultados obtenidos en el colegio Kepler y otros colegios públicos y privados de México y de otros países (se lograron algunos trabajos comparativos que incluyeron a las instituciones y colaboradores de Colombia y Brasil).

.....
59. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2016 a). Ob. Cit.

60. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2016 b). El dibujo como actividad formativa. México: Trillas.

61. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2018a). Enseñanza de la lectura. Un método práctico. México: Trillas.

62. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2018b). Teoría de Galperin: Orientación para psicología y neuropsicología. En: I. Beltrán y B. Leite (Eds.) Galperin y la teoría de la formación planeada por etapas de las acciones mentales y de los conceptos. Investigaciones y experiencias para una enseñanza innovadora. Campiñas: Mercado de Letras.: 101-132.

63. Solovieva, Yu. y Quintanar L. (2019). La metodología formativa en la psicología histórico cultural. Madrid, GIUNTI-EOS.

64. Solovieva, Yu. (2014). La actividad intelectual en el paradigma histórico-cultural. México: CEIDE.

65. Solovieva, Yu. (2015). Estrategias introductorias del lenguaje escrito en el idioma inglés. México: Plaza y Valdés.

66. Talizina, N.F., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). Enseñanza de las matemáticas desde la teoría de la actividad. México: CEIDE.

67. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2018a). Ob. Cit.

Presentación y publicación de resultados de la metodología educativa, de evaluación y comparación en congresos, artículos, capítulos de libros y libros en los idiomas español, inglés, portugués y ruso.

El trabajo realizado implicó la capacitación continua de los educadores que trabajan en el nivel preescolar y de los maestros que trabajan en el nivel primaria, de acuerdo a exposición teórica y el análisis metodológico de las cinco posiciones teóricas mencionadas. Es importante precisar que la capacitación de los maestros en nuestro colegio Kepler es continua, gracias a que nuestra dirección y supervisión académica permite garantizar un contacto permanente con los educadores y maestros.

Además del trabajo con educadores y maestros, se realiza una constante capacitación y preparación de alumnos de posgrado de Maestría y Doctorado para la realización de la implementación de los métodos formativos, la valoración de los resultados y la comparación de datos en otras instituciones educativas. Se trata de alumnos de la Maestría en Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Puebla; de alumnos del Doctorado Interdisciplinario en Ciencias de la Educación de la Universidad Iberoamericana; de colaboradores de la Universidad Javeriana de Cali y Bogotá, en Colombia, de la alumna del Doctorado en Pedagogía de la Universidad Nacional de San Carlos de Brasil, y de la alumna de la maestría en Psicología de la Universidad de Maringá de Brasil. Para muchos de ellos el trabajo educativo en el colegio Kepler sirvió como base para la realización y defensa de sus respectivas tesis de Maestría y Doctorado. Además, en el colegio han participado en el curso de verano, con apoyo del programa Delfin, de la Academia Mexicana de Ciencias y de la beca de movilidad del CONACYT durante ocho años consecutivos.

Durante 2019 se publicaron dos libros. Uno de ellos dedicado a los aspectos teórico-metodológicos de la enseñanza⁶⁸. El segundo libro está dedicado a los niveles de la comprensión lectora y la producción del lenguaje escrito en primaria, secundaria y preparatoria, y la introducción inicial de los conceptos matemáticos, así como textos sobre métodos de intervención neuropsicológica en casos de problemas en el desarrollo y en el aprendizaje escolar (Solovieva y Quintanar, en prensa). De esta forma, el trabajo realizado ha permitido contar con una capacitación y aplicación experimental del método educativo innovador adaptado a las necesidades propias de cada docente participante. Los docentes contarán con una metodología sistematizada y organizada y con resultados obtenidos en la práctica del proceso educativo supervisado. La propuesta educativa para la formación del pensamiento científico, de acuerdo con el método “sistematizado y orientado” basado en la teoría de la actividad, tiene su fundamento en la experiencia original propia realizada en el colegio Kepler.

La aplicación del método general de enseñanza alternativa desde la teoría de la actividad y la concepción histórico-cultural, se ha realizado durante 8 ciclos escolares, con la posibilidad de integrar el material obtenido en los últimos 6 meses.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos a partir de la aplicación de las cinco posiciones teóricas mencionadas anteriormente: 1) la estructura de la actividad, 2) la inclusión y participación activa de ambos agentes participantes de la actividad con alto nivel de motivación, 3) el contenido sistémico de la materia escolar, como un área de conocimiento que requiere de organización de la actividad intelectual, 4) la edad psicológica y la actividad rectora del alumno, 5) la formación de conceptos por etapas en diferentes materias escolares en el nivel de la escuela primaria.

.....
68. Solovieva, Yu. y Quintanar L. (2019). Ob. Cit.

ORGANIZACIÓN SISTEMATIZADA DE LA ENSEÑANZA PREESCOLAR

El Método pedagógico educativo del Centro Educativo Kepler de Puebla A. C. está enfocado a garantizar el desarrollo psicológico armonioso de niños y niñas que asisten a nuestro Colegio en el Nivel Preescolar. Este Método se basa en la concepción del desarrollo histórico cultural de la psique humana propuesto por L. S. Vygotsky y sus seguidores en psicología. De acuerdo con este enfoque, el desarrollo transcurre en las actividades culturales motivadas. Dichas actividades son colectivas, sociales y externas en el momento inicial del desarrollo y más adelante se consolidan como el plano interno, individual de la actividad y la personalidad de cada niño. En cada edad psicológica del niño es posible identificar la actividad rectora subyacente.

La *actividad rectora* subordina a todas las demás actividades y su ausencia puede producir efectos negativos sobre la personalidad del niño y retrasar la adquisición de las neoformaciones. Dentro de la *actividad rectora* surgen las líneas centrales e independientes del desarrollo de la personalidad del niño. La formación y el establecimiento de la *actividad rectora* que corresponde a cada periodo del desarrollo del niño, es uno de los objetivos principales de la psicología y de la neuropsicología infantil.

El diseño curricular preescolar tiene como objetivo propiciar actividades colaborativas colectivas orientadas por el adulto de manera constante a través del lenguaje, juegos, acciones cotidianas compartidas y comunicación reflexiva positiva personal.

El *Objetivo general* del trabajo educativo en la edad preescolar se dirige a garantizar el nivel óptimo de preparación psicológica para el inicio del aprendizaje escolar, lo cual implica la formación de los siguientes aspectos psicológicos nuevos que aparecen al final del periodo preescolar. Este objetivo general permite desplegar los objetivos particulares.

Los *objetivos particulares* implican la formación en los niños de los aspectos psicológicos esenciales, como formaciones psicológicas nuevas de la edad preescolar. Estas formaciones psicológicas nuevas son las siguientes:

- El comportamiento voluntario, el respeto de reglas, las normas y la reflexión para proponer objetivos propios en diversas actividades.
- La actitud reflexiva, en relación con diversos aspectos comunicativos dirigidos a otra persona (niños y adultos) y las relaciones sociales amplias y positivas.
- La imaginación, que incluye la anticipación de secuencias de comportamientos sociales propios y ajenos, así como la posibilidad de producir y compartir diversas situaciones imaginarias en las actividades lúdicas y creativas.
- Los aspectos positivos en la esfera de la personalidad y la motivación hacia el intercambio social, que incluye la compasión, la empatía, el respeto, la comprensión y la habilidad para brindar ayudas mutuas en diversos sucesos de la vida cotidiana, obras artísticas y literarias (películas, cuentos, obras artísticas accesibles) y la actividad lúdica.
- El interés y la motivación amplia hacia la cognición y el futuro aprendizaje sistematizado que se manifiesta en la curiosidad, la actitud activa y positiva hacia diversas informaciones que caracterizan la vida en la sociedad humana en la naturaleza.

Las *Actividades básicas* que garantizan el desarrollo psicológico del niño en la edad preescolar y que se utilizan en el colegio Kepler para el diseño curricular en la edad preescolar son: la actividad de juego temático de roles, la formación dirigida del dibujo y el trabajo con lectura y análisis de cuentos. Adicionalmente, se utilizan actividades de educación física y la introducción del idioma inglés en el plano oral.

Actividad de juego temático de roles

Etapa introductoria: Inclusión participativa de cada uno de los niños en diversas formas de situaciones sociales imaginarias, que pueden servir como temas para el juego temático de roles. Se utilizan acciones con objetos reales y juguetes que son indispensables para representar situaciones sociales imaginarias elegidas, en forma de orientación externa desplegada. Se utilizan diversas formas de expresiones verbales y no verbales que puedan ayudar a caracterizar las actuaciones de los roles dentro de las situaciones sociales imaginarias elegidas. Para la aceptación (por parte del niño) del rol social dentro de la situación imaginaria, se utilizan de manera orientativa diversos atributos externos como las características indispensables.

Etapa de despliegue: Inclusión participativa de cada uno de los niños en diversas formas de situaciones sociales imaginarias que pueden servir como temas para el juego temático de roles. Se varían y diversifican las propuestas de diversas situaciones sociales con mayor cantidad de roles y con mayor grado de profundidad y complejidad de las acciones comunicativas entre los participantes. Se utilizan acciones con objetos simbólicos indispensables para representar situaciones sociales imaginarias elegidas en forma de orientación externa desplegada. Se utilizan y se perfeccionan diversas formas de expresiones verbales y no verbales que puedan ayudar a caracterizar las actuaciones de los roles dentro de las situaciones sociales

imaginarias. Se elaboran en forma colectiva inclusiva diversos medios simbólicos para determinar las reglas, las normas y los atributos variados de los roles a fin de garantizar el nivel más complejo en la actividad de juego.

Etapa de despliegue con mayor iniciativa por parte de los niños: Inclusión participativa de cada uno de los niños en diversas formas de situaciones sociales imaginarias, elegidas por los niños, que sirven como temas para el juego temático de roles. Se varían y diversifican las propuestas de diferentes situaciones sociales con mayor cantidad de roles y mayor grado de profundidad y complejidad de acciones comunicativas entre los participantes. Se intenta pasar al nivel de juego temático de roles basado en situaciones narrativas elaboradas conjuntamente entre los niños y el educador. Dichas situaciones narrativas pueden retomarse del contenido de los cuentos mágicos conocidos y preferidos de los niños, así como del contenido de las caricaturas y películas infantiles. Al mismo tiempo, surgirán situaciones más novedosas y diversas relacionadas con múltiples aspectos de la vida cotidiana con la inclusión de personajes, situaciones mágicas y soluciones fantásticas propuestas por los niños con la guía y la colaboración del adulto. Se utilizan y se perfeccionan diversas formas de expresiones verbales y no verbales que ayudan a caracterizar las actuaciones de los roles dentro de las situaciones sociales imaginarias elegidas y creadas por los propios niños. Se elaboran en forma colectiva, por iniciativa de los niños, diversos medios simbólicos a efecto de determinar las reglas y las normas para garantizar el nivel más complejo narrativo en la actividad de juego.

Formación dirigida del dibujo

Etapa introductoria: Introducción gradual formativa en la actividad de dibujo infantil a través del análisis de diversas características perceptivas sensoriales de los objetos de la vida cotidiana y juguetes. Se utiliza la orien-

tación verbal del adulto en forma de preguntas dentro de la conversación grupal inclusiva que le ayude al niño a identificar, diferenciar, reconocer, y reflexivamente determinar, las diversas características de los objetos externos. La forma de los objetos se identifica gradualmente como característica fundamental que sirve para reconocer el contorno global de cada objeto, con la posibilidad posterior para representarlo con diversos medios gráficos. Se promueven acciones intelectuales en el plano material y materializado, tales como determinar, comparar e identificar las características esenciales para la percepción, representación y uso práctico de cada objeto.

Etapa de dibujo de objetos: Introducción gradual formativa en la actividad de dibujo infantil a través del análisis de diversas características perceptivas de los objetos, juguetes y representaciones perceptivas. Se usa la orientación verbal del adulto en forma de preguntas dentro de la conversación grupal que le ayude al niño a representar, a través del análisis del contorno y de la forma global de diversos objetos de la vida cotidiana y de la naturaleza. Se promueven acciones intelectuales en el plano perceptivo, como la identificación de diversas posibilidades simbólicas expresivas, tales como el uso de colores, la elección de formas y modelos de acuerdo con los gustos y preferencias de cada uno de los participantes o del grupo en su conjunto.

Etapa de dibujo de objetos en situaciones: se trata del nivel más complejo del desarrollo de la actividad gráfica de los niños a través del análisis de las características esenciales de los objetos en distintas situaciones perceptivas (paisajes, ilustraciones, fotografías, etc.). El maestro proporciona orientación verbal constante a través de preguntas guías, que permiten identificar de manera consciente y reflexiva las diversas características en imágenes perceptivas de diversas situaciones, tales como: relaciones espaciales entre objetos y personajes representados en cuadros, expresiones emocionales de los personajes, medios expresivos utilizados como colores, formas y tamaños. Los temas y el contenido de las ilustraciones pueden relacionarse

con el contenido de cuentos conocidos y preferidos por los niños, así como con ilustraciones que incluyan contenidos y personajes de caricaturas y películas infantiles. Adicionalmente se utiliza la metodología de la creación colaborativa de paisajes y naturaleza muerta en el plano externo con ayuda de distintos objetos, materiales y medios expresivos. Con este objetivo se usa plastilina, arena, papel, cartón, sal, frijoles, piedras, canicas y objetos de la naturaleza como frutas, verduras, plantas y flores.

Lectura y análisis de cuentos

Etapa introductoria: Presentación colectiva desplegada de contenidos del lenguaje literario a través de lectura orientativa y el análisis desplegado de los contenidos de textos literarios (cuentos mágicos). En esta etapa se utilizan cuentos que contienen información narrativa con personajes y sucesos mágicos consecutivos. Se utiliza la orientación externa desplegada a través de preguntas, dentro de las conversaciones grupales, referidas a los personajes participantes, la identificación de sus acciones y su orden, las características específicas correspondientes a cada personaje particular, sus atributos y particularidades. Se hace énfasis en los sucesos temporales y consecutivos de los acontecimientos expresados en los cuentos, señalando en cada ocasión el inicio, las consecuencias de las acciones y los sucesos finales en cada cuento. Se promueve la comparación de diversos cuentos a partir de sus elementos, tales como personajes, tipos de sucesos, medios mágicos y los efectos de éstos.

Etapa de análisis desplegado: Presentación colectiva desplegada de contenidos del lenguaje literario a través de lectura orientativa y análisis desplegado de los contenidos de textos literarios (cuentos mágicos y descriptivos infantiles). En esta etapa se utilizan cuentos que contienen información narrativa presentada en personajes, sucesos consecutivos mágicos y reales. Se utiliza la orientación externa desplegada a través de preguntas, dentro de las

conversaciones grupales, que se refieren a los personajes participantes, la identificación de sus acciones y su orden, las características específicas correspondientes a cada personaje particular y sus atributos y particularidades. Se hace énfasis en los sucesos temporales y consecutivos de los acontecimientos expresados en los cuentos, señalando en cada ocasión el inicio, las consecuencias de las acciones y los sucesos finales en cada historia. Se promueve la comparación de diversos cuentos a partir de sus elementos, tales como personajes, tipos de sucesos, medios mágicos y los efectos de éstos. Se incluye la posibilidad de analizar las características afectivo-emocionales y la motivación de cada uno de los personajes de los cuentos. Se promueve la comparación grupal de los comportamientos y motivaciones de los personajes tanto positivos como negativos. Se fomenta la posibilidad para valorar y reflexionar acerca de comportamientos, causas y efectos de las situaciones descritas en los textos literarios.

Etapas de análisis desplegado profundo y reflexivo: Presentación colectiva desplegada de contenidos del lenguaje literario a través de lectura orientativa y análisis de los contenidos de textos literarios (cuentos mágicos, descriptivos infantiles y fábulas). En esta etapa se utilizan cuentos de autores que contienen, en forma narrativa, personajes y sucesos mágicos y reales consecutivos. Se utiliza la orientación externa desplegada a través de preguntas, dentro de las conversaciones grupales, referidas a los personajes participantes, la identificación de sus acciones y su orden, las características específicas correspondientes a cada personaje particular y sus atributos y particularidades. Se hace énfasis en los sucesos temporales y consecutivos expresados en los cuentos, señalando en cada ocasión el inicio, las consecuencias de las acciones y los sucesos finales de cada narración. Se promueve la posibilidad de análisis, la identificación de las motivaciones y las intenciones de los personajes. Se propone la comparación de diversas actuaciones de los personajes y la identificación de las acciones positivas y negativas de los mismos. Se realizan comparaciones entre el comportamiento positivo

y negativo de los niños en el grupo, con actuaciones de algunos personajes de acuerdo con el contenido de cada cuento. Se comenta con los niños la posibilidad de continuar los cuentos, la modificación y la incorporación de algunos personajes, medios mágicos, sucesos y finales alternos de las historias. Se intenta proceder con la creación de pequeños cuentos mágicos propuestos por los niños, basados en la identificación y la caracterización de los elementos esenciales de los cuentos narrativos: personajes, medios mágicos, sucesos y resolución final.

Educación física

Etapa introductoria: Inclusión de los niños en actividades motrices a través de estrategias lúdicas motivadoras. Se utilizan diversos juegos que permiten mantener el control de movimientos, fuerza, velocidad y flexibilidad en el ejercicio físico. Los niños se incluyen en los juegos que les hacen identificar y mover distintas partes de su cuerpo. Se promueven las acciones motrices básicas como gatear, reptar, caminar, correr, saltar, lanzar, atrapar, golpear, trepar, patear. Estas destrezas implican la ubicación espacial para que el niño pueda desplazarse según la orientación del adulto mediante instrucciones concretas lúdicas.

Inglés

1. Etapa introductoria: Inclusión colectiva de los niños en situaciones que implican el uso de objetos cotidianos y frases comunes de cortesía para garantizar el conocimiento inicial del vocabulario del idioma inglés. Se usan situaciones sociales que permiten realizar acciones desplegadas con objetos de la vida cotidiana y de situaciones comunicativas cotidianas con un constante uso de medios expresivos no verbales, como juguetes y objetos.

2. Etapa introductoria desplegada: Inclusión colectiva de los niños en situaciones que implican el uso de objetos cotidianos y frases comunes de cortesía para garantizar el conocimiento inicial de la expresión oral del idioma inglés. Se utilizan situaciones sociales que permiten realizar acciones desplegadas con objetos de la vida cotidiana y situaciones comunicativas cotidianas con el uso constante de medios expresivos no verbales, como juguetes y objetos. Son necesarias las situaciones que promueven el conocimiento de las partes del cuerpo y la ubicación espacial elemental entre los objetos y el niño. Se utilizan contextos y situaciones sociales que permitan conocer las características de los alimentos, la vida de los animales, los aspectos del clima y de la naturaleza. Se inicia la inclusión de las características numéricas en situaciones cotidianas, así como su orden temporal.

La aplicación de las actividades pedagógicas señaladas implica lo siguiente:

- Inclusión participativa de cada uno de los niños en las diversas formas de actividades lúdicas específicas para cada grado que constituye la actividad rectora del periodo preescolar.
- Introducción gradual formativa en la actividad de dibujo infantil a través de la orientación específica elaborada para cada grado del nivel preescolar.
- Presentación colectiva desplegada de contenidos del lenguaje literario a través de la lectura orientativa y el análisis desplegado de los contenidos de los textos literarios (cuentos mágicos y descriptivos infantiles y fábulas) elegidos específicamente para cada grado del nivel preescolar.
- Inclusión de los niños en actividades motrices de educación física a través de estrategias lúdicas motivadoras, para cada grado del nivel preescolar.
- A partir del segundo grado de la educación preescolar se garantiza la inclusión de los niños en el conocimiento inicial del vocabulario oral expresivo del idioma inglés mediante acciones desplegadas con objetos de la vida cotidiana, en situaciones comunicativas cotidianas a través del uso constante de medios expresivos no verbales como juguetes y objetos.

En relación con la aplicación del método sistematizado de enseñanza en el nivel preescolar, hemos obtenido resultados experimentales, contrastando los datos de las evaluaciones de los niños del colegio Kepler con niños de la misma edad y nivel sociocultural de otras escuelas. Además, también hemos observado los mismos datos positivos del desarrollo, con la aplicación de nuestra metodología en otros contextos e incluso en otros países. Expondremos algunos de estos datos experimentales significativos.

Resultados de la aplicación del método formativo del dibujo en niños preescolares

Se aplicó el método formativo del dibujo a niños preescolares y se contrastaron los efectos del trabajo con actividades perceptivo-gráficas, antes del inicio formal del proceso de adquisición de la lecto-escritura. Todos los niños de primero, segundo y tercer grado de educación preescolar del colegio Kepler obtuvieron los parámetros más altos de la adquisición de los aspectos de orientación espacial en el plano perceptivo y la menor cantidad de errores en la producción de las imágenes de los objetos. Los parámetros que se compararon fueron: la integración global de la imagen, la ubicación de los detalles en la imagen, la presencia de las características esenciales que permiten reconocer la imagen, la cantidad de imágenes producidas en el tiempo, la calidad del dibujo y la posibilidad para corregir los propios errores.

La comparación de estos indicadores con los niños del grupo control de una escuela privada ubicada en la misma zona del colegio Kepler, mostró la presencia de diferencias significativas a favor de los niños del colegio Kepler. Los niños del colegio Kepler fueron capaces de producir mayor cantidad de imágenes productivas, en comparación con los niños del grupo control. Los niños del colegio Kepler lograban detectar y corregir sus propios errores, se preocupaban por la calidad de su trabajo y cometieron menor cantidad de errores de regulación y control y de las funciones espaciales. En la población de niños preescolares del colegio Kepler no se observaron

dibujos irreconocibles (Tabla 2). Las diferencias entre los grupos experimental y control fueron estadísticamente significativas.

TABLA 2. TIPOS DE ERROR COMETIDOS POR LOS NIÑOS EN LAS TAREAS GRÁFICAS

Tipo de error	
Global	Forma inadecuada
	Problemas con distribución espacial
	Problemas con cierres
	Asimetría
	Desproporciones
	Desintegraciones
Local	Faltan detalles esenciales
	Pocos detalles
Otros	Irreconocible
	Dibujo estereotipado
	<i>Borra</i>
	<i>Agrega elementos</i>
	<i>Omite elementos</i>

La aplicación del método formativo del dibujo a una población de niños pre-escolares de escuela suburbana en San Pablo del Monte, Tlaxcala, mostró resultados similares, es decir, una mejor preparación de los niños para la adquisición del proceso de lectoescritura, lo cual se reflejó en los indicadores

más altos del desarrollo de la actividad gráfica⁶⁹. En trabajos posteriores se consideró la aplicación del método del dibujo como una actividad previa a la introducción del proceso de lectoescritura ^{70,71}. Estos datos indican que los niños del colegio Kepler tienen un nivel más alto de preparación para la adquisición del proceso de lectoescritura en la escuela primaria. En diversos estudios neuropsicológicos se reporta que el nivel de desarrollo de las funciones visuo-perceptivas predice el éxito futuro del niño para la introducción del proceso de lectoescritura ⁷². Nuestros resultados en el colegio Kepler señalan que la amplia y profunda participación del niño en las actividades del dibujo garantiza la adquisición de: la imaginación perceptiva, la posibilidad de encontrar y corregir los errores en el trabajo gráfico, el análisis de las características perceptivas y la adecuada ubicación de los elementos del espacio gráfico. Además, la actividad del dibujo favorece a la función simbólica y a la actividad intelectual creativa en el plano perceptivo.

.....
69. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2012). Formation of Drawing Activity in Mexican Pre-school Children. *Psychology Research*, 2 (8), 479-489.

70. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2013). Importance of drawing development in preschool age. *Preschool Education Today*, 1: 80-84.

71. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2015). Drawing in Pre-school Children as a Strategy for Preparation for School. *British Journal of Education*, 9 (1): 50-61.

72. Akhutina, T.V. y Pilayeva, N.M. (2012). *Overcoming learning disabilities. A Vigotskian-Lurian neuropsychological approach*. Cambridge University Press.

Resultados de la aplicación del método formativo del juego temático de roles en niños preescolares

Los beneficios de la aplicación del juego temático de roles en la edad preescolar se han mostrado en diversos estudios. Los niños del colegio Kepler que participan en la actividad de juego temático de roles muestran los más altos indicadores del desarrollo de la actividad voluntaria. Los niños introducen los medios simbólicos en el juego y los utilizan de manera reflexiva, introducen sus propias reglas en el juego y verifican su seguimiento durante el juego. Estos indicadores no se observan en grupos de niños de otras poblaciones en México^{73, 74}, Brasil⁷⁵ y Colombia⁷⁶, donde se utilizan los métodos tradicionales con ausencia de la actividad desplegada y continua del juego temático de roles. Después de participar en el juego temático de roles los niños muestran altos indicadores para la adquisición de la función simbólica⁷⁷. Además, se ha mostrado que la inclusión de los niños en la actividad de juego temático de roles, en el tercer grado preescolar, permite formar la función simbólica en el plano verbal e iniciar con el desarrollo de juegos narrativos, en los cuales los niños crean y protagonizan sus propias produc-

73. Solovieva, Yu., Tejada, L., Lázaro, E. y Quintanar, L. (2015). Propuesta para el uso del juego de roles en la institución preescolar. *Revista Educacao e Filosofia*, 29 (57): 153-174.

74. Bonilla, R. & Solovieva, Yu. (2016). Evidencia de la formación de la función simbólica a través de la actividad de juego de roles sociales. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, 16 (1): 29-40.

75. De Moraes, M.C. (2018). Estudio de la actividad voluntaria en niños de educación infantil de acuerdo con la teoría histórico-cultural. Tesis Doctoral. Universidad Federal de Sao Carlos, Brasil.

76. Gonzales, C., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2014). El juego temático de roles sociales: aportes al desarrollo en la edad preescolar. *Avances de Psicología Latinoamericana*. 32 (2): 287-308

77. Gonzáles, C. y Solovieva, Yu. (2016). Caracterización del nivel del desarrollo de la función simbólica en niños preescolares. *Revista CES Psicología*. 9 (2): 80-99

ciones imaginarias⁷⁸. Tal nivel de desarrollo no se logra en grupos de niños en los que el juego temático de roles no se utiliza o se utiliza esporádicamente. Todos los niños que participaron en las sesiones experimentales han mostrado niveles más altos de la actividad voluntaria, función simbólica y el nivel general de preparación para los estudios escolares. Los procedimientos de evaluación de la función simbólica mostraron diferencias significativas, favorables a los grupos experimentales.

Datos de aplicación del método formativo de lectura y análisis de cuentos en los niños preescolares

La aplicación diaria de la actividad de lectura y análisis de cuentos en la edad preescolar ha mostrado efectos positivos sobre el funcionamiento de la retención audio-verbal, como uno de los elementos del trabajo cerebral. Se ha evidenciado que los niños que participan en esta actividad logran repetir y recordar mayor cantidad de palabras desconocidas, en comparación con los niños de otros grupos preescolares que no participaron en esta actividad. Los niños del colegio Kepler cometen menos errores de sustitución, intrusiones y reducción del volumen de la información audio-verbal. Las diferencias en el volumen de retención audio-verbal fue significativamente mayor después de la participación en las sesiones de lectura y análisis de cuentos.

Por otro lado, la utilización del método de lectura y análisis de cuentos en el tercer grado preescolar en una escuela suburbana de San Pablo del Monte, Tlaxcala, mostró resultados positivos similares en el desempeño de los niños que participaron en esta actividad, en comparación con los niños de la misma edad del grupo control. Los niños de los grupos experimentales

.....
78. Solovieva, Yu., Gonzáles, C. y Quintanar, L. (2015). Indicators of reflection during acquisition of symbolic actions in preschool Colombian children. *Psychology in Russia: State of the Art*. 8 (2): 61-72

mostraron resultados favorables en la valoración de la función generalizadora y mediatizadora del lenguaje, así como en la actividad voluntaria⁷⁹. En las tareas de evaluación de la actividad voluntaria, las diferencias entre los grupos experimental y control, después de la aplicación del trabajo con cuentos, fueron estadísticamente significativas, a favor del grupo experimental⁸⁰. En estos estudios se ha mostrado que, después del trabajo con la metodología de lectura y análisis de cuentos durante un ciclo escolar, los niños muestran mejores resultados en la evaluación de la retención audio-verbal con apoyo en los medios externos (recuerdo mediatizado), en comparación con el grupo control, en el que no fue utilizada esta metodología. La comparación de los resultados finales entre los grupos experimental y control, mostró diferencias significativas⁸¹. El análisis de la tarea “completar oraciones” reveló diferencias significativas en las ejecuciones iniciales y finales en el grupo experimental. Las respuestas correctas finales de este grupo llegaron al 93.3%, en contraste con el 0% obtenido en la evaluación inicial. La comparación de los resultados finales entre los grupos mostró diferencias significativas.

De esta forma, tanto la aplicación de los métodos formativos desarrollados en el colegio Kepler, como las comparaciones con grupos control, han mostrado las ventajas de nuestra metodología. Los niños que participan en las actividades que se implementan en el colegio Kepler muestran los indicadores más altos de preparación para la escuela y el desarrollo psicológico.

.....
79. Solovieva, Yu., López, A. y Quintanar, L. (2015). Formación de la función mediatizadora del lenguaje a través del análisis de cuentos en preescolares. *Revista Educacao em Questao*, 52 (38): 11-35.

80. López, A., Solovieva, Yu., Quintanar, L., García, M. (2017). Desarrollo de la función reguladora del lenguaje a través del trabajo con cuentos en niños preescolares. *Panamerican Journal of Neuropsychology*. 11 (3): 209-225.

81. Solovieva, Yu., López, A. y Quintanar, L. (2015). Ob. Cit.

ORGANIZACIÓN SISTEMATIZADA DE LA ENSEÑANZA EN LA ESCUELA PRIMARIA

Nuestra propuesta formativa implica la inclusión a este proceso tanto a los maestros, como a sus alumnos. Ambos agentes figuran como sujetos y participantes, lo cual implica un cambio transformador en ellos en relación con la actividad intelectual de la enseñanza-aprendizaje. Ambos participantes aprenden y se transforman en esta propuesta durante la realización de las acciones intelectuales conjuntas.

La realización de las acciones intelectuales en las sesiones escolares se lleva a cabo bajo las posiciones teóricas de la teoría de la actividad, señaladas anteriormente.

Para la formación apropiada de los conceptos teóricos que representan las unidades del pensamiento científico^{82, 83}, el maestro les presenta a los alumnos los componentes de las características esenciales del concepto con el que trabaja en el momento dado de su proceso educativo. Se orienta al alumno para que identifique reflexivamente cada característica esencial

.....
82. Davidov, V.V. (1996). La teoría de la enseñanza que conduce al desarrollo. Moscú, INTER.

83. Davidov, V.V. (2008). Sesiones de psicología general. Moscú: Academia.

del concepto teórico con el que trabaja. El maestro es consciente del hecho de que las características del concepto han surgido como consecuencia de un largo proceso histórico de la formación de este concepto a lo largo del tiempo, que muchos científicos han trabajado para la precisión de estas características y que, muy probablemente, estas características cambiaban con el tiempo. Para la introducción del concepto teórico correspondiente se incluye la información histórica relevante en cada una de las materias escolares. El maestro les transmite a los alumnos que las características esenciales de los conceptos científicos son el resultado de procesos de abstracción y generalización de las diversas características que tienen los objetos y fenómenos del mundo.

Se argumenta el “método de organización sistémica y orientada” del proceso educativo para las materias de español, inglés, matemáticas, ciencias sociales (bases de la historia) y ciencias naturales (bases de geografía y biología). Dicho método incluye los elementos necesarios y suficientes, lo cual implica una reorganización del proceso educativo. Estos elementos son:

- La organización sistémica de cada materia escolar, de lo general a lo particular.
- La elección de los conceptos generales con los que se debe iniciar la formación del pensamiento teórico para cada materia escolar y para cada sección de la materia.
- El diseño y la planeación de las acciones intelectuales de los alumnos de acuerdo con la teoría de la Interiorización.
- El diseño y la planeación de la orientación externa particular que les permita a los alumnos realizar correctamente las acciones intelectuales generales y específicas.
- La organización del tipo de comunicación entre docentes y alumnos, los temas concretos y las formas de evaluación apropiados para cada nivel educativo.

Nuestro *método de organización sistémica y orientada* del proceso educativo permite, en primer lugar, conducir todo este proceso “de lo general a lo particular”. Lo anterior implica que, en lugar de datos, fenómenos o solución de ejemplos y problemas particulares, se presenta al alumno un sistema de la materia escolar con su núcleo general o los conocimientos invariantes. Por *conocimientos invariantes* comprendemos las bases conceptuales teóricas relativamente estables de cada materia o área de conocimiento. Para cada materia se han establecido *conceptos invariantes*, primarios, esenciales y los conceptos secundarios que no pueden ser introducidos sin los conceptos primarios.

La enseñanza de cada materia se inicia con la introducción de los *conceptos invariantes* a través de la orientación del maestro para llevar a su formación gradual que garantice el uso de este concepto en las acciones intelectuales que corresponden al concepto dado dentro del área específica de conocimiento, hasta lograr su interiorización mediante las acciones correspondientes de los alumnos.

Las acciones intelectuales se forman inicialmente como acciones externas, que transcurren de manera compartida con el maestro y con los alumnos. Las acciones intelectuales se organizan como acciones colectivas entre todos los participantes del salón de clase. Se evitan las acciones individuales, repetitivas y mecánicas que los alumnos no comprenden. Para promover las acciones intelectuales colectivas de forma correcta, los maestros deben conocer las bases de la teoría de la acción psicológica y su estructura^{84, 85, 86, 87}. Los maestros de la escuela primaria del colegio Kepler saben que la acción es un concepto teórico de la teoría de la actividad y

.....
84. Leontiev, A.N. (1983). *Obras Psicológicas Escogidas*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.

85. Talizina, N.F. (2019). Ob. Cit.

86. Solovieva, Yu. (2014). Ob. Cit.

87. Solovieva, Yu. y Quintanar L. (2019). Ob. Cit.

que tiene que ver con la concepción del desarrollo histórico-cultural del ser humano (Rubinstein, 1998). La acción se comprende como una unidad y elemento central de la actividad cultural. La acción intelectual se realiza inicialmente desde su forma externa y se interioriza hasta el nivel intelectual interno, en dependencia de la orientación que se proporciona en esta actividad^{88, 89, 90}. La acción conserva todas las características esenciales de la actividad e incluye sus elementos estructurales básicos: el motivo, el objetivo, los medios de realización, la base orientadora y el resultado (Tabla 3)^{91, 92}.

TABLA 3. LOGROS EN EL PROCESO EDUCATIVO A PARTIR DEL CONCEPTO DE LA ACCIÓN PSICOLÓGICA Y SU ESTRUCTURA.

Objeto	En las sesiones escolares se realiza la actividad intelectual con conceptos teóricos a partir del análisis detallado de las características esenciales de cada concepto que se introduce por primera ocasión.
Motivo	Se realizan las acciones intelectuales conjuntas con la participación de todos los alumnos que permite garantizar una mejor comprensión de lo que se hace e interesar a los niños en los términos y zonas de aplicación de cada área de conocimiento.
Objetivo	Se les muestra a los alumnos y se les dirige al objetivo concreto de cada acción que se va a realizar, previendo el resultado correcto que se debe obtener en cada situación.
Acciones conjuntas	Acciones de orientación y realización de las tareas intelectuales basadas en una orientación externa suficiente y necesaria para la adquisición de los conceptos teóricos; la realización de las acciones intelectuales con la verificación grupal de los resultados obtenidos, los errores y las dificultades de todos los participantes.

88. Solovieva, Yu. (2004). El desarrollo intelectual y su evaluación. Una aproximación histórico-cultural. México, Universidad Autónoma de Puebla.

89. Solovieva, Yu. (2009). La unidad de análisis en la psicología histórico-cultural. En: V. Feld y J. Eslava (Eds.) ¿Hacia dónde va la neuropsicología? La perspectiva histórico-cultural de Vigotsky y la neuropsicología. Buenos Aires: Noveduc Libros.: 79-101.

90. Solovieva, Yu. (2014). Ob. Cit.

91. Guippenreitor, Y. (1996). Introducción a la psicología general. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.

92. Leontiev, A.N. (2003). Génesis de la actividad. En: A.N. Leontiev (Ed.) Formación de la psicología de la actividad. Moscú: Sentido. Serie: Clásica viva.: 373-385.

De acuerdo con lo anterior, en el colegio Kepler se implementa la actividad intelectual que se realiza con los contenidos teórico-científicos reflexivos de las materias básicas. Este objeto se comparte entre ambos participantes de este proceso: maestros y alumnos.

Se ha logrado que los maestros impulsen los motivos de la actividad intelectual, los cuales se relacionan con la curiosidad por realizar esta misma actividad. Esto significa que los motivos dominantes de la actividad de enseñanza de los maestros se centran en la reflexión organizada de los alumnos, mientras que los motivos de la actividad de aprendizaje de los alumnos se centran en la adquisición de los conocimientos que les proporciona el maestro.

La organización del trabajo educativo, de acuerdo con la teoría de la actividad aplicada a la enseñanza, implica el planteamiento de un método educativo formativo. Este método tiene su propio contenido, que implica la sistematización de los conceptos que se enseñan, los planos de realización de las acciones, el tipo de orientación, la forma de trabajo pedagógico comunicativo o forma de interacción entre los maestros y los alumnos y los tipos de acciones intelectuales que se realizan (Tabla 4).

TABLA 4. CONTENIDO DEL MÉTODO DE ENSEÑANZA.

Método de enseñanza	Descripción
Sistematización de conceptos	Desde conceptos generales hasta los conceptos particulares.
Planos de realización de las acciones intelectuales con conceptos	Acciones materializadas, perceptivas y verbales.
Tipo de orientación	Completa, generalizada e independiente.
Formas de comunicación	Comunicación grupal positiva que implica el paso de la zona del desarrollo próximo a la zona del desarrollo actual.
Tipos de acciones intelectuales	Acciones intelectuales generales y específicas que corresponden a las materias básicas relacionadas con el estudio del idioma (bases de la lingüística), matemáticas, ciencias sociales (historia) y ciencias naturales.

El proceso de adquisición de conocimientos conceptuales sistematizados obedece a la lógica de la teoría de la Interiorización y la concepción de la formación de las acciones intelectuales por etapas. Para trabajar con la formación de sistemas de conceptos de las materias básicas y sus relaciones jerárquicas, estos conceptos se incluyen en las acciones intelectuales generales y específicas, que corresponden al objeto y al método de estudio de cada área de conocimiento en particular. Inicialmente las acciones se trabajan en los planos externos (material, materializado, perceptivo concreto, perceptivo generalizado o esquemático, verbal externo oral y escrito) y posteriormente en los planos internos (lógico-verbal conceptual). Para cada tipo y nivel de la acción se elabora la orientación (base orientadora de la acción) basada en

las características esenciales y suficientes del contenido de cada concepto y los medios externos simbólicos, lo cual garantiza la ejecución de la acción intelectual correspondiente desde el plano externo de una forma correcta o con mínima cantidad de errores por parte de los alumnos.

Este tipo de orientación que se utiliza en el colegio Kepler se llama *orientación completa, general e independiente*. Analicemos las características de la base orientadora de la acción.

La *característica completa* de la base orientadora de la acción consiste en que a los alumnos se les presenta todo el contenido de las características esenciales del concepto que se forma. La *característica general* implica que la base orientadora de la acción puede aplicarse a una amplia cantidad de las acciones intelectuales de un mismo tipo, como el análisis fonológico de las palabras en la lingüística (estudio del idioma español o el inglés) y la solución de problemas matemáticos. La *característica independiente* consiste en que a los alumnos se les muestra una forma conceptual de la acción intelectual, con lo cual se pretende que cada acción intelectual concreta pasará de la zona del desarrollo próximo, a la zona del desarrollo actual. La zona del desarrollo próximo señala que el niño logra realizar la acción intelectual dada con ayuda del adulto, mientras que la zona del desarrollo actual señala que el niño logra realizar esta acción intelectual sin ayuda, de forma independiente.

La forma de trabajo en el colegio Kepler es grupal y las acciones intelectuales individuales son mínimas. Durante el trabajo grupal, el pedagogo promueve la conversación dialógica emotiva y positiva, que incluye a todos los alumnos en el proceso de comprensión y reflexión acerca de los conceptos generales científicos y las acciones intelectuales que corresponden a ellos para cada materia escolar. En este diálogo reflexivo, el pedagogo incluye a todos los alumnos para interesarlos por los conocimientos y las acciones intelectuales que se plantean. El pedagogo orienta a los alumnos y realiza todas las acciones intelectuales junto con los niños.

Objetivo general

El objetivo general de la enseñanza formativa en el colegio Kepler es la formación de sistemas de conceptos jerárquicos correspondientes a cada materia escolar, así como utilizar estos conceptos en las acciones intelectuales de acuerdo con cada materia. A partir de este objetivo general de despliegan los objetivos particulares de la enseñanza.

Objetivos particulares

- Formar en los alumnos su participación reflexiva en las actividades colectivas que incluyen el uso de conceptos de las materias escolares en las acciones intelectuales generales (reconocimiento de características, comparación, clasificación, deducción, inducción, definición de conceptos).
- Formar en los alumnos su participación reflexiva en las actividades colectivas que incluyen el uso de conceptos de las materias escolares en las acciones intelectuales específicas (propias de cada área científica).
- Formar en los alumnos intereses cognoscitivos reflexivos en relación con los sistemas de conceptos y acciones intelectuales de las materias escolares.
- Formar la reflexión teórica para valorar los diversos sucesos del mundo real, incluyendo la esfera artística, las relaciones cotidianas y el medio ambiente.

En particular, durante la experiencia del trabajo de creación y aplicación de la metodología, con base en la teoría de la actividad, se publicaron los métodos originales para la enseñanza de la lectura en la escuela primaria⁹³, la introducción del proceso de lectoescritura y la formación de conceptos gramaticales⁹⁴ y para la enseñanza reflexiva del pensamiento matemático⁹⁵.

.....
93. Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2018a). Ob. Cit.

94. Solovieva, Yu. (2016). Enseñanza del lenguaje escrito. México: Trillas.

95. Talizina, N.F., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). Ob. Cit.

Estas metódicas se utilizan regularmente en el colegio Kepler, lo cual permite obtener una calidad cada vez más sólida del proceso educativo. Los resultados de la enseñanza en el colegio Kepler, comparados con los obtenidos en otras instituciones educativas en México y en Colombia, permiten constatar la utilidad de los métodos educativos utilizados en el colegio Kepler. Mostraremos algunos de los datos más relevantes al respecto.

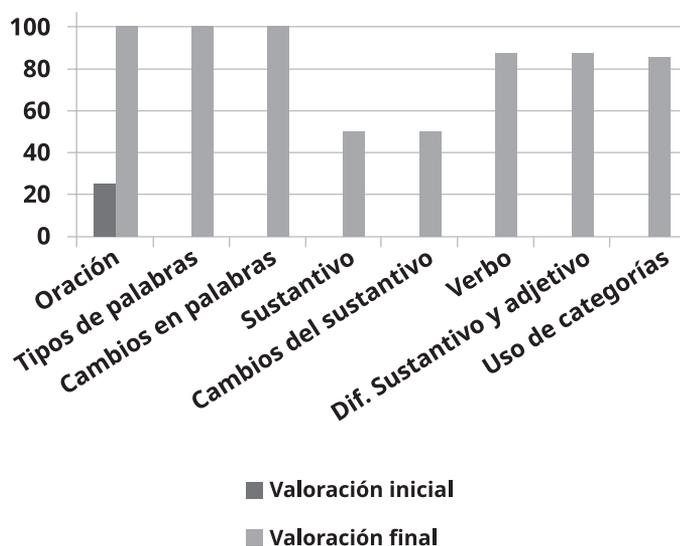
La aplicación del método de la lectura permite el desarrollo de un nivel más alto de comprensión lectora en los niños de tercer grado de primaria del colegio Kepler, en comparación con los niños del grupo control de la misma zona urbana⁹⁶. Los niños del colegio Kepler cometen menos errores en la escritura, en contraste con los niños del grupo control. Estas diferencias en los errores (perseveraciones, sustituciones, intrusiones y omisiones de letras y palabras) fueron estadísticamente significativas. Los niños del colegio Kepler lograron encontrar y corregir sus propios errores en la lectura y en la escritura, a diferencia de los niños del grupo control. Los niños del colegio Kepler no cometen errores de tipo espacial o de ubicación de los elementos en la hoja durante la escritura, a diferencia de los niños del grupo control. El método de lectura permite formar en los alumnos del primer grado de primaria los conceptos lingüísticos básicos. Los niños del colegio Kepler cometen menos errores con el uso de los signos de puntuación y en la lectura de oraciones, en comparación con niños del grupo control⁹⁷. En ambos casos, las diferencias entre los niños del colegio Kepler y niños del colegio tradicional fueron estadísticamente significativas. La aplicación del método para la formación de conceptos gramaticales ha mostrado que los niños del tercer grado de primaria del

.....
96. Torrado, O., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2018). Análisis comparativo de la adquisición del proceso lectoescritor ante distintos métodos de enseñanza. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 10 (2): 11-19.

97. Solovieva, Yu., Torrado, O. & Quintanar, L. (2018). Orientation for Initial Introduction of Written Speech in primary School. *Journal of Education, Society and Behavioural Science*. 24 (4): 1-18.

colegio Kepler, logran diferenciar las características esenciales de las categorías gramaticales básicas y formar oraciones largas y correctas de manera independiente^{98, 99}. Los cambios esenciales respecto a estas habilidades se observaron al comparar al mismo grupo de niños, antes y después de aplicar el método formativo¹⁰⁰ (Gráfica 3).

GRÁFICA 3. PORCENTAJE DE RESPUESTAS CORRECTAS EN CADA TAREA EN LAS EVALUACIONES INICIAL Y FINAL.



98. Solovieva, Yu., Rosas, D., Lázaro, E. y Quintanar, L. (2014). Formation of Skills Prior to the Acquisition of Basic Grammar Categories. *British Journal of Education, Society & Behavioural Science*, 5 (2): 142-157.

99. Rosas, D. y Solovieva, Y. (2017). Introducción de conceptos gramaticales en la escuela primaria, *Revista Electrónica de Psicología de la FES Zaragoza, UNAM*, 7 (14), 60-69

100. Rosas, D. y Solovieva, Y. (2018). Orientación para la formación de la conciencia gramatical en la educación primaria. *Linhas críticas*, vol. 24 (1), 425-445

La Figura 1 muestra los resultados del cambio positivo en el conocimiento de las categorías gramaticales antes y después del trabajo con el método de introducción de conceptos gramaticales en niños de segundo de primaria del colegio Kepler. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas.

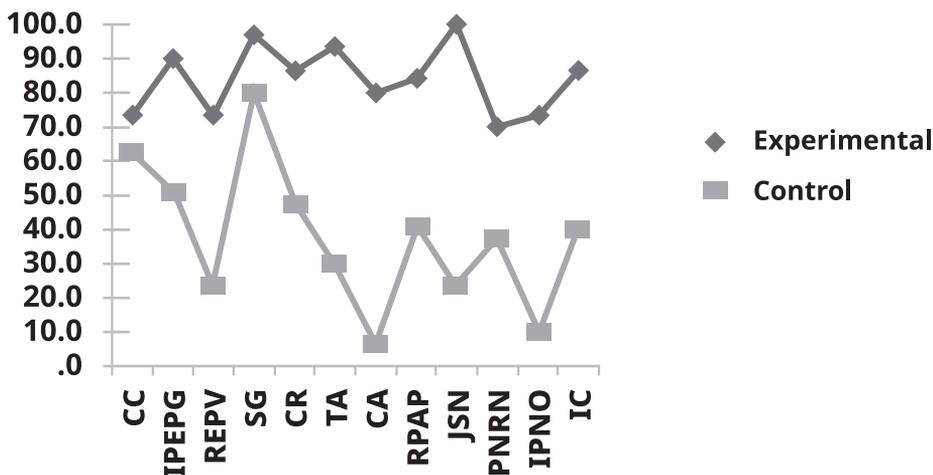
Durante el proceso formativo los niños lograron realizar las acciones intelectuales con los conceptos gramaticales, como el reconocimiento de los conceptos, la diferenciación del concepto, la clasificación de categorías, la conducción e inducción al concepto y la utilización de categorías en la producción oral y escrita de oraciones y textos.

En el caso de la enseñanza de las matemáticas, en el colegio Kepler se aplica el método formativo, que incluye una etapa previa de introducción de las habilidades matemáticas básicas, antes de la introducción de los conceptos numéricos. Estas habilidades abarcan la formación de acciones intelectuales específicas que incluyen los componentes simbólico, lógico, numérico y de orientación en el espacio. La formación de estas acciones en los grupos experimentales ha revelado ventajas después de la aplicación del programa¹⁰¹ (Gráfica 4).

.....
101. Zárraga, S., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). Formación de las habilidades matemáticas básicas en preescolares mayores. En: N. Talizina, Yu. Solovieva y L. Quintanar (Eds.) *Enseñanza matemáticas desde la teoría de la actividad*. México: CEIDE: 69-86.

GRÁFICA 4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS GRUPOS EXPERIMENTAL Y CONTROL EN LA EVALUACIÓN FINAL DE LAS HABILIDADES MATEMÁTICAS.

Promedios de la evaluación postratamiento



CC= Copia de una casa; IPEPG= Identificación de posiciones espaciales en el plano gráfico; REPV= Relaciones espaciales en el plano verbal; SG= seriación gráfica; CR= correspondencia recíproca; TA= tarea de agrupación; CA= Conservación del área; RPAP= representación de palabras a través de pictogramas; JSN= juego simbólico con elemento neutro; PNRN= Posicionamiento de un número en la recta numérica; IPNO= Identificación de posicionamiento número ordinal; IC= igualación de conjuntos.

Después de este trabajo previo, la aplicación del método de introducción de los conceptos matemáticos ha mostrado que los niños logran formar el concepto científico de número basado en la acción de la medición de diversas magnitudes. Los conceptos matemáticos de número y sistema de numeración adquiridos se aplican en las acciones de solución y creación independiente

de problemas matemáticos^{102, 103}. El método de solución y creación de problemas matemáticos se ha estudiado e introducido en grupos de niños. El trabajo con este método implica la identificación de la pregunta final del problema, el análisis reflexivo de los datos, la relación de los datos con los conceptos numéricos y con la elección de las operaciones y, finalmente, la verificación y la comparación de lo obtenido con lo que se establece en la pregunta^{104, 105}. La introducción de esta forma de trabajo permite observar efectos positivos sobre el grado de reflexión de los alumnos acerca de las relaciones cuantitativas entre los objetos y los fenómenos y, así, pensar “matemáticamente”. Estas evidencias no se observan en grupos de niños del mismo grado escolar que estudian con los métodos de Montessori y con el método tradicional por competencias¹⁰⁶. Se ha mostrado que los métodos comunes (Montessori y Competencias) no permiten una sólida adquisición de los conceptos teóricos matemáticos y no promueven una solución independiente, ni la creación de problemas matemáticos por parte de los niños. En los colegios tradicionales no se observa el paso de la actividad intelectual dependiente a la independiente, debido a la ausencia de la orientación reflexiva y especializada por parte de los maestros. Los niños dependen del uso de objetos externos para la solución de las tareas, no generalizan las características esenciales de los conceptos numéricos¹⁰⁷.

.....
102. Rosas Y., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). La formación del concepto de número: aplicación de la metódica en una institución mexicana. En: N. Talizina, Yu. Solovieva y L. Quintanar (Eds.) Enseñanza matemáticas desde la teoría de la actividad. México: CEIDE: 107-128.

103. Talizina, N.F., Solovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). Ob. Cit.

104. Solovieva, Yu., Rosas, Y. y Quintanar, L. (2016a). Problem solution as guided activity with Mexican school children. *Psychology in Russia: State of Art.* 9 (3): 57-75

105. Solovieva, Yu., Rosas, Y. y Quintanar, L. (2016 b). Program for solving problems as method for development development of logic thinking in school children. *RIPEM V.* 6 (2): 111-135.

106. Rosas, Y. Y Solovieva, Yu. (2019). Trabajo con solución de problemas matemáticos en tercer grado de primaria: análisis de dos escuelas privadas. *Ensino em Revista.* 26 (2): 415-436.

107. Idem.

Además, es posible afirmar que los conceptos (como tales) no se consideran dentro de los programas Montessori y por Competencias y se sustituyen por la realización mecanizada de las operaciones aritméticas sin reflexión. Para el idioma inglés se elaboró y aplicó el método formativo sistematizado para la introducción de conceptos lingüísticos esenciales que favorecen la enseñanza inicial del proceso de lectoescritura¹⁰⁸. La enseñanza del lenguaje escrito en el idioma inglés en nuestro colegio se realiza a partir del segundo grado de primaria, lo cual permite al maestro basarse en este proceso adquirido para el idioma materno (español) desde el primer grado de primaria. Nuestro método permite lograr la reflexión y la concientización de los conceptos verbales generales, tales como la palabra, el fonema, el grafema, la oración y el texto. Lo anterior permite lograr la diferenciación consciente del grafema y del fonema, como base para el manejo apropiado del proceso lecto-escritor. Los niños logran diferenciar el tipo de relación que existe entre el fonema y el grafema en el idioma español y en el idioma inglés. Esta forma de trabajo con el idioma inglés permite evitar la enseñanza mecánica y repetitiva, que se basa en la copia constante de palabras y oraciones en el idioma inglés sin su comprensión, como normalmente se utiliza desde la edad preescolar en la mayoría de las escuelas. Para la enseñanza de las ciencias sociales y naturales se propone el método de lo general a lo particular, el cual se basa en la introducción y constante comparación de conceptos generales de las ciencias sociales (historia) y naturales (geografía y biología). La enseñanza se basa en la lectura y en el análisis de textos que contienen los conceptos que se introducen. Los maestros elaboran y utilizan orientaciones (guías) que denominamos *tarjetas de orientación* para la introducción de las características esenciales de cada concepto que se trabaja. Nuestro objetivo futuro consiste en la preparación y la publicación de libros de texto que contengan la propuesta para la enseñanza de conceptos científicos de estas materias.

.....
108. Solovieva, Yu. (2015). Ob. Cit.

En general, podemos constatar que nuestra enseñanza, sistematizada y organizada de acuerdo con la teoría de la actividad en la escuela primaria, optimiza las capacidades intelectuales de los maestros y de sus alumnos, gracias a la inclusión del concepto de orientación guiada en todas las materias de la escuela primaria. Lo anterior favorece la adquisición de los conceptos científicos de las materias básicas (español, inglés, matemáticas, ciencias sociales y naturales) y su utilización en las acciones intelectuales compartidas entre maestros y alumnos. Al mismo tiempo, nuestra forma de trabajo favorece la estabilización de la motivación educativa de los maestros y de los niños, debido a que se basa en una concepción de la personalidad reflexiva, creativa, responsable y participativa. En el colegio Kepler se desarrolló y aplicó el protocolo interactivo para el análisis de la jerarquía de motivos en los alumnos de la escuela primaria¹⁰⁹.

.....
109. Solovieva, Yu., y Mata, A. (2017). Motives in Learning Process: Proposal of Qualitative Analysis. *Journal of Education, Society and Behavioural Science*. 23 (2): 1-14

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de la organización del proceso educativo, de acuerdo con la concepción histórico-cultural y la teoría de la actividad, permiten formular algunas condiciones concretas de la propuesta. Estas condiciones implican la capacitación de los maestros para elevar su nivel académico, la gestión ante las autoridades para facilitar la implementación de la investigación educativa formativa y la organización del proceso educativo en las aulas. Sin una adecuada capacitación y sin fomentar la investigación, no se puede lograr un cambio metodológico de la enseñanza en la educación básica.

En primer lugar, el éxito de nuestra propuesta depende de una sólida y continua preparación de los maestros en los conceptos básicos de la pedagogía, la psicología y la neuropsicología histórico-cultural.

El problema de la preparación de los maestros es uno de los problemas más delicados en el sistema educativo que no se ha logrado solucionar positivamente. Los programas de formación de maestros deben orientarse, de manera organizada, a su preparación adecuada y profunda. Cualquier cambio decisivo se debe realizar considerando lo siguiente:

- Una teoría sólida y contemporánea de la enseñanza y el aprendizaje.
- La preparación de especialistas en el área de la educación de acuerdo con esta teoría.
- La incorporación activa de los maestros y educadores al proceso de cambio a través de su sensibilización, la capacitación y la asesoría durante la elaboración y la aplicación de los métodos novedosos de enseñanza.

Nuestra propuesta implica necesariamente una capacitación teórico-práctica, con experiencia propia positiva basada en esta capacitación para que puedan apropiarse del modelo educativo. En términos de la teoría de la actividad, esto se expresa como una capacitación constante con orientación sistemática y reflexiva de la enseñanza y la realización de acciones intelectuales conjuntas durante la capacitación, así como en el aula. Bajo nuestra propuesta educativa esta capacitación se lleva a cabo de forma permanente con los docentes que participan en el proceso educativo.

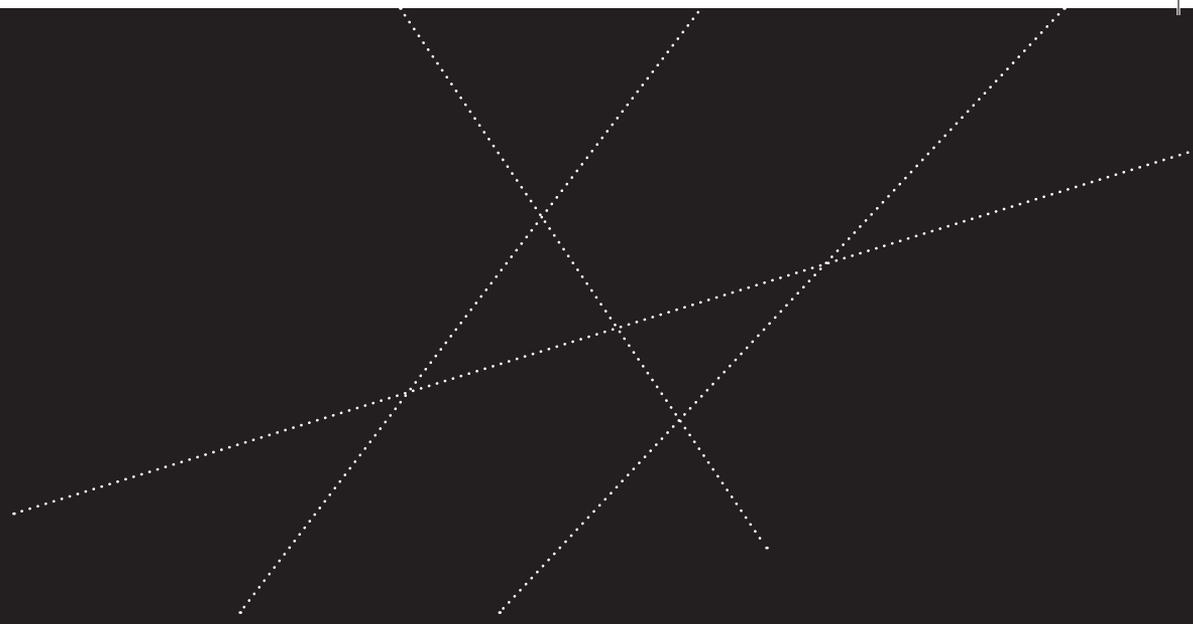
Los resultados obtenidos en el colegio Kepler permiten concluir que los métodos aplicados, basados en el modelo histórico-cultural y la teoría de la actividad, pueden ser de gran utilidad y adaptarse a las necesidades de las instituciones educativas públicas y privadas en los niveles de educación básica y media.

En segundo lugar, desde el punto de la eficacia del mismo proceso educativo en el aula, se requiere de una modificación metodológica que incluye los aspectos siguientes:

1. Considerar la estructura de la actividad conjunta del maestro y los alumnos como elemento esencial de la base orientadora de la acción. Incluir la exposición de los objetivos de cada acción intelectual, la cual debe ser comprensible y reflexiva para el niño, quien debe ser asistido y orientado por el maestro y/o por sus compañeros en todos los momentos de su trabajo.

2. Considerar la participación activa y reflexiva de los maestros y de los alumnos en el aula, evitar las operaciones mecanizadas y repetitivas que no tienen sentido para el alumno ni para la lógica de la disciplina que se estudia.
3. Considerar la estructuración de todas las materias que se enseñan a partir de la línea de conocimientos generales nucleares hacia los conceptos particulares, correspondientes a cada materia que se enseña, y garantizar que el maestro conozca y comprenda los tipos de conceptos y acciones intelectuales que le solicita y que le explica al alumno.
4. Considerar la edad psicológica de los niños, lo cual implica la introducción de métodos diferenciales para la edad preescolar y para la edad escolar, así como la posibilidad de ubicar flexiblemente a los niños en el grado escolar que necesiten, contrario a la rígida distribución por edad cronológica.
5. Garantizar la introducción de conceptos teóricos de las materias escolares a través de acciones intelectuales desde el nivel externo y grupal, para posteriormente formar las acciones intelectuales individuales e internas en cada alumno. Finalmente, para garantizar la eficacia de la propuesta, se requiere de las siguientes acciones conjuntas de las autoridades (CONACYT, Academia Mexicana de Ciencias, Facultades de educación y Psicología de las universidades públicas y privadas, Gobiernos de estados, municipalidades, SEP):
6. Ofrecer cursos de capacitación teórica, metodológica y práctica de la concepción del desarrollo histórico-cultural y la teoría de la actividad.
7. Apertura de programas de posgrado (especialización, maestría y doctorado) que permitan una preparación profesional sólida de los educadores y maestros sobre la base de la concepción del desarrollo histórico-cultural y la teoría de la actividad. Consideramos necesario elevar el nivel educativo general de los profesionales en el ámbito educativo y garantizar la obtención de un posgrado.

8. Garantizar y promover la investigación educativa apoyada por cuerpos académicos capacitados de diversas universidades. Esta investigación debe considerar, en primer lugar, la creación y la aplicación de métodos novedosos para la enseñanza en todos los niveles educativos.



MICROBIOTA Y APRENDIZAJE

DRA. BEATRIZ PÉREZ ARMENDÁRIZ

**Facultad de Biotecnología,
Departamento de Ciencias Biológicas,
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla**

GENERALIDADES DE LA MICROBIOTA

El término microbiota se refiere a un conjunto de microorganismos vivos que forman una comunidad con relaciones intramicrobianas e intermicrobianas que se desarrollan en un determinado ambiente ecológico. La microbiota que se encuentra en el intestino de los seres humanos, es una de las más densamente pobladas, incluso llegando a ser superior a la microbiota que se encuentra en algunos ambientes naturales (suelo, subsuelo, océanos) (Nicholson et al., 2012). Robles-Alonso y Guarner (2013) definen la microbiota como el conjunto de comunidades microbianas que habitan determinado nicho ecológico o animal anfitrión. El cuerpo humano se considera como un ecosistema complejo que alberga trillones de bacterias, ya sea en la cavidad oral, vía aérea, piel, genitales, y el tracto digestivo (Ariza-Andraca y García-Ronquillo, 2016). Una de los *hábitats* que ha generado mayor interés en su estudio es la Microbiota Intestinal (MI), debido a los importantes hallazgos de la relación de ésta con otros sistemas orgánicos. El tracto gastrointestinal humano posee el mayor número de microorganismos de todo el cuerpo, se estima que contiene al menos 10^{14} bacterias/g, representando un peso aproximado de 1 – 2 kilogramos del peso total del cuerpo humano en una persona con 80

kg de peso, con un genoma total que es 100 veces mayor al del huésped. Dependiendo del individuo, la MI puede consistir en más de 1000 especies diferentes de microorganismos (Lozupone et al., 2012; Tojo et al., 2014; Węgielska y Suliburska, 2016).

Se considera que los trillones de microorganismos que habitan el intestino humano constituyen una comunidad ecológica compleja que influye en la fisiología normal y en la susceptibilidad a diversas enfermedades a través de las actividades metabólicas e interacciones con el huésped (Lozupone et al., 2012). La MI ejerce varias funciones en el huésped, entre las cuales destacan la protección del organismo de enteropatógenos, actuando como una barrera y evitando la traslocación bacteriana, y contribuye en la inmunidad innata y adaptativa; participa en la señalización celular, sintetiza vitaminas K y B₁₂, participa en la digestión de carbohidratos complejos, realiza la fermentación de sustancias no digeribles como las fibras, extrae nutrientes y energía de la dieta, regula el gasto energético, la saciedad y homeostasis de la glucosa (Ariza-Andraca y García-Ronquillo, 2016; Lozupone et al., 2012; Tojo et al., 2014).

La composición de la MI humana la constituyen más de 1000 especies de bacterias que habitan el intestino agrupadas en 30 subtipos (*phyla* bacteriana, organizada así por su cercanía taxonómica), de los cuales 5 principales son los más representativos: **Firmicutes** (bacterias Gram-positivas como especies de los géneros *Clostridium* y *Lactobacillus*), **Bacteroidetes** (*Bacteroides*, *Clostridium coccoides* y *Clostridium leptum*), los cuales constituyen el 90 – 98% de la microbiota, **Actinobacteria** (*Bifidobacterium*), **Proteobacteria** (*E. coli*) y en menor cantidad, **Verrucomicrobia** (Ariza-Andraca y García-Ronquillo, 2016; Etxeberria et al., 2016; Lozupone et al., 2012; Robles-Alonso y Guarner, 2013; Sirisinha, 2016), virus como los fagos, eucariotas como las levaduras y arqueas metanógenas también constituyen la MI (Lozupone et al., 2012).

El tracto gastrointestinal humano proporciona múltiples *hábitats* para las bacterias, empezando desde la cavidad oral hasta terminar en el

colon. De esta manera la microbiota suele ser diferente a lo largo del tracto gastrointestinal. La cavidad oral tiene distintos tipos de microbiota dependiendo del sitio estudiado. La mucosa oral está ocupada principalmente por *Streptococcus* mientras que la saliva y la placa supra-gingival se asocian a diferentes géneros *Streptococcus*, *Veillonella*, *Prevotella*, *Neisseria*, *Fusobacterium*, *Actinomyces*, *Leptotrichia*, *Corynebacterium*, *Capnocytophaga*, *Rothia* y *Porphyromonas*. Los cuatro últimos géneros son encontrados tanto en la placa sub y supralingual (De Santis et al., 2006).

El esófago alberga una menos diversa microbiota en comparación a la cavidad oral, donde *Streptococcus* es el más abundante miembro en individuos sanos (Engstrand & Lindberg, 2013). El difícil ambiente gástrico les proporciona a las bacterias un reto para las condiciones de supervivencia y colonización. Sin embargo, ciertos tipos bacterianos se han adaptado a estas difíciles condiciones formando un tipo distinto de microbiota estomacal. Con el desarrollo de técnicas de secuenciación de ADN, cada vez más avanzadas, se ha observado en el estómago una microbiota más amplia de lo que se tenía pensado. Se han reportado la presencia de *phyla* como Firmicutes, Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria, Fusobacteria, Deferribacteres, Deinococcus-Thermus, Chlamydia y Cyanobacteria (Hakansson et al., 2011).

En el duodeno el jugo gástrico es neutralizado; aún así, el pH luminal sigue permaneciendo ácido (pH 4-5), además el flujo continuo de bilis y jugos pancreáticos en esta área impiden la colonización bacteriana. Estas condiciones no impiden la total inhabitabilidad de las bacterias y algunas son tolerantes a estas condiciones: *Veillonella*, *Lactobacillus* y *Clostridium* (Caporaso et al., 2010). En el yeyuno y el íleon superior se han encontrado bacterias pertenecientes a *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterobacter*, *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Proteus* y *Staphylococcus* (Henderson et al., 2010; Caporaso et al 2010; Ling et al., 2013). La microbiota distal del íleon es más parecida a la del colon, donde la proporción de *Clostridium* y *Bacteroidetes* se incrementa (Kumar et al., 2012).

El intestino grueso es el área más densamente poblada, y la carga bacteriana aumenta desde el ciego al colon distal. La microbiota cecal y fecal en personas saludables también varía; se ha encontrado una diferencia de al menos 100 veces menor en el número de bacterias anaerobias estrictas en el ciego (Weir et al., 2013). La *phyla* abundante de la microbiota fecal son Firmicutes y Bacteroidetes (Nasidze et al., 2009).

FACTORES QUE AFECTAN LA MI

La composición y actividad metabólica de la MI puede verse influida por factores internos y externos del huésped (Tojo et al., 2014; Wang et al., 2015). Cada individuo tiene una composición característica de la microbiota con especies particulares específicas, y las proporciones entre los componentes microbianos cambian como resultado de la adaptación al ecosistema debido a diferentes factores ambientales (Rajilić-Stojanović et al., 2013).

Desde el nacimiento comienza la colonización bacteriana, los recién nacidos son expuestos a microorganismos de diferentes fuentes, la colonización inicial en el intestino depende de los microorganismos de primer contacto. Permanece estable por un año y posteriormente, entre los 3 y 4 años, cambia para asemejarse a la MI del adulto, dominado por Firmicutes y Bacteroidetes anaerobios (Ariza-Andraca y García-Ronquillo, 2016; Tojo et al., 2014; Xu y Knight, 2015). La composición de la microbiota se ve afectada desde la vía de nacimiento, ya sea por parto natural o cesárea, la alimentación temprana (alimentación por fórmula vs lactancia materna), la genética del huésped y diversas exposiciones ambientales como las infecciones en la niñez, el uso de antibióticos, la higiene, geografía, el hábito deposicional,

la alimentación y los hábitos dietéticos (Lozupone et al., 2012; Rajilić-Stojanović et al., 2013; Robles-Alonso y Guarner, 2013; Sirisinha, 2016; Tojo et al., 2014; Xu y Knight, 2015).

Los cambios en la MI se asocian también con la edad. A partir de los 3 años de edad la MI permanece relativamente estable durante la edad adulta. Es en la senescencia cuando la población microbiana intestinal se diferencia de la de los adultos jóvenes (Xu y Knight, 2015). La microbiota de cada individuo tiene cierta resistencia a la perturbación pero puede verse potencialmente superada por terapias que alteren la composición de la microbiota, ya sea por vía dietética, fármacos, prebióticos o probióticos (Lozupone et al., 2012). Dentro de los factores ambientales, el componente dietético tiene el mayor impacto en la composición y diversidad de la MI (Lozupone et al., 2012; Sirisinha, 2016; Tilg y Kaser, 2011).

La dieta occidental, comúnmente asociada con elevado consumo de grasa y azúcares, tiene un impacto negativo en la composición y diversidad de la MI provocando la disbiosis del ecosistema microbiano (Sirisinha, 2016), esto es, el desequilibrio del ratio Firmicutes/Bacteroidetes (Sirisinha, 2016). La ingesta total de grasa se correlaciona negativamente con Bacteroidetes y positivamente con Firmicutes (Nakayama et al., 2017).

Las poblaciones de países desarrollados presentan perfiles de la MI significativamente diferentes de aquellas poblaciones de países en vías de desarrollo donde la dieta se caracteriza por el pobre consumo de grasa y azúcar pero abundante consumo de vegetales y contenido de fibra dietética (De Filippo et al., 2010; Sirisinha, 2016). Ejemplo de esto es la MI de niños de una villa rural en África, en donde se mostró mayor proporción de Bacteroidetes y menor de Firmicutes en comparación con niños europeos (De Filippo et al., 2010).

Lozupone et al. (2012) mencionan estudios existentes que muestran cambios estadísticamente significativos en la MI, ya sea siguiendo una dieta baja en calorías y restringida en carbohidratos o grasas por 1 año, o una dieta alta en grasa/baja en fibra o baja en grasa/alta en fibra por diez días.

Pequeñas perturbaciones como los cambios dietéticos a corto plazo permiten regresar al mismo estado de la MI, pero perturbaciones más prolongadas como la administración de antibióticos pueden provocar el movimiento a una condición diferente (Lozupone et al., 2012). Xu y Knight (2015) refieren que la dieta a largo plazo es el conductor primario de la MI. Los individuos con una microbiota “degradada” derivada del consumo de una dieta occidental por un periodo prolongado, pueden necesitar cambios dietéticos a largo plazo para restaurar la microbiota a un estado saludable. Si las tendencias mundiales de la dieta occidental continúan, las especies bacterianas que proveen ciertos beneficios a la salud humana pueden extinguirse permanentemente (Lozupone et al., 2012).

Se ha mostrado que respecto a la heterogeneidad de la MI humana en las diversas culturas y regiones geográficas, aún queda pendiente por resolver cuáles diferencias son debidas a la dieta, cuáles a las exposiciones ambientales y cuáles son propias de la genética del huésped (Xu y Knight, 2015).

DISBIOSIS EN LA MI

Un desbalance en la comunidad bacteriana, término conocido como disbiosis, puede actuar como fuente de infección, inflamación crónica y puede estar involucrado en enfermedades gastrointestinales y otros desórdenes extraintestinales. Diversas enfermedades como las intolerancias alimentarias, la enfermedad inflamatoria intestinal, infección por *Clostridium difficile*, diabetes mellitus tipo 2, resistencia a la insulina, asma, aterosclerosis, enfermedades cardiovasculares y obesidad, se han asociado a la disbiosis de la MI (Ariza-Andraca y García-Ronquillo, 2016; Sirisinha, 2016; Tojo et al., 2014; Węgielska y Suliburska, 2016).

Una de las primeras investigaciones que revelaron la relación existente entre la obesidad y la MI humana fue realizada por Ley et al. (2006), en donde exponen claramente que la proporción de Bacteroidetes se encuentra disminuida, mostrando que había una mayor prevalencia de microorganismos pertenecientes al *phylo* Firmicutes en sujetos con obesidad, en comparación con sujetos delgados. Ley et al. (2006), después de realizar un estudio experimental en ratones obesos, observó que éstos hospedaban más microorganismos del *phylo* Firmicutes y menor cantidad de microorganismos

del *phylum* Bacteroidetes que los ratones delgados. Estos resultados mostraron que el microbioma intestinal de los ratones con obesidad presentaba una capacidad incrementada para extraer energía de la dieta, por lo tanto concluyeron que el microbioma intestinal estaba modulado por diversos factores genéticos que, junto con el genotipo del huésped y el estilo de vida, resultaba en huéspedes con patogénesis de la obesidad.

Kasai et al. (2015) compararon la composición de la MI en individuos japoneses con obesidad *versus* individuos normopeso; los resultados obtenidos fueron iguales a los mostrados por Ley et al. (2006) pero en modelos humanos. Los resultados confirmaron los niveles significativamente reducidos de Bacteroidetes y la relación Firmicutes/Bacteroidetes fue mayor en las muestras fecales de los sujetos con obesidad comparado con los sujetos sanos. Además, se identificaron 5 especies productoras de ácidos grasos de cadena corta pertenecientes al *phylum* Firmicutes, los cuales proveen energía al huésped favoreciendo la extracción de energía, así como la expansión del tejido adiposo. Lo anterior aporta más evidencia acerca del mecanismo de interacción de la MI con la obesidad, denotando que la capacidad metabólica de las bacterias, para la extracción de energía a partir de la dieta del individuo, favorece el almacenamiento de energía en tejido adiposo y la propia proliferación bacteriana (Cruz Arroyo et al., 2014).

En este mismo sentido, se ha mostrado que sujetos que padecen síndrome metabólico presentan una diferencia significativa en la relación Firmicutes/Bacteroidetes, en comparación con los sujetos que únicamente presentaban obesidad sin ninguna comorbilidad asociada, siendo mayor la relación en los primeros (Louis et al., 2016). Nakayama et al. (2017) compararon la MI de niños entre 7 y 9 años de una población rural y una urbana; en estas dos poblaciones la alimentación variaba considerablemente. En ambas poblaciones se encontró que los niños con sobrepeso y con obesidad que vivían en la población donde el consumo de grasa era mayor, hospedaban una microbiota mayor de *Firmicutes/Bacteroidetes* y menor abundancia de *Prevotella*.

La diversidad bacteriana también se encuentra disminuida en individuos con la condición de obesidad, como lo revelan Le Chatelier et al. (2013) luego de analizar 292 personas de Dinamarca, donde se comparó el microbioma intestinal de sujetos con $IMC < 25 \text{ kg/m}^2$ vs sujetos con $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$. Existe suficiente evidencia que relaciona la MI y la obesidad, lo que da un criterio más en cuanto a los factores predisponentes de la enfermedad, ya que el microbioma intestinal puede ser un factor mucho más fuerte en la patogénesis de la obesidad que el propio genoma humano (Le Chatelier et al., 2013).

NUTRICIÓN Y MI

Dentro de los aspectos más importantes que se le han identificado a la microbiota en la relación al huésped está el rol de la MI como modulador del sistema inmune y/o inflamación intestinal. El papel preponderante de la microbiota como modulador de un sistema energético entre la generación y el desgaste tiene una repercusión importante en el huésped que determina su estado metabólico. Además, la MI es un actor importante en la protección contra microorganismos provenientes del exterior y por tanto preserva su homeostasis entre la diversidad microbiana y la salud del huésped.

La nutrición se ha convertido en un factor preponderante en la modulación de la MI, la dieta recobra un papel básico para la determinación de la microbiota y de la expresión de genes (microbioma) que modulan la salud y la enfermedad. La cantidad en la ingesta de alimentos, el tipo de alimentos y la utilización de antibióticos son solo algunos factores que determinan la distribución de la microbiota.

El inicio de la maternidad es un punto clave en la definición de la microbiota, el nacimiento por parte de los bebés tiene una encomienda importante de proveer al nuevo ser de bacterias probióticas para su

desarrollo y defensa de la microbiota adversa al ser humano, teniendo una microbiota más competente para la adversidad de medio ambiente (Álvarez-Clatayud et al., 2018). En este sentido, la lactancia es una tarea que se acompaña de nutrientes, prebióticos (lactosa) y probióticos que van encaminados a un buen desarrollo. Estas series de actividades en el tiempo van desarrollando las funciones fisiológicas y la distribución de la microbiota en cada individuo. La homeostasis en los nutrientes y por ende en la microbiota permiten un desarrollo normal tanto biológico como mentalmente.

En contraste, el uso indiscriminado de antibióticos, la falta de tiempo en la tarea de amamantar y el medio ambiente pueden generar una disbiosis en el recién nacido, con consecuencias como alergias, problemas gastrointestinales, un menor desarrollo neurológico, problemas asociados a inflamaciones intestinales y un futuro con propensión a tener diabetes (De Filippo et al., 2010). Los niños que son alimentados con leche materna presentan una mayor presencia de bifidobacterias, en comparación con los niños que son alimentados con fórmula; conforme va transcurriendo el tiempo y se inicia la dieta con vegetales y proteínas, se van colonizando más los *phyllos Firmicutes* y *Bacteroidetes*. A los dos años se inicia la madurez de la microbiota en el ser humano; la distribución de la *phyla* bacteriana a la edad de los dos años es muy similar a la edad de los adultos (La Rosa Hernández et al., 2014).

Se sabe que la dieta modula la composición de la MI en humanos y ratones. Los hábitos alimentarios tienen a largo plazo un efecto considerable en la MI humana. Por ejemplo, se observó que los niños de una aldea rural africana que consumían altas cantidades de polisacáridos vegetales, tenían niveles bajos de Firmicutes y niveles elevados de Bacteroidetes, principalmente Prevotella y Xylanibacter, en su microbiota fecal, en comparación con niños italianos, que tenían niveles altos de Enterobacteriaceae, principalmente Shigella y Escherichia (De Filippo et al., 2010). Los enterotipos dominados por Bacteroides o Prevotella están asociados con el consumo de una dieta rica en proteínas y grasas animales o carbohidratos, respectivamente (Álvarez-Calatayud et al., 2018).

Los ácidos grasos de cadena corta son sustratos energéticos para el epitelio colónico (butirato) y los tejidos periféricos (acetato y propionato). Están determinados por la cantidad de carbohidratos que se consumen y la composición de la MI. Por ejemplo, la fermentación de los fructanos en la dieta en ratones gnotobióticos que han sido colonizados con *Bacteroides thetaiotaomicron*, aumenta cuando son co-colonizadas con *Methanobrevibacter smithii* (Munukka et al., 2016). *B. thetaiotaomicron* produce más acetato y formiato, y *M. smithii* usa formiato para metanogénesis. Las interacciones promueven una fermentación de carbohidratos más eficiente y mayor absorción de energía desde el intestino, lo que resulta en un aumento de adiposidad en los ratones co-colonizados, en comparación con los ratones colonizados con solo *B. thetaiotaomicron*. La composición de la MI y las interacciones metabólicas entre sus especies pueden por lo tanto afectar la digestión de los alimentos y la obtención de energía (Munukka et al., 2016).

Los cambios en la ingesta diaria de carbohidratos pueden afectar a grupos específicos de bacterias colónicas en un corto período. El consumo de la inulina prebiótica aumenta los niveles de *Faecalibacterium prausnitzii* y *Bifidobacterium sp.* en humanos (Angelberger et al., 2013). Los prebióticos promueven un aumento selectivo de *Bifidobacterium sp.* en ratones obesos (inducidos por una dieta rica en grasas), y este aumento se correlaciona con la reducción de la adiposidad y los niveles de moléculas inflamatorias derivadas de microorganismos, como lipopolisacáridos, en comparación con los ratones que reciben una dieta rica en grasas sin prebióticos (Machiels et al., 2013). Las dietas para humanos que se complementan con almidón resistente tienen niveles fecales aumentados de *Ruminococcus bromii* y *Eubacterium rectale*, que se correlacionan con la fermentación de la fibra (Kump et al., 2013).

La MI también reacciona a la grasa dietética. Los ratones alimentados con dietas ricas en grasas tienen un número reducido de Bacteroidetes y un mayor número de Firmicutes y Proteobacteria. El trasplante de la microbiota cecal de ratones obesos alimentados con dietas ricas en grasa en ratones libres de gérmenes (FG) aumenta la adiposidad significativamente más que el trasplante de una microbiota magra (Varela et al., 2013).

En un estudio en modelos de ratones con colitis ulcerativa con dieta alta en grasas, se encontraron proporciones más altas de ratones con inflamación colónica en comparación con los ratones sanos. Además, se encontró un predominio de bacterias como *Akkermansia*, *Desulfovibrio* y *Enterobacteriaceae* (bacterias Gram negativas y consideradas menos saludables que otras). La suplementación con té verde y bacterias probióticas (una cepa de *Lactobacillus plantarum*) en estos ratones reconfiguraron la MI (considerada más saludable) y atenuaron el proceso inflamatorio (Xu, 2014).

Se ha observado también en modelos murinos, que ratones genéticamente obesos (ob/ob) son hiperfágicos, como resultado de una mutación en el gen que codifica la hormona promotora de la saciedad leptina. La microbiota fecal de estos ratones contiene más Firmicutes y menos Bacteroidetes que la de sus compañeros de camada de tipo salvaje, incluso cuando los ratones son alimentados con la misma dieta baja en grasa y rica en polisacáridos. En esta vertiente, también se han visto cambios similares en la microbiota fecal de los seres humanos que son obesos (Tremaroli & Bäckhed, 2012).

Bäckhed et al. (2004) mostraron que en dos grupos de ratones: uno FG y el otro con la microbiota normal, éste último presentó un 47% más de tejido adiposo en relación al otro grupo; posteriormente colonizaron a los ratones FG de la microbiota del otro grupo, observando un incremento del 60% del tejido adiposo, así como resistencia a la insulina e incremento de leptina y glucosa en sangre.

En la actualidad se sabe que existe un serotipo del sobrepeso y la obesidad en relación a la *phyla* microbiana. La presencia de Firmicutes predomina y la de Bacteroidetes disminuye, por tanto, las personas con sobrepeso y obesidad tienen una relación Firmicutes/Bacteroidetes alta (Farías et al., 2011). En este mismo sentido, se ha observado que en ratones FG después de la colonización con la microbiota de otros ratones se incrementa la acetil-CoA carboxilasa y sintasa, con un incremento de ácidos grasos (Farías et al., 2011).

LA MI Y EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)

La MI vive en un estado de armonía y simbiosis ente sí y su huésped; sin embargo, ahora se cree que un desorden en el equilibrio entre la *phyla* que integra la microbiota puede ser un factor asociado o incluso causal de afecciones médicas crónicas tan variadas como la obesidad y las enfermedades inflamatorias del intestino (Kumar et al., 2018; Teixeira et al., 2018). La evidencia aún es limitada en enfermedades psiquiátricas, pero existen indicios de sucesos (hechos) que se fusionan rápidamente y apuntan a la posibilidad de que las variaciones en la composición de la *phyla* microbiana puedan estar asociadas con cambios en el funcionamiento normal del sistema nervioso (Leulier et al., 2017). En este apartado se muestran datos para aumentar la comprensión de los trastornos mentales y ver su relación con la conducta, el aprendizaje y quizá asociarlo a enfermedades como el estrés, la ansiedad y la depresión.

Además de las enfermedades metabólicas, se ha descubierto que la MI juega un papel preponderante en la comunicación con el sistema nervioso central (SNC); los orígenes de esta estrecha relación inician con el nacimiento del ser humano (Heijtz et al., 2010). Al nacer el ser humano es recibido desde el parto por una gran cantidad de microorganismos que la madre hereda

al bebé (Heijtz et al., 2010), la microbiota de la vagina y de la leche materna son los responsables primarios de la microbiota en el recién nacido. El cerebro humano inicia su desarrollo en los primeros 1000 días y termina su desarrollo dos años después; en este mismo periodo la microbiota de los seres humanos es colonizada, haciendo un equilibrio con el cerebro (Goyal et al. 2016). A los dos años los seres humanos tenemos el 75% del tamaño de nuestro cerebro. En esta parte de la infancia la nutrición juega un papel muy importante, los requerimientos energéticos (ATP y NAD) son altamente demandados, no solamente para el desarrollo del cerebro sino también para los genes (microbioma) de los microorganismos del huésped (microbiota), por lo que una desnutrición conlleva a una selección de microorganismos y una discapacidad cognitiva (Goyal et al. 2016).

En este mismo sentido se ha mencionado que existe una estrecha relación de la nutrición, la microbiota y el cerebro. Esto lo describen muy detalladamente Goyal et al. (2016). De acuerdo con ellos, una de las relaciones más importante es la demanda de las necesidades energéticas del cerebro en términos de ATP y NAD. Existe una métrica para determinar la madurez de la vida de los humanos en función de la ocurrencia de los grupos microbianos (*phyla*). Esta determinación es sorprendentemente similar en la edad biológica de los seres humanos de muchas partes del mundo, no importa la raza, ni la alimentación endémica; los grupos de microbiota específicos son predominantes para una edad específica. Esta métrica se conoce como “microbiota-for-age Z score”. Con esta escala se logra determinar una nutrición sana y desarrollo cognitivo sano en la niñez. En contraste, en niños que no tienen su score adecuado en relación al tipo de microorganismos (*phylum*) de su edad biológica, se puede inferir un desarrollo inadecuado, tanto fisiológico como cognitivo. Por tanto, es importante revertir esta condición de inmadurez de la microbiota; si se persiste la microbiota predominante (no sana) seguirá demandando alta carga energética, y el desarrollo cognitivo será bajo (Goyal et al. 2016).

La homeostasis entre la microbiota y la nutrición repercute de manera importante en las funciones biológicas del cerebro. En estudios realizados en ratones libres de bacterias (ratones gnotobióticos), se les han trasplantado microbiota de ratones en estado de malnutrición, y ello ha provocado en los ratones sanos gnotobióticos la condición de malnutrición; si esta condición se mantiene por un tiempo prolongado se observa un retraso en el aprendizaje (Laulier et al., 2017). Los modelos de ratones han representado gran ayuda para la investigación de la microbiota humana, debido a que éstos tienen una gran semejanza de la *phyla* de los microorganismos y se pueden extrapolar las afectaciones (Laulier et al., 2017).

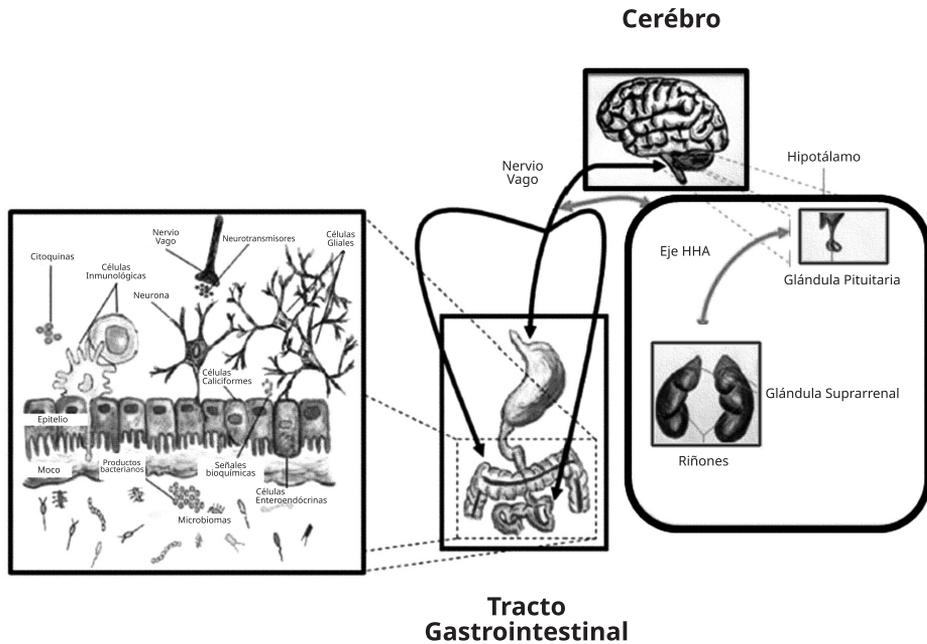
La MI puede afectar las funciones cognitivas, fisiológicas y del comportamiento de los seres humanos. Las señales bidireccionales entre el eje cerebro-intestino, están reguladas neuronal, hormonal e inmunológicamente, a diferentes niveles del sistema nervioso central (SNC). Existen evidencias científicas de que las señales viscerales son transmitidas directamente al SNC vía las fibras aferentes o indirectamente por la circulación de la sangre. Las señales de respuesta del SNC son moduladas por las fibras aferentes de los músculos suaves del tracto digestivo, que dan como respuesta secreciones y funciones de motilidad; esto modifica el medio ambiente de la MI y por tanto la selección. El estrés, por ejemplo, modifica la permeabilidad del tracto intestinal y se observa un incremento de bacterias patógenas y también de bacterias no patógenas, sugiriendo que esto se debe al incremento de dopamina, noradrenalina y adrenalina en el huésped (Duszka & Wahli, 2018).

En años recientes se ha puesto especial interés en la relación microbiota SNC, debido a los desórdenes emocionales y enfermedades mentales. Se tienen evidencias científicas de la regulación de la microbiota sobre los cambios en el cerebro, incluyendo desbalance en neurotransmisores, neurogénesis inducida, circuito neuronal anormal (Liang et al., 2018). Los mecanismos de afectación siguen siendo estudiados, los investigadores tienen un gran interés, debido al incremento de enfermedades mentales de nuestro tiempo,

los fármacos y las terapias de la conducta siguen siendo insuficientes, por lo que la intervención pudiera ser una alternativa más robusta. Por tanto, la microbiota sugiere ser un actor principal en enfermedades mentales, comportamiento y cognición; su estudio y modulación será de gran utilidad para resolver estos graves problemas.

La evidencia se relaciona tanto con el SNC como también en la homeostasis energética; la alteración del equilibrio en la *phyla* microbiana se asocia con patologías fisiológicas de diferentes enfermedades, incluyendo desórdenes neuro psiquiátricos (Lima-Ojeda et al., 2017). Las afectaciones del medio ambiente repercuten de manera directa en la selección de los microorganismos, y su comunicación con el eje cerebro-intestino (ECI) puede desarrollar ansiedad, depresión, estrés e incluso problemas fisiológicos, como esquizofrenia (Goyal et al. 2016). De acuerdo con Lima-Ojeda et al. (2017), la relación entre el ECI involucra el nervio vago, las fibras aferentes y eferentes, es bidireccional, y la permeabilidad del tracto gastrointestinal modula el sistema inmunológico (Figura 3).

FIGURA 3. EL ECI INVOLUCRA EL HIPOTÁLAMO, LA GLÁNDULA PITUITARIA, LA GLÁNDULA ADRENAL, LOS RIÑONES Y EL TRACTO GASTROINTESTINAL A TRAVÉS DE LAS FIBRAS AFERENTES Y EFERENTES, EN LA IZQUIERDA SE MUESTRA LA PERMEABILIDAD DEL TRACTO INTESTINAL QUE PERMITE EL PASO DE METABOLITOS MICROBIANOS E INDUCE LA MODULACIÓN DE LA RESPUESTA INMUNE (LIMA-OJEDA ET AL., 2017).

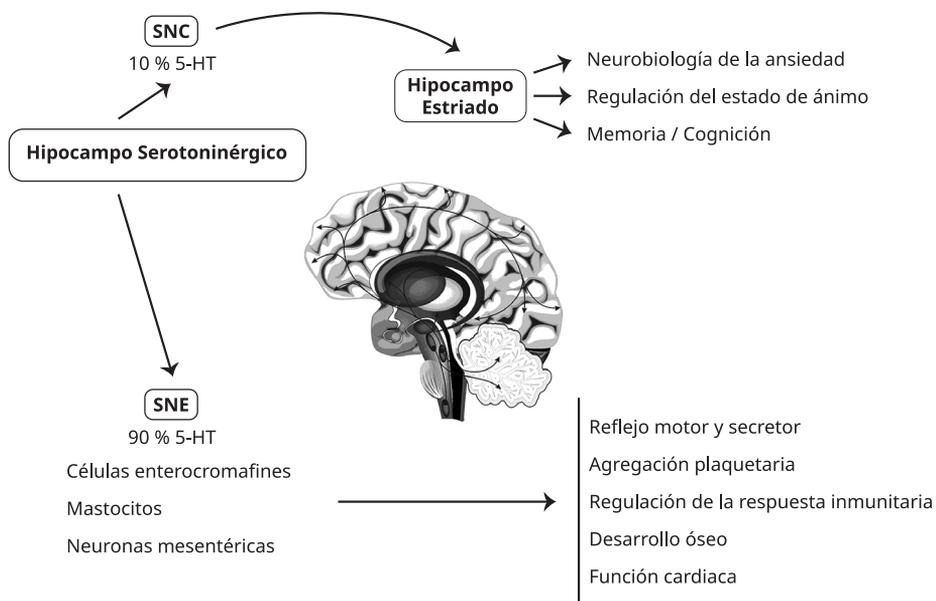


Los modelos en ratones han permitido mostrar la relación entre el cerebro y el intestino. Los ratones libres de gérmenes (GF) y los ratones gnotobióticos (se refiere a los microorganismos de un medio ambiente controlado, o bien a que todos los microorganismos son conocidos) han permitido identificar los mecanismos de comunicación entre la MI y la señalización en el cerebro (Díaz-Heijtz et al., 2010; Kumar et al., 2018).

El rol de la microbiota también se ha enfocado en la modulación de la función nerviosa, como es el nivel central periférico. El estrés es una

condición dinámica en la cual la homeostasis interna (o el “estado de relajación”) es alterada. El estado crónico de estrés en la edad adulta también se ve afectado por la MI. Las alteraciones en el eje cerebro-microbiota intestinal se asocia con los procesos inflamatorios intestinales, el síndrome de intestino irritable, el dolor y desórdenes en la alimentación (Bermúdez-Humarán et al., 2019). El sistema serotoninérgico se ve regulado en el hipocampo estriado, que recibe neurotransmisores como el 5-HT, el cual regula la ansiedad, la memoria, la cognición, el estado anímico y el buen humor Figura 4.

FIGURA 4. EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (CNS) RECIBE DIFERENTES SEÑALES DEL SISTEMA NERVIOSO ENTÉRICO (ENS) A TRAVÉS DEL SISTEMA SEROTÓNICO Y LAS ENVÍA AL HIPOCAMPO ESTRIADO, DANDO COMO RESULTADO ALTERACIONES EN LA CONDUCTA, ANSIEDAD, MEMORIA Y CONOCIMIENTO (BERMÚDEZ-HUMARÁN ET AL., 2019).



En la Tabla 5 se muestra un resumen de trabajos de investigación de tipo experimental con modulación para diferentes padecimientos: Obesidad, enfermedades mentales, hipercolesterolemia, entre otros; las intervenciones se realizan con prebióticos y probióticos.

TABLA 5. RESUMEN DE INVESTIGACIONES DE TIPO EXPERIMENTAL, EMPLEANDO PREBIÓTICOS Y/O PROBIÓTICOS EN ALTERACIONES DEL SNC

Muestra de estudio	Condiciones de intervención	Principales hallazgos	Referencia
Ratones libres de gérmenes (GF), y ratones libres de bacterias patógenas (SPF).	Se aplica a los tres grupos de ratones una batería de pruebas para mostrar la ansiedad y la actividad de exploración.	Los ratones GF mostraron menor ansiedad en relación a los SPF; la evidencia mostró que la modulación de la microbiota normal regula los procesos de la personalidad en el cerebro.	Heijtz et al., 2010
Ratones libres de gérmenes (GF) y ratones convencionales con microbiota convencional.	Indujeron encefalitis inmunológica que da origen a la esclerosis múltiple.	Los GF mostraron menores niveles de citoquinas pro inflamatorias (IF- γ). La microbiota tiene un importante papel en la modulación del sistema inmunológico.	Lee et al., 2010
Pacientes críticos	Simbióticos y probióticos (Lactobacillus y bifidobacteria)	Se ha propuesto que pueden estimular la respuesta antiinflamatoria, inhibir el crecimiento de patógenos y prevenir la translocación bacteriana. y en el de simbióticos respecto control.	Ballesteros-Pomar & González-Arnaiz, 2018

Pacientes que reciben nutrición Enteral.	Fructooligosacáridos	Aumentan los AGCC en cultivos puros y fecales	Ballesteros et al.,2018
Sujetos humanos sanos mayores (≥ 50 años) y jóvenes (<50)	Introducción de β -glicano de cebada en la dieta (0,75 g / día)	Hubo un recuento de Bifidobacterium y Bacteroides fecales elevados mientras que solo el conteo de <i>Clostridium perfringens</i> aumentó en el grupo más joven.	He et al.,2013
Hámster con hipercolesterolemia	Extracto de lípido del grano de sorgo	Moduló la composición microbiana intestinal, las bifidobacterias se asociaron positivamente con aumentos en el nivel de colesterol HDL, y la familia Coriobacteriaceae se asoció con Colesterol no-HDL.	He et al., 2013
Ratones con dieta alta en grasa (n=10)	Intervención por 10 semanas con <i>Lactobacillus curvatus</i> HY7601 Y <i>Lactobacillus plantarum</i>	Incremento de 11 especies y disminución de 7 especies. \uparrow <i>Bifidobacterium pseudolongum</i> \downarrow diversidad microbiana	Park et al., 2013
Ratones con dieta alta en grasa (n=40)	Intervención por 12 semanas con <i>Lactobacillus paracasei</i> CNCM I-4270 <i>Lactobacillus rhamnosus</i> I-3690 <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. Lactis I-2494	Cambios significativos en la estructura de la MI mejorando la disbiosis estructural. 3 géneros \uparrow <i>Bifidobacterium</i> , <i>Olsenella</i> , <i>Barnesiella</i> , <i>Allobaculum</i> y <i>Butyvirbio</i> .	Wang et al., 2015

MI Y EL SISTEMA INMUNE

En el desarrollo de este trabajo se consideró importante dar evidencia de la modulación del sistema inmune por la MI, ya que la salud de los individuos garantiza el aprendizaje, y lo contrario puede afectar de manera irreversible el conocimiento.

El sistema inmune inicia desde el nacimiento, al igual que la microbiota. Durante la maduración del sistema inmunológico, las células dendríticas juegan un papel importante en el reconocimiento de microorganismos patógenos y la expresión de células receptoras inespecíficas necesarias para el reconocimiento de bacterias patógenas, virus y hongos. Los *Toll Like receptor* son los responsables de reconocer estos patógenos. Una vez activados estos receptores, se induce la cascada de señales responsable de modular el sistema inmune, como lo son: el factor de crecimiento transformante beta ($TGF-\beta$) y la interleucina 10 (La Rosa-Hernández et al., 2014).

La activación de estos mecanismos y receptores por invasión bacteriana producen rápidamente señales que desencadenan en la migración de los factores de transcripción ($NF-\kappa B$ y otros) al núcleo celular, donde se impulsa la expresión de genes responsables de la generación de proteínas

proinflamatorias, como citocinas y enzimas, inducibles con la facultad de sintetizar diversos mediadores inflamatorios (Elewaut et al., 2003).

De esta manera, las células epiteliales expresan cascadas de señalización y a su vez, atraen y activan leucocitos; además, elevan el flujo sanguíneo, aumentan la permeabilidad vascular, entre otros procesos. Las células intestinales pueden operar también como células para la expresión de antígenos (moléculas necesarias para la generación de anticuerpos); esto significa que el sistema digestivo participa activamente en las respuestas **inmunitarias de tipo adquirido e innatas** (Expansión clonal linfocitaria específica y generación de anticuerpos) [Brandtzaeg et al., 2003].

El sistema inmunitario propio de mucosas, presenta tres compartimentos diferenciables anatómicamente:

- 1) Estructuras organizadas (placas de Peyer y folículos linfoides).
- 2) Lámina propia.
- 3) Epitelio superficial (Brandtzaeg et al., 2003).

Las estructuras organizadas son sitios de inducción, mientras que la lámina propia y el epitelio tienen células maduras y efectoras. Además, las estructuras organizadas están protegidas por epitelio especializado (células M), que desde el nacimiento transporta microorganismos o moléculas antigénicas hasta el tejido linfóide subyacente. La inducción de la respuesta de tipo adquirido es un mecanismo que tiene lugar especialmente en las estructuras foliculares de la mucosa entérica. Los antígenos procesados son presentados a linfocitos T “naive”, y posteriormente sucede la activación y expansión clonal específica al antígeno presentado (Cummings et al., 2004).

Moléculas como los linfocitos T propician la activación de linfocitos “helper” (células Th) de distinto fenotipo: Th1, Th2 o T reguladoras (Th3, Tr1 o células CD4-CD25). Estos conjuntos de moléculas muestran un rol primordial en la inmunomodulación del huésped, ya que segregan citoquinas reguladoras de carácter antiinflamatorio (IL-10, TGF-beta), en respuesta

a antígenos que se reconocen como no patógenos (Cummings et al., 2004; Guarner et al., 2006). En condiciones normales, la mucosa intestinal presenta pocas células T activadas de tipo Th1, predominando los linfocitos T reguladores. Este mecanismo de inmunotolerancia facilita la exposición permanente de cargas antigénicas (microorganismos presentes en la comida), sin que por ello se desencadenen reacciones inflamatorias que producirían lesión tisular a nivel intestinal (Guarner et al., 2011).

Algunas anormalidades en el desarrollo del sistema inmunitario podrían deberse a fallas en la interacción de la microbiota con las diversas estructuras inmunocompetentes de la mucosa intestinal. De acuerdo a algunas hipótesis, en las sociedades occidentales (más por la globalización en el estilo de vida) se considera que la incidencia cada vez mayor de atopias (eczema, asma, rinitis, alergias), enfermedades que son inflamatorias en la mucosa intestinal y trastornos autoinmunes (esclerosis múltiple, diabetes tipo I) podrían explicarse por un descenso en la carga microbiana dentro de los primeros meses de vida. Hay estudios que proponen que la exposición a microorganismos no patógenos ingeridos mediante alimentos, vía oral o transmitidos por vía fecal, ejercen un impacto benéfico para el anfitrión (Rook y Brunet, 2005).

Los extremos en los cuidados prenatales respecto a los medios libres de patógenos, así como lo contrario, un medio con falta de higiene, pueden desencadenar un desequilibrio en la madurez de la microbiota y por tanto en la etapa de maduración del sistema inmune. La homeostasis en el estilo de vida permitirá de manera gradual la maduración de la M_I al mismo tiempo que la respuesta inmune. La microbiota del medio ambiente no patógena también tiene un rol importante en la adquisición de la salud.

ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA DISBIOSIS EN LA MI

Las alteraciones en la MI relacionadas con enfermedad ocurren por cambios en su desequilibrio en la composición de la *phyla* que la componen (disbiosis); esto genera diversas respuestas fisiológicas en el huésped, como es el caso de las alteraciones en la inmunidad innata (microbiota y sistema inmune) y las alteraciones en el eje cerebro-tracto digestivo (microbiota y SNC) [Tojo et al., 2015]. A pesar de una significativa variación interpersonal en la MI, parece haber un equilibrio que confiere beneficios para la salud, y una alteración en las bacterias benéficas puede influir negativamente en el bienestar del individuo (Claesson et al., 2012). Son varios los factores capaces de alterar la microbiota y por ende el microbioma del huésped, como son las infecciones, las enfermedades genéticas y la dieta.

La ingesta de medicamentos también influye de manera determinante en la disbiosis microbiana. En un estudio realizado en roedores, se encontró que la olanzapina reduce los niveles de Proteobacteria y Actinobacteria después de día 21 del tratamiento, además de un incremento de Firmicutes, este último asociado a enfermedades metabólicas como la diabetes y la obesidad (Cryan, et al., 2011; Dinan, et al., 2013). Por otro lado, los mecanismos homeostáticos dentro de la microbiota se vuelven menos

eficaces en los ancianos. Es evidente que diverge entre los que envejecen sanos y aquellos cuya salud se deteriora con la edad (Claesson, et al., 2012).

Una de las primeras investigaciones que revelaron la relación existente entre la obesidad y la MI humana, fue realizada por Ley et al. (2006). Éstos exponen claramente que la proporción de Bacteroidetes se encuentra disminuida y se encontró mayor número de Firmicutes en sujetos con obesidad en comparación con sujetos delgados. Ley et al. (2006), después de realizar un estudio experimental en ratones obesos, hallaron que éstos hospedaban más Firmicutes y menor cantidad de Bacteroidetes que los ratones delgados, y encontraron que el microbioma intestinal de los ratones con obesidad tiene una capacidad incrementada para extraer energía de la dieta; por lo tanto, concluyen que el microbioma intestinal debe ser considerado como un set de factores genéticos que, junto con el genotipo del huésped y estilo de vida, contribuye a la patogénesis de la obesidad.

Kasai et al. (2015) compararon la composición de la MI de individuos japoneses que presentaban obesidad e individuos que no presentaban la condición. Los resultados fueron similares a las investigaciones previamente mencionadas. Encontraron niveles significativamente reducidos de Bacteroidetes, y la relación Firmicutes/Bacteroidetes fue mayor en las muestras fecales de los sujetos con obesidad comparado con los sujetos sanos. Además, se identificaron 5 especies productoras de ácidos grasos de cadena corta pertenecientes al *phylum* Firmicutes, los cuales proveen energía al huésped favoreciendo la extracción de energía, así como la expansión del tejido adiposo. Lo anterior aporta más evidencia acerca del mecanismo de interacción de la MI con la obesidad, denotando que la capacidad metabólica de las bacterias, para la extracción de energía a partir de la dieta del individuo, favorece el almacenamiento de energía en tejido adiposo y la propia proliferación bacteriana (Cruz Arroyo et al., 2014).

La relación entre la microbiota, la obesidad, las enfermedades cardiovasculares y el síndrome metabólico, como la diabetes tipo 2, son de especial interés en todo el mundo. La obesidad, la resistencia a la insulina

y la diabetes tipo 2 están asociadas a la inflamación sistémica del tejido adiposo. La MI es una fuente rica en moléculas como los lipopolisacáridos y los peptidoglucanos, que pueden causar inflamación del tejido periférico en el cuerpo (Tremaroli & Backhed, 2012). En estudios realizados con ratas libres de bacterias, inoculadas con *E. coli*, se observó un aumento de la infiltración de macrófagos en el tejido adiposo, lo que induce la expresión de citoquinas pro inflamatorias. El incremento de lipopolisacáridos en el tejido adiposo en ratas por 4 semanas incrementó resistencia a insulina (Tremaroli & Backhed, 2012).

La desnutrición, el ayuno y enfermedades con deficiencia en la nutrición (renales, oncológicas), muestran también una disbiosis en la MI. Por ejemplo, en el ayuno prolongado, o desnutrición, la *phyla* predominante cambia de Firmicutes/ Bacteroidetes a Proteobacterias, Bacteroidetes y Verrucomicrobia. La disminución de Firmicutes se asocia a la falta de proteínas e hidratos de carbono. Esta disbiosis provoca un incremento en la barrera intestinal (la hace más permeable) así como también afecta a la función inmune (Ballesteros-Pomar & González Arnaiz, 2018). La pérdida de la diversidad microbiana conlleva un riesgo ante la microbiota patógena, haciendo a los pacientes con este padecimiento más susceptibles de enfermedades virales y bacterianas. La disbiosis además genera un decremento del sistema inmune. Las bacterias oportunistas como *E. coli*, *Salmonella*, *Yersinia*, *Helicobacter* o *Vibrio*, provocan un estado proinflamatorio en la mucosa intestinal, debido a los receptores de tipo Toll, que se activan con la presencia de los lipopolisacáridos en estas bacterias gram negativas. Además, se incrementa la permeabilidad intestinal y con esto una traslocación bacteriana, con las consecuentes infecciones orgánicas (Ballesteros-Pomar & González Arnaiz, 2018).

Existe un importante interés en los estudios relacionados con la microbiota y el cáncer; se han descrito 3 mecanismos de acción de cómo la microbiota de un huésped puede desencadenar un evento oncológico: (i) alterar el equilibrio de la proliferación y muerte de las células huésped, (ii)

guiar la función del sistema inmunitario y iii) influenciar en el metabolismo de los factores producidos por el huésped, alimentos ingeridos y productos farmacéuticos (Garret et al., 2015). Se considera que el cáncer es una enfermedad genética del huésped y de factores ambientales. Sin embargo, la microbiota está implicada en aproximadamente el 20% de las neoplasias malignas humanas (Garret et al., 2015). Los microorganismos presentes en los sitios de la mucosa pueden convertirse en parte del microentorno de los tumores malignos del tracto aerodigestivo, y los microorganismos intratumorales pueden afectar el crecimiento y la propagación del cáncer de muchas maneras (Garret et al., 2015).

Una de las enfermedades reconocida por la disbiosis microbiana es el cáncer de colón. El colón tiene una gran cantidad de microorganismos y se ha asociado la disbiosis de la microbiota del colón con el cáncer. En un estudio realizado por Arthur et al. (2014), se les realizó un estudio de diversidad microbiana (por secuenciación masiva Illumina) a heces de ratones inoculados con *E. coli* NC10, provocando la carcinogénesis por un estado permanente inflamatorio. Los resultados mostraron que la inflamación modifica la composición microbiana intestinal en ratones deficientes en interleucina-10 (*Il10* - / -) susceptibles a la colitis. La monocolonización con el comensal *E. coli* NC101 promovió el carcinoma invasivo en ratones *Il10* - / - tratados con *azoximetano* (AOM). La *phyla* predominante en estos ratones fue Verrucomicrobia, Bacteroidetes y Proteobacteria. Dentro de las Proteobacterias, la clase Gammaproteobacteria, el orden *Enterobacteriales* y la familia *Enterobacteriaceae* fueron significativamente más abundantes en los ratones que desarrollaron cáncer, encontrándose a *E. coli* 100 veces más en los ratones con cáncer que en los ratones control (Arthur et al., 2014). Con estos resultados se muestra que, en los ratones, la colitis puede promover la tumorogénesis al alterar la composición microbiana e inducir la expansión de microorganismos con capacidades genotóxicas como *E. coli*.

MODULACIÓN DE LA MI, EL PAPEL DE LOS PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

El papel de los prebióticos y probióticos en la modulación de la micorbiota intestinal, ha generado gran expectativa para resolver la disbiosis asociada a los problemas de salud. Los probióticos son microorganismos vivos, viables y definidos, que en cantidades suficientes (1×10^6 microorganismos/mL), al ser agregados como suplementos a la dieta, afectan en forma beneficiosa a la salud del hospedero por medio de su desarrollo dentro de la MI del consumidor (Fuller, 1989). Los probióticos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo y son conocidos como bioterapéuticos, bioprotectores y bioprofilácticos (Penna, 1998). Los probióticos pueden ser bacterias gram negativas y gram positivas y se clasifican fundamentalmente en dos géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (De las Cagigas et al., 2002; Lin et al., 2012).

Los prebióticos, por otro lado, son ingredientes no digeribles de la dieta, que producen efectos beneficiosos estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o más tipos de bacterias en el colon, que tienen a su vez la propiedad de elevar el potencial de salud del hospedero (Gibson & Roberfroid, 1995; Fernández, 2013; Roberfroid et al., 2010). Actualmente se definen como aquellos ingredientes de alimentos que gracias

a sus características fisicoquímicas no son digeridos por completo en el estómago y el intestino humano, tienen un bajo contenido calórico y estimulan de forma selectiva el crecimiento de bacterias con actividad benéfica para el organismo y constituyen el sustrato fundamental de las bacterias probióticas que constituyen los microorganismos de la MI.

Los prebióticos más estudiados corresponden a la familia de la inulina, los fructooligosacáridos (FOS), galactooligosacáridos (GOS), lactulosa, xilooligosacáridos e isomaltooligosacáridos (Roberfroid et al., 2010). Los simbióticos son la combinación de prebióticos y probióticos. La presencia de ambos beneficia al huésped ya que la presencia del sustrato (prebiótico) aumenta la sugerencia de las bacterias (probióticos) en su fase de tránsito intestinal y por lo tanto aumenta su potencialidad para desarrollar su función en el colon (De las Cagigas et al., 2002).

Los prebióticos y probióticos son importantes para competir contra las bacterias patógenas; además, promueven un factor inmunomodular en la homeostasis del huésped. El uso de probióticos en el tratamiento clínico actualmente es para la prevención y tratamiento de diarrea causada por ciertas bacterias patógenas y virus; diarrea aguda causada principalmente por rotavirus en niños, diarrea inducida por antibióticos (FAO, 2006); prevención y tratamiento de infecciones extraintestinales e infecciones respiratorias, otorrinolaringológicas y genitourinarias; prevención de la enterocolitis necrotizante del prematuro; tratamiento de enfermedades inflamatorias y síndromes intestinales como pouchitis y enfermedad de Crohn, así como el síndrome del intestino irritable (O'Mahoni et al., 2005), además de prevención de ciertos tipos de cáncer, alergias y enfermedades cardiovasculares.

Especial atención a los psicobióticos, microorganismos que modulan en SNC, producen efectos psicotrópicos al secretar moléculas neurotransmisoras (por ejemplo, ácido gamma-aminobutírico, glicina, serotonina y otros), regulando la expresión del receptor endocannabinoide (Kali, 2016). El término "psicobiótico" se ha introducido para designar esta nueva clase de probióticos, que tiene aplicaciones más amplias en la práctica psiquiátrica;

los más comunes son *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*, *Candida* y *Streptococcus*. En experimentos con ratones con la MI alterada (inducida por medicamentos como la vancomicina) y ratones FG, mostraron características de ansiedad, depresión y respuesta al estrés anormal, que fueron reversibles en la restauración de la disbiosis mediante trasplante fecal (Schmidt, 2015). Además, se descubrió que el trasplante fecal reasigna la personalidad de los ratones donantes a los animales receptores libres de gérmenes. Aunque la psicobiótica ha demostrado resultados alentadores en modelos animales, los datos de investigación en humanos son insuficientes.

Los efectos fisiopsicológicos de los psicobióticos se dividen en tres categorías: i) Efectos psicológicos sobre las emociones y los procesos cognitivos, ii) Efectos sistémicos sobre el eje adrenal-hipotálamo-pituitaria (hypothalamic-pituitary-adrenal) y la respuesta al estrés con procesos inflamatorios caracterizados por el incremento de citoquinas. Se ha mostrado que el incremento de las citoquinas pro-inflamatorias tiene un comportamiento correlacional positivo con condiciones psiquiátricas tales como la depresión (Sarkar et al., 2016). Se ha observado que la inyección de α -interferón, una citoquina proinflamatoria, induce a la depresión, la cual puede ser reversible con una acción antidepresiva. iii) Efectos neuronales sobre proteínas neurotransmisoras. Los neurotransmisores relevantes incluyen el γ -ácido amino butírico y el glutamato, los cuales controlan el balance de la excitación neuronal. Las proteínas neurotransmisoras incluyen un factor derivado del cerebro, las cuales juegan un papel importante en el aprendizaje y en los procesos de la memoria, incluyendo el aprendizaje espacial, el reconocimiento de objetos y la pérdida del miedo (Sarkar et al., 2016).

Los probióticos pueden afectar significativamente el comportamiento y el aprendizaje, a través de la acción del nervio Vago y sobre el eje cerebro-MI, la cual, como se había mencionado anteriormente, es una comunicación bidireccional. Los probióticos producen una variedad de neuroquímicos, análogos a las hormonas de mamíferos que están relacionados al comportamiento, el

aprendizaje y al estado anímico. Por lo tanto, los mensajes viscerales de la MI afectan las funciones del cerebro y viceversa (De Lorenzo et al., 2017). La MI interviene en la producción de serotoninas. Se ha visto que una intervención con *Lactobacillus helveticus* en ratas con inducción de ansiedad mejoran la función cognitiva a través de una reducción en el hipocampo de la 5-hidroxi triptamina (neurotrasmisor que se encuentra en el cerebro y en el aparato digestivo) (De Lorenzo et al., 2017).

Tomado de la investigación realizada por Sarkar et al, (2016), en la Tabla 6 se muestran los efectos de diferentes intervenciones con psicotrópicos en modelos de ratones.

Considerando que la mucosa intestinal es la principal interfaz entre el sistema inmune y el medioambiente externo, que los tejidos linfoides asociados al intestino contienen la mayor reserva de células inmuno-competentes en el ser humano y que la MI compite por la proliferación de bacterias benéficas y la resistencia a la colonización de microorganismos externos patógenos por medio del sistema denominado antagónico, se puede sostener que una MI enriquecida es un potente factor inmunoprotector y juega un rol determinante en la homeostasis modulando el sistema inmune del anfitrión.

La modulación del estrés en ratas Sprague–Dawley (n=24) usando probióticos (*Lactobacillus helveticus* NS8), mostró una modulación, revirtiendo el estado de estrés y mostrando bajos niveles de postmoderación en la ansiedad, así como mejorando las habilidades en el reconocimiento de objetos-memoria. En el punto de vista bioquímico las ratas, después de la intervención con los psicobióticos, mostraron una disminución en los niveles de cortisol y la hormona adrenocorticotropa (Sarkar et al., 2016).

A pesar de los estudios en modelos murinos, en el caso de los humanos no se han observado resultados contundentes. En un estudio con 124 pacientes hombres y mujeres, intervenidos con *Casei shirota*, y otro grupo intervenido con placebo, se mostró que aquellos que fueron intervenidos con probióticos mostraron mayor depresión que los que consumieron solo

TABLA 6. EFECTOS DE PSICBIÓTICOS EN MODELOS DE RATONES

Modelo	Inducción	Psicobiótico usado	Descripción de la muestra	Principales resultados
Enfermedad de Alzheimer	Neurotoxicidad A β 1 - 42	Prebiótico oligosacárido	Ratas hembra (n=12) Sprague - Dawley	↑ Función cognitiva y ↓ citoquinas proinflamatorias, así como el factor necrótico de citoquinas proinflamatorias
Esclerosis lateral amiotrófica	Incorporación del gen humano SOD1	Prebiótico oligosacárido	Ratones hembras transgénicas ALZ (n=12)	↓ Muerte neuronal y la atrofia muscular. ↑ folato vitamina B12 y las homocisteínas
Autismo	Activación modular en el nacimiento	<i>Bacteroides fragilis</i>	Ratones recién nacidos C57BL / 6N ratones (n = 9 - 75 / grupo)	↑ Permeabilidad intestinal, ↓ citocinas pro-inflamatorias (interleucina-6), ↓ ansiedad ↓ comportamiento repetitivo ↑, comunicación sensoriomotora.
Ansiedad post-inflamatoria	Inyección de lipopolisacáridos	Prebiótico β inmunogalact o polisacáridos	Ratones hembra CD1 (n=15)	↓ Citocinas Pro-inflamatorias (interleucina-1 β), ↓ receptores corticales 5-HT2A.

el placebo. Los autores señalan que posiblemente fue un evento causal; sin embargo, no se tuvieron los éxitos mostrados en disminuir la depresión, que en los modelos murinos (Sarkar et al., 2016). En contraste, otro estudio con 55 voluntarios, quienes fueron intervenidos con una mezcla de probióticos *Lactobacillus helveticus* R0052 y *Bifidobacteria longum*, después de 30 días se autoevaluaron con pruebas para determinar el estado de ánimo y angus-

tia, mostrando que aquellos que fueron intervenidos con los probióticos disminuyeron el estrés, evaluado éste con la disminución del cortisol en orina (Sarkar et al., 2016).

El uso de psicobióticos como moduladores de enfermedades psiquiátricas es un área promisorio como terapia, con efectos adversos menores en relación a los medicamentos de origen químico. Sin embargo, es una ciencia aún muy joven y se vislumbran aún hallazgos importantes que permitirán hacer uso de alimentos simbióticos (prebióticos más probióticos) para tener una sociedad más integrada en el mundo actual.

CONCLUSIONES

La MI tiene un papel fundamental en la vida del ser humano. Los hallazgos científicos que relacionan la salud fisiológica y la salud mental con la homeostasis de la MI muestran que se debe tener un cuidado equilibrado en el estilo de vida (Álvarez-Calatayud et al., 2018). Si bien es cierto que la nutrición juega un papel importante para la salud, ahora se sabe que la selección de los alimentos también tiene una repercusión en la salud mental (De Lorenzo et al., 2017).

Desde el punto de vista de la diversidad microbiana se sabe que la prevalencia de un *phylum*, por ejemplo Proteobacterias, se asocia con el sobrepeso y la obesidad. Además, en este serotipo microbiano se encuentran bacterias gramnegativas cuya composición celular es rica en lipopolisacáridos, los cuales incrementan los procesos inflamatorios y por tanto el huésped es susceptible de diversas enfermedades metabólicas, como diabetes, dislipidemias, obesidad (Claesson et al., 2012; Engstrand & Lindberg, 2013). En este mismo sentido, la predominancia de este serotipo involucra procesos relacionados a la permeabilidad de la pared intestinal, y por tanto se corren los riesgos de difusión de toxinas, metabolitos y microorganismos patógenos hacia todo el cuerpo, lo que da como resultado problemas

relacionados al SNC (Cryan & Dinan, 2012). Por ejemplo, las proteobacterias gramnegativas como la *Ackermansia muciniphila* (Verrucomicrobia), que utiliza como fuente de carbono y nitrógeno la mucosa intestinal, se adhiere a la película mucoide, y la presencia de este sustrato (la mucosa) se ve regulada por factores como el estrés (Kelly et al., 2015).

Los procesos neuronales, tales como el estrés, la cognición, el estado de ánimo, la depresión, entre otros, juegan un papel importante en la diversidad y selección microbiana. Si bien es cierto que las evidencias científicas no son contundentes en cuáles microorganismos específicos pudieran estar relacionados a los desórdenes emocionales y los procesos de aprendizaje, hay indicios muy prometedores de la modulación del SNC por la MI (Kelly et al., 2015; Sarkar et al., 2016; Bermúdez-Humarán et al., 2019). Otro factor importante en la modulación del SNC es la asociación fisiológica de la MI para mantener la condición del hospedero (Cryan & Dinan, 2012). Así, las personas con problemas de depresión y una dieta occidental alta en grasas y carbohidratos, mostrarán patrones de obesidad y por tanto poca diversidad microbiana, fundamentalmente dominada por la *Phyla* Bacteroidetes y Firmicutes (Sarkar et al., 2012). Estos mismos grupos microbianos son los responsables de la acumulación de lípidos en el huésped, por lo que además de la dieta, la presencia de microorganismos obesogénicos mantienen a la persona en la misma situación de depresión y de obesidad (Cruz Arroyo et al., 2012.; Kasai et al., 2015).

Sin embargo, y como resultado de estas investigaciones, se tienen hallazgos importantes para el tratamiento de problemas metabólicos, de la conducta y del aprendizaje. Estos descubrimientos, aún iniciales en modelos humanos, dan indicios de la modulación empleando diversas terapias. En el campo de la nutrición, los investigadores han acompañado dietas balanceadas con dosis de prebióticos y probióticos (De las Cagigas et al., 2002; De Lorenzo et al., 2017). Estos tres aspectos repercuten en la disminución de los procesos inflamatorios (Lee et al., 2011), propios de enfermedades metabólicas: diabetes, intestino irritable o padecimientos del sistema nervioso,

ansiedad, depresión, déficit de atención (Lyn et al., 2012). Evidentemente la educación juega un papel importante en la contención de estos padecimientos de la vida actual. Algunos autores orientan a la ingesta de alimentos propios de cada región. La educación en la selección de los alimentos es una tarea que debe ser incluida a lo largo de la educación de los niños y jóvenes. La composición nutrimental, el reconocimiento de moléculas funcionales, ayudaría a las nuevas generaciones a combatir los padecimientos que aquejan a las sociedades occidentales.

Un área prometedora para estos padecimientos lo ofrece la biotecnología. El intercambio de microbiota fecal como terapia de mejora ha funcionado en seres humanos (Bermúdez-Humarán et al., 2019). En Europa y Estados Unidos ya existen comercios que ofrecen estos servicios para mejorar problemas metabólicos tales como la obesidad, colitis o la malnutrición (Kump et al., 2013). Además de estos servicios, la caracterización de la MI a manera de diagnóstico también ya se ofrece en algunos lugares del mundo. La interpretación de la distribución de la microbiota permite a los especialistas en medicina metabólica o expertos en conducta generar herramientas para tener un diagnóstico de los padecimientos de los pacientes (De Filippo et al., 2010). Muy posiblemente en un futuro se esté mitigando la ansiedad, el déficit de atención, el estrés, con productos biotecnológicos basados en microorganismos y extractos naturales para combatir procesos inflamatorios.

En lo que surgen estos productos biotecnológicos, los seres humanos debemos mirar a nuestro entorno y aprender la biodiversidad de éste y buscar un equilibrio en el estilo de vida. Es interesante entender que el desequilibrio, aun en la microbiota, genera un desequilibrio en la vida del huésped.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Álvarez-Calatayud, G., Guarner, F., Requena, T., & Marcos, A. (2018). Dieta y microbiota. Impacto en la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 35. doi:org/10.20960/nh.2280.

Angelberger, S., Reinisch, W., Makristathis, A., Lichtenberger, C., Dejaco, C., Papay, P., & Berry, D. (2013). Temporal bacterial community dynamics vary among ulcerative colitis patients after fecal microbiota transplantation. *The American journal of gastroenterology*, 108(10), 1620. doi:10.1038/ajg.2013.257.

Ariza-Andraca, R., & García-Ronquillo, M. (2016). El microbioma humano. Su papel en la salud y algunas enfermedades. *CIRUGÍA Y CIRUJANOS*, 84(Supl 1), 31-35.

Arthur, J. C., Perez-Chanona, E., Mühlbauer, M., Tomkovich, S., Uronis, J. M., Fan, T. J., ... & Rhodes, J. M. (2012). Intestinal inflammation targets cancer-inducing activity of the microbiota. *science*, 338(6103), 120-123. doi: 10.1126 / Science.1224820.

Bäckhed, F., Ding, H., Wang, T., Hooper, L. V., Koh, G. Y., Nagy, A., ... & Gordon, J. I. (2004). The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(44), 15718-15723. doi.org/10.1073/pnas.0407076101.

Ballesteros-Pomar, M. D., & Arnaiz, E. G. (2018). Papel de los prebióticos y los probióticos en la funcionalidad de la microbiota del paciente con nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 35. doi:10.20960/nh.1956.

Bermúdez-Humarán, L. G., Salinas, E., Ortiz, G. G., Ramirez-Jirano, L. J., Morales, J. A., & Bitzer-Quintero, O. K. (2019). From probiotics to psychobiotics: Live beneficial bacteria which act on the brain-gut axis. *Nutrients*, 11(4), 890. doi:10.3390/nu11040890.

Brandtzaeg, P. (2003). Role of secretory antibodies in the defence against infections. *International Journal of Medical Microbiology*, 293(1), 3-15. doi.org/10.1078/1438-4221-00241.

Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F. D., Costello, E. K., ... & Huttley, G. A. (2010). QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data. *Nature methods*, 7(5), 335.

Claesson, M. J., Jeffery, I. B., Conde, S., Power, S. E., O'connor, E. M., Cusack, S., ... & Fitzgerald, G. F. (2012). Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. *Nature*, 488(7410), 178. doi:10.1038/nature11319.

Cruz Arroyo, S. M., Melendez Avalos, A., Reyes Castillo, P. A., Chavaro Pérez, D. A., Azaola Espinosa, A., & Mayorga Reyes, L. (2014). Impacto de la obesidad en la población y su relación con la microbiota intestinal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45(2), 9-18. Retrieved from <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord%7B%7Dfrom=export%7B%7Ddid=L610935826>.

Cryan, J. F., & Dinan, T. G. (2012). Mind-altering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature reviews neuroscience*, 13(10), 701. doi:10.1038/nrn3346.

Cummings, J. H., Macfarlane, G. T., & Macfarlane, S. (2003). Intestinal bacteria and ulcerative colitis. *Current issues in intestinal microbiology*, 4(1), 9-20.

De Filippo, C., Cavalieri, D., Di Paola, M., Ramazzotti, M., Poullet, J. B., Massart, S., ... Lionetti, P. (2010). Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(33), 14691-6. doi.org/10.1073/pnas.1005963107.

De las Cagigas Reig, A. L., & Anesto, J. B. (2002). Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. *Revista Cubana Aliment Nutr*, 16(1), 63-8.

De Lorenzo, A., Costacurta, M., Merra, G., Gualtieri, P., Cioccoloni, G., Marchetti, M., & Di Renzo, L. (2017). Can psychobiotics intake modulate psychological profile and body composition of women affected by normal weight obese syndrome and obesity? A double blind randomized clinical trial. *Journal of translational medicine*, 15(1), 135. Doi: 10.1186/s12967-017-1236-2.

Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2013). Melancholic microbes: a link between gut microbiota and depression?. *Neurogastroenterology & Motility*, 25(9), 713-719. doi: 10.1111/nmo.12198.

Duszka, K., & Wahli, W. (2018). Enteric microbiota–gut–brain axis from the perspective of nuclear receptors. *International journal of molecular sciences*, 19(8), 2210. doi:10.3390/ijms19082210.

Elewaut, D., Shaikh, R. B., Hammond, K. J., De Winter, H., Leishman, A. J., Sidobre, S., ... & Lo, D. (2003). NIK-dependent RelB activation defines a unique signaling pathway for the development of V α 14i NKT cells. *Journal of Experimental Medicine*, 197(12), 1623–1633. doi: 10.1084 / jem.20030141.

Engstrand, L., & Lindberg, M. (2013). Helicobacter pylori and the gastric microbiota. *Best practice & research Clinical gastroenterology*, 27(1), 39–45.

Etxeberría, U., Milagro, F., González-Navarro, C., & Martínez, J. A. (2016). Role of gut microbiota in obesity. *Anales de La Real Academia Nacional de Farmacia*, 82(Especial), 234–259.

F. A. O, Consulta de Expertos. (2006). Probióticos en los alimentos. Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación.

Fariás N, María Magdalena, Silva B, Catalina, & Rozowski N, Jaime. (2011). MI: ROL EN OBESIDAD. *Revista chilena de nutrición*, 38(2), 228–233. doi.org/10.4067/S0717-75182011000200013.

Garrett, W. S. (2015). Cancer and the microbiota. *Science*, 348(6230), 80–86. doi: 10.1126 / science.aaa4972.

Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1401–1412.

Goyal, M. S., Venkatesh, S., Milbrandt, J., Gordon, J. I., & Raichle, M. E. (2015). Feeding the brain and nurturing the mind: linking nutrition and the gut microbiota to brain development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(46), 14105–14112. doi: /10.1073/ pnas.1511465112.

Guarner, F. (2011). La microbiota intestinal y la enfermedad inflamatoria Intestinal. *Gastroenterología y hepatología* 34(3), 147–154.

doi.org/10.1016/j.gastrohep.2010.11.009.

Hakansson, A., & Molin, G. (2011). Gut microbiota and inflammation. *Nutrients*, 3(6), 637–682.

Heijtz, R. D., Wang, S., Anuar, F., Qian, Y., Björkholm, B., Samuelsson, A., ... & Pettersson, S. (2011). Normal gut microbiota modulates brain development and behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 3047-3052. doi:10.1073/pnas.1010529108.

Kasai, C., Sugimoto, K., Moritani, I., Tanaka, J., Oya, Y., Inoue, H., ... Takase, K. (2015). Comparison of the gut microbiota composition between obese and non-obese individuals in a Japanese population, as analyzed by terminal restriction fragment length polymorphism and next-generation sequencing. *BMC Gastroenterology*, 15(1), 100. doi.org/10.1186/s12876-015-0330-2.

Kelly, J. R., Kennedy, P. J., Cryan, J. F., Dinan, T. G., Clarke, G., & Hyland, N. P. (2015). Breaking down the barriers: the gut microbiome, intestinal permeability and stress-related psychiatric disorders. *Frontiers in cellular neuroscience*, 9, 392.

Kumar, A., Henderson, A., Forster, GM, Goodyear, AW, Weir, TL, Leach, JE, ... y Ryan, EP (2012). El salvado de arroz en la dieta promueve la resistencia a la colonización de *Salmonella enterica serovar Typhimurium* en ratones. *Microbiología BMC*, 12 (1), 71.

Kumar, M., Ji, B., Babaei, P., Das, P., Lappa, D., Ramakrishnan, G., ... & Nielsen, J. (2018). Gut microbiota dysbiosis is associated with malnutrition and reduced plasma amino acid levels: lessons from genome-scale metabolic modeling. *Metabolic engineering*, 49, 128-142. doi.org/10.1016/j.jymben.2018.07.018.

Kump, P. K., Gröchenig, H. P., Lackner, S., Trajanoski, S., Reicht, G., Hoffmann, K. M., ... & Gorkiewicz, G. (2013). Alteration of intestinal dysbiosis by fecal microbiota transplantation does not induce remission in patients with chronic active ulcerative colitis. *Inflammatory bowel diseases*, 19(10), 2155-2165.

La Rosa Hernández, D., Gómez Cabeza, E. J., & Sánchez Castañeda, N. (2014). La microbiota intestinal en el desarrollo del sistema inmune del recién nacido. *Revista Cubana de Pediatría*, 86(4), 502-513.

Le Chatelier, E., Nielsen, T., Qin, J., Prifti, E., Hildebrand, F., Falony, G., ... Pedersen, O. (2013). Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. *Nature*, 500(7464), 541-546. https://doi.org/10.1038/nature12506.

Lee, Y. K., Menezes, J. S., Umesaki, Y., & Mazmanian, S. K. (2011). Proinflammatory T-cell responses to gut microbiota promote experimental

autoimmune encephalomyelitis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(Supplement 1), 4615-4622. doi/10.1073/pnas.1000082107.

Leulier, F., MacNeil, L. T., Lee, W. J., Rawls, J. F., Cani, P. D., Schwarzer, M., ... & Simpson, S. J. (2017). Integrative physiology: at the crossroads of nutrition, microbiota, animal physiology, and human health. *Cell metabolism*, 25(3), 522-534. doi.org/10.1016/j.cmet.2017.02.001.

Ley, R. E., Turnbaugh, P. J., Klein, S., & Gordon, J. I. (2006). Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *nature*, 444(7122), 1022. doi:10.1038/nature4441022a.

Lima-Ojeda, J. M., Rupprecht, R., & Baghai, T. C. (2017). "I am I and my bacterial circumstances": linking gut microbiome, neurodevelopment, and depression. *Frontiers in psychiatry*, 8, 153. doi: 10.3389/fpsyt.2017.00153.

Lin, H. V., Frassetto, A., Kowalik Jr, E. J., Nawrocki, A. R., Lu, M. M., Kosinski, J. R., ... & Marsh, D. J. (2012). Butyrate and propionate protect against diet-induced obesity and regulate gut hormones via free fatty acid receptor 3-independent mechanisms. *PLoS one*, 7(4), e35240.

Louis, S., Tappu, R. M., Damms-Machado, A., Huson, D. H., & Bischoff, S. C. (2016). Characterization of the gut microbial community of obese patients following a weight-loss intervention using whole metagenome shotgun sequencing. *PLoS One*, 11(2), e0149564. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149564.

Lozupone, C., Stombaugh, J., Gordon, J., Jansson, J., & Knight, R. (2012). Diversity, stability and resilience of the human gut microbiota. *Nature*, 489(7415), 220-230. doi.org/10.1038/nature11550.Diversity.

Munukka, E. (2016). *Gut Microbiota and Metabolic Disorders*.

Nakayama, J., Yamamoto, A., Palermo-Conde, L. A., Higashi, K., Sonomoto, K., Tan, J., & Lee, Y.-K. (2017). Impact of Westernized Diet on Gut Microbiota in Children on Leyte Island. *Frontiers in Microbiology*, 8(February), 1-18. doi.org/10.3389/fmicb.2017.00197.

Nasidze, I., Li, J., Quinque, D., Tang, K. y Stoneking, M. (2009). Diversidad global en el microbioma salival humano. *Investigación del genoma*, 19 (4), 636-643. doi/10.1101/gr.084616.108.

Nicholson, J. K., Holmes, E., Kinross, J., Burcelin, R., Gibson, G., Jia, W., & Pettersson, S. (2012). Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*, 336(6086), 1262-1267.

Park, D. Y., Ahn, Y. T., Park, S. H., Huh, C. S., Yoo, S. R., Yu, R., ... & Choi, M. S. (2013). Supplementation of *Lactobacillus curvatus* HY7601 and *Lactobacillus plantarum* KY1032 in diet-induced obese mice is associated with gut microbial changes and reduction in obesity. *PLoS one*, 8(3), e59470. doi.org/10.1371/journal.pone.0059470.

Rajilić-Stojanović, M., Heilig, H. G. H. J., Tims, S., Zoetendal, E. G., & De Vos, W. M. (2013). Long-term monitoring of the human intestinal microbiota composition. *Environmental Microbiology*, 15(4), 1146-1159. doi.org/10.1111/1462-2920.12023.

Roberfroid M, Gibson GR, Hoyles L, McCartney AL, Rastall R, Rowland I, et al. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *Br J Nutr*. 2010; 104(2):1163.

Robles-Alonso, V., & Guarner, F. (2013). Progreso en el conocimiento de la microbiota intestinal humana. *Nutrición Hospitalaria*, 28(3), 553-557. doi.org/10.3305/nh.2013.28.3.6601.

Rook, G. A. W., & Brunet, L. R. (2005). Microbes, immunoregulation, and the gut. *Gut*, 54(3), 317-320. doi: 10.1136/gut.2004.053785.

Santino, A., Scarano, A., De Santis, S., De Benedictis, M., Giovino, G., & Chieppa, M. (2017). Gut microbiota modulation and anti-inflammatory properties of dietary polyphenols in IBD: New and consolidated perspectives. *Current pharmaceutical design*, 23(16), 2344-2351.

Sarkar, A., Lehto, S. M., Harty, S., Dinan, T. G., Cryan, J. F., & Burnet, P. W. (2016). Psychobiotics and the manipulation of bacteria-gut-brain signals. *Trends in neurosciences*, 39(11), 763-781. doi.org/10.1016/j.tins.2016.09.002.

Schmidt, C. (2015). Salud mental: pensar desde la tripa. *Scientific American*, 312 (3), S12-S15.

Sirisinha, S. (2016). The potential impact of gut microbiota on your health: Current status and future challenges. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 34(4), 249-264. https://doi.org/10.12932/AP0803.

Suliburska, J., Szulińska, M., Tinkov, A. A., & Bogdański, P. (2016). Effect of Spirulina maxima supplementation on calcium, magnesium, iron, and zinc status in obese patients with treated hypertension. *Biological trace element research*, 173(1), 1-6. doi.org/10.1007/s12011-015-0557-3.

Tilg, H., & Kaser, A. (2011). Gut microbiome, obesity, and metabolic dysfunction. *The Journal of Clinical Investigation*, 121(6), 2126-2132. doi.org/10.1172/JCI58109.2126.

Tojo, R., Suárez, A., Clemente, M. G., De Los Reyes-Gavilán, C. G., Margolles, A., Gueimonde, M., & Ruas-Madiedo, P. (2014). Intestinal microbiota in health and disease: Role of bifidobacteria in gut homeostasis. *World Journal of Gastroenterology*, 20(41), 15163-15176. doi.org/10.3748/wjg.v20.i41.15163.

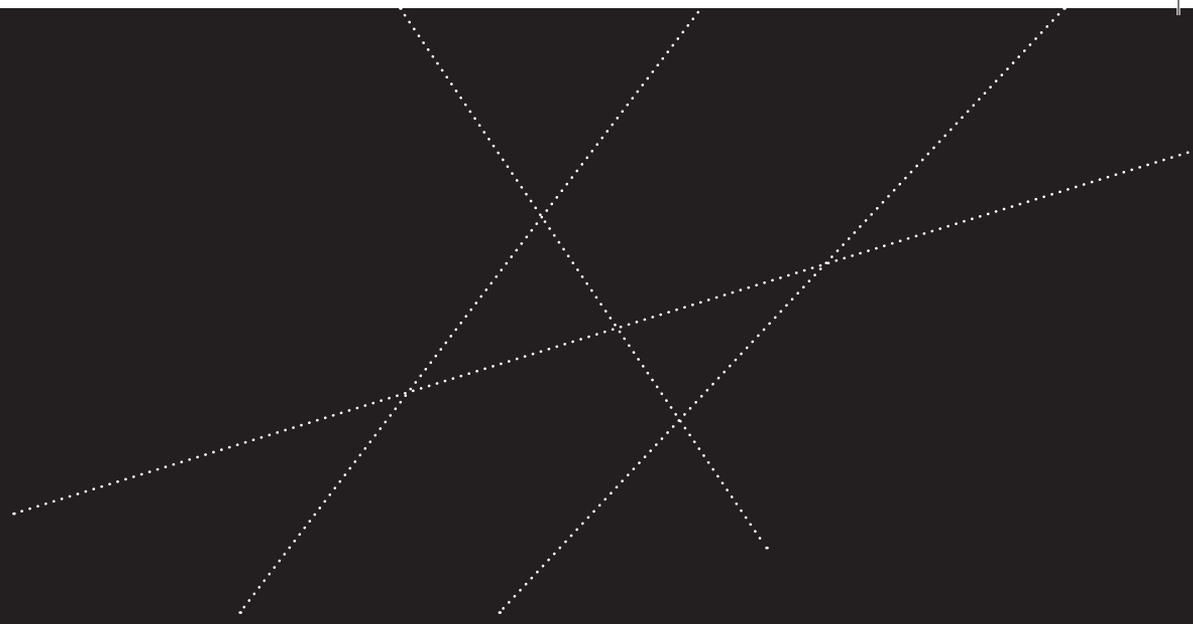
Tremaroli, V., & Bäckhed, F. (2012). Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature*, 489(7415), 242. doi:10.1038/nature11552.

Varela, E., Manichanh, C., Gallart, M., Torrejón, A., Borrueal, N., Casellas, F., ... & Antolin, M. (2013). Colonisation by *Faecalibacterium prausnitzii* and maintenance of clinical remission in patients with ulcerative colitis. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 38(2), 151-161. doi:10.1111/apt.12365.

Wang, J., Tang, H., Zhang, C., Zhao, Y., Derrien, M., Rocher, E., ... Shen, J. (2015). Modulation of gut microbiota during probiotic-mediated attenuation of metabolic syndrome in high fat diet-fed mice. *The ISME Journal*, 9(1), 1-15. doi.org/10.1038/ismej.2014.99.

Weir, T. L., Manter, D. K., Sheflin, A. M., Barnett, B. A., Heuberger, A. L., & Ryan, E. P. (2013). Stool microbiome and metabolome differences between colorectal cancer patients and healthy adults. *PloS one*, 8(8), e70803. doi.org/10.1371/journal.pone.0070803.

Xu, Z., & Knight, R. (2015). Dietary effects on human gut microbiome diversity. *British Journal of Nutrition*, 113, 1-5. doi.org/10.1017/S0007114514004127.



**LA LECTURA COMO ESTRATEGIA DE
MOTIVACIÓN CIENTÍFICA**

LIC. JOSÉ MIGUEL ALEJANDRO CAMPOS RAMOS

INTRODUCCIÓN

“La lectura”, dijo el ensayista inglés Joseph Addison, “es a la mente lo que el ejercicio al cuerpo.”¹¹⁰ Esta afirmación es análoga a la opinión que dejó otro gran pensador, sólo que muy anterior, pues vivió hace unos 2500 años. Me refiero al filósofo griego Bías de Priene, quien afirmó: “El hombre debe de aprender que la sabiduría es el único instrumento que tiene para pasar de la niñez a la edad anciana con dignidad y sin altanería, pues es su posesión más valiosa y menos percedera.” Por eso dijo también: “El conocimiento es la única propiedad que no puede perderse.”¹¹¹ Investigaciones médicas actuales confirman estas sentencias, pues se ha demostrado que el cerebro, cuando es estimulado con retos que reclaman operaciones de reflexión y análisis, activa sus neuronas, y a edad temprana, especialmente en la niñez y la adolescencia, genera incluso ramificaciones nuevas que incrementan la capacidad intelectual. Literalmente las neuronas brillan al activarse y reconectarse, lo cual ha quedado demostrado mediante

.....
110. 1672-1719

111. Bías de Priene nació en el año 570 antes de Cristo y formó parte del selecto grupo de los Siete Sabios de la antigua Grecia

estudios de gabinete cuando se aplican electrodos a un sujeto de estudio, de aquí que la frase “mente brillante” no es sólo una metáfora.

No en balde en el sistema escolar alemán la norma es que los alumnos de educación básica lean libros con elevado grado de dificultad, no fáciles ni complacientes, como suele suceder en nuestro sistema escolar mexicano, donde la mayoría de los docentes opinan que hay que darles a los alumnos lecturas sencillas pues si no, no las entienden y se corre el riesgo de vacunarlos contra el gusto por leer. Quizá a esto se deba el alto grado de desarrollo académico y científico del pueblo alemán, donde, entre otras materias, la filosofía, esencia suprema del pensamiento pues su objeto de estudio es la verdad, ha dado grandes representantes.

Pero no sólo Alemania. En otros países, como Corea del Sur, Japón, y por supuesto los escandinavos (Finlandia a la cabeza), el índice de lectura per cápita es muy alto, no sólo entre la población en general, sino particularmente entre los estudiantes.

En consecuencia, no es casual que en Finlandia existe un gran número de investigadores. De hecho, según un estudio que realizó el periodista y divulgador norteamericano Tony Wagner¹¹², Finlandia es el país con mayor porcentaje de investigadores per cápita, por la sencilla razón de que su sistema educativo propicia de manera natural esta práctica, y así todos los egresados de carreras, aparte de ejercer sus profesiones, se dedican a investigar en su campo. No es casual entonces que la sociedad de Finlandia goce de un alto grado de desarrollo humano, que es al fin de cuentas para lo que debe de servir el conocimiento. Obviamente la investigación genera inventos, los cuales tienen como primer paso el registro de patentes. Y en el caso de Finlandia, el mejor ejemplo es la empresa Nokia.

Respecto a esta importante empresa, el periodista argentino Andrés Oppenheimer nos dice lo siguiente:

.....
112. Youtube, Finlandia, la mejor educación del mundo

“Nokia comenzó en 1865 como una empresa maderera, fundada por un ingeniero en minas en el sudeste de Finlandia. A mediados del siglo xx ya diseñaba muebles y empezó a usar su creatividad para todo tipo de diseños industriales. En 1967 se fusionó con una empresa finlandesa de neumáticos y otra de cables, para crear un conglomerado de telecomunicaciones que hoy se conoce como Nokia Corporation y que tiene 51 mil empleados y ventas anuales de 42 mil millones de dólares. Es el equivalente a 5 veces el producto bruto anual de Bolivia y más del doble del producto bruto anual de Ecuador.”¹¹³(Nota del autor: a la fecha, Nokia tiene más de 60 mil empleados.)

Y ya que a inventos y patentes me refiero, el propio Oppenheimer afirma:

“Hoy día, el progreso de las naciones se puede medir en gran proporción por su capacidad para registrar patentes de inventos en los mercados más grandes del mundo”.¹¹⁴

Y él mismo refiere el número de patentes que fueron registradas en la oficina correspondiente de Estados Unidos en el lapso de 1977 a 2002:

“1 631 000 patentes de ciudadanos o empresas estadounidenses, 537 000 de Japón, 210 000 de Alemania, 1 600 de Brasil, 1 500 de México, 830 de Argentina, 570 de Venezuela, 180 de Chile, 160 de Colombia y 15 de Costa Rica.”¹¹⁵

Y específicamente en 2003, en la misma oficina norteamericana, la proporción de registro de patentes fue la siguiente:

“... unas 37.000 patentes de empresas o inversores de Japón, 4 200 de Corea del Sur, 200 de Brasil, 130 de México, 74 de Argentina, 30 de Venezuela, 16 de Chile, 14 de Colombia y 5 de Ecuador.”¹¹⁶

.....
113. Oppenheimer, Andrés... Cuentos chinos, págs. 306-307, Ed. Plaza y Janés, 2005

114. Ibid., pág. 308

115. Ibídem

116. Ibídem

Esto último significa que mientras las empresas japonesas y surcoreanas generan cantidades millonarias por derechos de propiedad industrial, las empresas latinoamericanas se quedan muy lejos de ese potencial ingreso. Si comparamos la cifra correspondiente a México con la de Corea del Sur, vemos que hay un abismo.

De lo anterior se desprende la necesidad urgente de desarrollar la capacidad de inventiva de nuestros profesionistas, su capacidad de creación, para que se generen ingresos. Y en ello la lectura es fundamental. Esta es la razón, explica Oppenheimer, por la cual *“muchos países con enormes recursos naturales están viviendo en la pobreza, mientras que otros que no los tienen se encuentran entre los más prósperos, porque han apostado a la educación, la ciencia y la tecnología”*.¹¹⁷ Y es que “hoy día”, sentencia el periodista argentino: *“La riqueza de las naciones yace en la producción de ideas. El siglo XXI es el siglo del conocimiento.”*¹¹⁸ Pero no sólo Oppenheimer. Alvin Toffler y su esposa, Heidi Toffler, en su libro *La revolución de la riqueza*, también lo afirmaron: *“En la actualidad, la importancia del conocimiento en la creación de riqueza crece a un ritmo constante y está a punto de alcanzar un nivel mucho más alto y traspasar ulteriores fronteras, a medida que cada vez más lugares del mundo se conectan a un banco de inteligencia planetaria que no cesa de crecer, cambiar y ser más accesible.”*¹¹⁹ En ese libro los Toffler hablan de tres olas de riqueza de la humanidad. La primera, resultante de la invención de la agricultura, consistió en hacer crecer cosas; la segunda, derivada de la revolución industrial, se basó en fabricar cosas. Pero *“el sistema de riqueza de la tercera ola se basa cada vez más en servir, pensar, saber y experimentar”*, afirmaron contundentes.¹²⁰

.....
117. Ibid., pág. 303

118. Ibídem

119. Alvin y Heidi Toffler. *La riqueza de las naciones*, Ed. Debate, pág. 20, México, 2006

120. Ibid., pág. 52

Y reafirmaron:

La tercera y más reciente ola de riqueza (...) desafía todos los principios de la industrialización, puesto que sustituye los factores tradicionales de la producción industrial –tierra, mano de obra y capital– por el conocimiento cada vez más refinado.”¹²¹

Con esta breve introducción quiero dejar patente que el conocimiento es la riqueza actual más valiosa, pues trae como consecuencia múltiples e infinitos beneficios en los seres humanos. Pero también, que el conocimiento es resultante del desarrollo del pensamiento, y en un altísimo grado el pensamiento se desarrolla alimentándose con el ejercicio de la lectura.

Ahora bien, para desarrollar el pensamiento se requiere ejercitar la mente. Y para desarrollar un pensamiento científico, se le debe dar a la mente material relacionado con la ciencia.

Una de las formas más sabidas es impulsar la lectura, y, dicho más específicamente, inducir a los niños y preadolescentes a leer, a efecto de que a partir de ese despertar se les acerquen los textos científicos adecuados para un eficaz desarrollo del pensamiento científico. No olvidemos que a esa edad es cuando el cerebro es más receptivo y por eso mismo asimila fácilmente los conocimientos y puede desarrollarse más.

Recordemos que se considera que el ser humano promedio sólo utiliza el 10 por ciento de su capacidad cerebral. Qué desperdicio, ¿no?, de ese otro 90 por ciento.

Por eso, en los siguientes apartados me referiré al impulso de la lectura, y al tipo de textos pertinentes para desarrollar el pensamiento científico.

.....
121. Ibid., pág. 51

IMPORTANCIA DE LA LECTURA EN LA EDUCACIÓN DEL NIÑO Y EL PREADOLESCENTE

En su famoso libro *El shock del futuro*, publicado en 1970, Alvin Toffler describió una visión: previó que en el futuro, visto desde entonces y en alusión al año 2000, entre otras cosas se conseguiría un notable ahorro energético merced a que las personas ya no tendrían que trasladarse a sus centros de trabajo, pues mediante las computadoras y otros artefactos producto del avance tecnológico resolverían muchos de los problemas que requerirían su presencia, con el lógico resultado del drástico descenso de contaminantes gracias al decremento en el uso de automotores.

Toffler profetizó además que el concepto de aula escolar sería cosa del pasado. Escribió:

“Buena parte de la educación tendrá lugar en la propia habitación del estudiante, en su casa o en un dormitorio común, a horas elegidas por él mismo. Con grandes bibliotecas de datos a su disposición, gracias a los sistemas de información por computadora con sus propias cintas magnetofónicas y sus monitores, con su propio laboratorio de lenguaje y sus propios aparatos electrónicos, se verá

*libre, durante la mayor parte de su tiempo, de las restricciones y las molestias que lo atormentaban en el aula cerrada.”*¹²²

Hoy esta otra profecía tiende a ir convirtiéndose en realidad, pues todos hemos escuchado de universidades virtuales que ya dan cursos por internet.

Esa visión tecnológica, esa revolución cibernética, que Alvin Toffler vislumbró, se mostraba entonces como la panacea de los problemas de la humanidad. Por eso pregonaba:

*“...allá por el año 2000, o incluso antes, la sociedad estará armada por robots, computadoras perfeccionadas, fármacos modificadores de la personalidad, agradables ejercicios estimuladores del cerebro y otras chucherías tecnológicas parecidas.”*¹²³

Sin embargo, tres décadas después el propio Toffler hizo públicas sus dudas en cuanto a que sea la tecnología, mediante el cada vez más rápido desarrollo de las computadoras, la que permita a la humanidad una efectiva y sobre todo equilibrada evolución. La cruda realidad nos muestra que tuvo razón en plantearse esta duda. Las grandes diferencias sociales en un mismo país, y el desproporcionado e injusto desarrollo entre países ricos y países pobres, son claras evidencias de que no es el desarrollo tecnológico *per se* lo que hará mejor a la humanidad. Para colmo, si bien mejoraron los medios de comunicación, se incrementó el uso de los vehículos automotores.

En efecto, Alvin Toffler realizó, en las postrimerías del siglo xx, un viaje de estudio por países orientales, como China y Japón. Al hacer públicas sus observaciones contó que le llamó poderosamente la atención un hecho: en su recorrido por diversas ciudades de tales países detectó en las calles reuniones singulares de adolescentes y jóvenes; la primera impresión que

.....
122. Toffler, Alvin, *El shock del futuro*, Plaza y Janés, México, 1973, p. 338

123. *Ibid.*, p.287

tuvo fue que se trataba de alguna discoteca o un cine; grande fue su sorpresa al acercarse y descubrir que se trataba de librerías.

Sí. Esos jóvenes orientales ojeaban, y hojeaban, libros; los leían, los adquirían, los comentaban entre ellos, incluso los discutían. La escena se repetía una y otra y otra vez... No sin inquietud, Alvin Toffler sacó una nueva conclusión prospectivista de todo ello: El futuro estará en manos de esos jóvenes orientales que hoy están leyendo mucho, mientras sus homólogos occidentales se pasan horas y horas frente a la pantalla y el teclado de sus computadoras.

Curiosamente, ya en *El shock del futuro* reconocía el valor del libro. “Difícilmente podría sostenerse que todo libro”, escribió, “trae consigo un aumento neto del conocimiento. No obstante, se comprueba que la curva ascendente de la publicación de libros sigue, en realidad y en términos generales, un curso paralelo al del descubrimiento de nuevos conocimientos por el hombre.”¹²⁴ Más todavía, recordaba y ratificaba la afirmación del filósofo, político, abogado y escritor inglés Francis Bacon: “El conocimiento es poder.”¹²⁵ A fin de reforzar la evidencia del desarrollo de los países orientales, refiero a continuación dos anécdotas alusivas a Corea del Sur.

Una. En 2010, siendo funcionario de la Secretaría de Cultura de Puebla, me tocó recibir a un grupo de unos 20 estudiantes surcoreanos de distintas carreras y cuyas edades fluctuaban entre los 18 y 23 años. En el mensaje de bienvenida quise adornarme y les cité una frase del capítulo xxv, 2ª. Parte, de la novela *Don Quijote de la Mancha*, sólo que la dije en coreano, para lo cual previamente me asesoré. Mi asombro no tuvo límites cuando dije la frase, que era: “(...) *el que lee mucho y anda mucho ve mucho y sabe mucho*”. De inmediato exclamaron a coro: “Oh, Cervantes, *Don Quijote*.” De lo cual deduje que esos jóvenes no sólo habían oído de

.....
124 Ibid. p. 45

125 Ibid., p. 46

don Quijote, sino que habían leído la novela, de lo contrario no habrían podido identificar esa frase.

La segunda anécdota tiene que ver con los juegos olímpicos. Recordemos que Seúl, capital de Corea del Sur, fue sede de los mismos en 1994. Pues bien, con ese motivo, la empresa TELEVISA repitió un programa infantil correspondiente a dicho año. En él, un pequeño actor dijo algo como lo siguiente: *“Amiguitos, como saben, se están realizando en Seúl los juegos olímpicos. Por eso les enviamos a nuestros amiguitos de allá un video, para que vean cómo somos los mexicanos.”* Y mostró un video en el cual se veían los volcanes, nuestros ríos, nuestras pirámides, bosques, playas, etcétera, en tanto una voz hacía la descripción. Concluido el video, el niño salió a cuadro y anunció: *“Y ¿qué creen? Nuestros amiguitos de Corea del Sur nos enviaron un video de respuesta. Veámoslo.”* Y sale a cuadro una niña, muy formal y desenvuelta, diciendo: *“Esta es mi escuela.”* La cámara se abre y muestra una enorme casa con jardines y salones, y hace un paneo mientras la niña va diciendo: *“Este es nuestro salón de música (y se ven dentro muchos niños tocando pianos, violines, etcétera, con una calidad elevada), este nuestro salón de deportes (y aparecen decenas de niños perfectamente vestidos con ropa deportiva alusiva, mientras hacen movimientos precisos de artes marciales), este nuestro salón de danza (y aparecen varias niñas vestidas con sus trajes de ballet danzando como profesionales), y finalmente este es nuestro salón de lectura”* (y aparecen decenas de niños leyendo, con una atención absoluta).

Veinte años después, en 2014, con motivo de la inauguración de su domo en una escuela primaria, acudí como invitado, y la escuela presentó dos números “artísticos”, uno de ellos por cierto bailando la pieza de moda del músico surcoreano PSY, llamada *“Gangnam style”*. Los niños hicieron de todo, menos bailar, a pesar de sus atuendos imitando al músico. Es decir, no tenían ninguna formación artística. Y el colmo fue cuando en otro número, donde supuestamente salían fantasmas de las tumbas, otro niño apareció, ahora con un violincito, que me hizo pensar que sí tocaría. Pero no: era un

violoncito de papel maché y sólo hacía la mímica siguiendo la música surgida de un equipo de sonido de pésima calidad pues la música subía, se detenía, bajaba de intensidad, etcétera. Pensé: “Nosotros estamos en esto mientras en Corea del Sur hace 20 años los niños hacían verdaderamente deporte, música y danza. Cómo estarán ahora.”

Pero no se podía esperar menos de estudiantes de un país donde el índice de lectura es tan elevado, gracias a lo cual no sólo desarrollan la creatividad, sino además la inventiva.

Por lo anterior, antes de entrar a las propuestas de lectura a fin de inducir y desarrollar el pensamiento científico en los niños y preadolescentes, echemos un vistazo a las condiciones de lectura en nuestro país, en relación con otras naciones. Veamos 3 rubros:

- Índices de lecturas (libros leídos por persona al año)
- Índices de librerías
- Índices de bibliotecas

En el primer caso, disponemos de 3 fuentes para ver la realidad de México. Una es del gremio de libreros y editores, aglutinados en la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANAIM), otra de la UNAM, y la otra, del CONACULTA, hoy Secretaría de Cultura.

El dato aportado por la CANAIM, básicamente con base en la venta de libros, ha establecido una media de hasta 2.9 libros por persona al año. La UNAM realizó una encuesta entre sus estudiantes, y el promedio rebasó los tres libros. Y en 2016, cuando aún existía el CONACULTA, éste realizó su propia encuesta y arrojó una cifra de 5 libros, si bien reconocía que había incluido *La biblia* y *Harry Potter*.

El problema es que en España el índice anda en los 7.5 libros, y en Alemania en 12. Pero si nos vamos a los países escandinavos o asiáticos, la media es superior a 30 libros, siendo Noruega el país que hace poco más de una década llegó a los 35.

Cabe mencionar un par de datos: estas cifras son de población en general, excepto la encuesta de la UNAM, que fue realizada entre sus estudiantes. En tal sentido los estudiantes de países como Finlandia, Noruega o Corea del Sur, leen, con la mano en la cintura, un libro a la semana.

Para tener una idea más precisa de la penosa situación en que está México, comparemos estas cifras con la establecida por la UNESCO como media *ideal* por persona: 25 libros al año.

Índices de librerías

Veamos ahora el rubro de las librerías.

Siguiendo a la UNESCO, el índice ideal de librerías de un país culto debe ser de una por cada 25 mil habitantes. Esto significa que, en la ciudad de Puebla, donde vivimos alrededor de 2 millones de personas, debería de haber 80 librerías. La UNESCO se refiere a librerías grandes, bien surtidas, con las novedades y con un buen acervo de libros clásicos y de interés general. Acaso no lleguemos ni a 10 buenas librerías, lo que significa una por cada 200 mil habitantes.

Para hacer un contraste, en Shanghái, ciudad de China, según comentario fidedigno de una maestra normalista poblana, hay una librería de 8 pisos en la cual los vendedores andan en patines porque no se dan abasto para surtir los pedidos.

Lamentablemente, en nuestras ciudades en vez de librerías se han multiplicado los botaneros, con venta de alcohol incluida, y para colmo, cerca de las escuelas.

Índices de bibliotecas

En este rubro nuestro país no está mal. De hecho, es de los países latinoamericanos con mayor número de bibliotecas públicas. Existe una en cada cabecera municipal, y casi no hay junta auxiliar que no tenga una. En el

estado de Puebla hay más de 600.

Y, sin embargo, no las utilizamos.

Esto indica que no requerimos más bibliotecas, sino utilizarlas adecuadamente. Como se hace en los países escandinavos, donde hay una perfecta relación entre el sistema educativo y las bibliotecas. Una forma de aprovecharlas en nuestro país sería que se realizara una campaña para que todos tuviéramos una credencial de biblioteca pública, y que sacáramos libros para leerlos en casa.

Todo lo expuesto en este apartado pretende indicar que, para el efectivo desarrollo de un país, se requieren personas preparadas, personas con conocimientos. Eso queda demostrado con la referencia a los dos o tres países enunciados anteriormente, y los cuales sin duda ocupan un lugar privilegiado en el mundo, no sólo desde el punto de vista científico y tecnológico, sino desde el punto de vista económico, social y humano.

Y es que la lectura, está demostrado, además de desarrollar el intelecto, desarrolla el espíritu. Esto último es importante, porque se genera una sociedad más colaborativa, una sociedad donde los individuos ven por los demás.

Ahora bien, si de suyo los números en materia de conocimientos en nuestro país no son buenos, ya no digamos óptimos, en materia científica y tecnológica dejamos también mucho que desear, a juzgar por las cifras que cité líneas arriba en referencia al número de patentes.

Por ello, en el siguiente apartado haré una propuesta concreta de cómo inducir al desarrollo del pensamiento científico leyendo relatos de ciencia ficción y policíacos.

TEXTOS PERTINENTES PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO: RELATOS DE CIENCIA FICCIÓN Y POLICIACOS

Ya señalé que no hay cosa mejor para desarrollar el cerebro, que someterlo al ejercicio de las reflexiones serias. Tal como lo indiqué, es menester que en los sistemas educativos no sólo se lea, sino que se eleve el grado de dificultad de los textos, como se hace en Alemania.

El objetivo es aprender a pensar, y por ende desarrollar el interés por la ciencia.

Henry David Thoreau se preguntó: “¿Cuántos hombres han cambiado el rumbo de su vida debido a la lectura de un libro?”.¹²⁶ En efecto. Muchos escritores, pintores, empresarios, médicos, maestros, arquitectos, políticos, entre otros profesionales, han reconocido la influencia de algún libro específico que les ha cambiado la vida. De hecho, una pregunta recurrente a toda persona que ha triunfado es: “¿Qué libro le cambió la vida?”

En materia científica no es la excepción. El periodista y divulgador Miguel Ángel Delgado (Oviedo, España, 1971), dijo: “Si pensamos en el campo científico, muchos de los pioneros de la astronáutica, desde Werner Von

.....
126. Escritor y filósofo norteamericano (1817-1862)

*Braun a Yuri Gagarin, han reconocido que de niños leyeron del espacio.*¹²⁷ El escritor venezolano José Balza, aunque no es astronauta ni científico, en una entrevista que le realizó el diario español EL PAÍS, a la pregunta de cómo había sido su inicio en la lectura, respondió que empezó a leer muy niño textos de fantasía y otros de tipo social. Y agregó: “*Luego vino Julio Verne y su De la Tierra a la Luna. Sigo fascinado con el espacio.*”¹²⁸ Por si lo anterior fuera decir poco respecto a lo que la lectura de un texto o de un libro científico puede causar en una persona induciéndola a interesarse por la ciencia, tengamos presente que hace unos meses el presidente de Francia, Emmanuel Macron, convocó a escritores de ciencia ficción a fin de que participaran con ideas que permitieran anticiparse a los temas militares relacionados con posibles atentados.¹²⁹ Es decir, que como los escritores de ciencia ficción trabajan con la imaginación y especialmente con la especulación científica, pero basándose en la realidad, pueden aportar estrategias para enfrentar el flagelo del terrorismo, entre otras cosas. ¿Por qué? Porque un escritor de ciencia ficción, con su capacidad de pensar científicamente, puede anticiparse a la manera de pensar de un terrorista, e incluso prever dónde podría cometer un atentado.

El diario ABC, de España, cabeceó la nota de la siguiente forma: “*Macron recluta escritores de ciencia ficción para preparar las guerras del futuro.*”¹³⁰ Es decir, que la información no es “noticia falsa”, sino muy verdadera. Realmente Emmanuel Macron ha visto como de gran ayuda a los autores de este género, no en balde es francés, como el gran escritor de ciencia ficción Julio Verne, quien se anticipó en muchas cosas a su tiempo.

.....
127. Miguel Ángel Delgado, en su participación durante un encuentro en el espacio de Fundación Telefónica, Madrid, 2017

128. José Balza, entrevista con el diario EL PAÍS, el país.es, 16/09/2019

129. Diario La República, 21/07/2019

130. ABC, diario español, 20/07/2019

Algo similar podría ocurrir en materia de colaboración policiaca. De hecho, un escritor poblano, Juan Hernández Luna, autor de historias policiacas, estuvo impartiendo un taller en el municipio de Netzahualcóyotl, del Edomex, para hacerles ver a los agentes del orden que toda investigación seria debe de usar el pensamiento científico a través de los métodos de inducción y deducción. Para ello, el gobierno editó una antología de textos policiacos que narraban casos que podían resolverse sólo con la capacidad de la mente a efecto de obtener conclusiones basándose en los métodos mencionados. Y dicho libro lo regalaron a los policías para que lo leyeran y participaran en el taller.

Y es que no basta con que un agente del orden persiga delincuentes a golpes o a base de armas, sino hace falta que primero investigue, con el recurso del pensamiento científico, si el sospechoso es realmente el criminal. Por no trabajar así, nuestros cuerpos policiacos no funcionan cual debiera de ser.

De aquí entonces la propuesta que planteo, en el sentido de desarrollar en los niños y los preadolescentes su pensamiento científico a partir de textos que los obliguen a pensar, a reflexionar, a imaginar y a inducir o deducir información. Y qué mejores textos que los relatos de ciencia ficción y los policiacos.

A) Veamos primero los de ciencia ficción

Juan Francisco Ferré, escritor de ciencia ficción, autor de la novela *Revolución*, afirmó en entrevista con Laura Fernández, reportera del diario español *EL PAIS*: “Hoy en día es imposible describir el mundo y cómo es sin recurrir a ella (ciencia ficción). La ciencia ficción es el realismo de hoy. Pienso en Pynchon (escritor norteamericano) explicando la Segunda Guerra Mundial a través de un artilugio absurdo y me digo que la ciencia ficción es la

única manera de hacer entendible la ciencia.”¹³¹ Sería prolijo enumerar obras y autores de tal género, pero sobre todo cómo influyeron en los lectores.

Baste decir que desde *Historia cómica de los estados e imperios del Sol* e *Historia cómica de los estados e imperios de la Luna*, de Cyrano de Bergerac, pasando por *De la Tierra a la Luna* o *Robur el conquistador*, de Julio Verne, hasta 2001, *odisea del espacio*, de Arthur C. Klarke, y miles de otras obras de tal género, a sus creadores les ha sido inevitable querer explicarse el futuro del mundo sin dar vuelo a su imaginación, y algunos incluso acertaron en sus predicciones. Como muestra, recordemos que Arthur C. Klarke fue el “ideador” de los satélites geostacionarios que hoy circunvolucionan por miles nuestro planeta.

Claro, de todos los autores de ciencia ficción tal vez Julio Verne sea el más acertado. Y el que más influyó en muchos seres humanos que a raíz de leerlo abrazaron con emoción el terreno de la ciencia.

Uno de éstos, el alemán-norteamericano Werner Von Braun, quien llevó al hombre a la Luna gracias al impulso de un cohete de su invención denominado Saturno V, confesó más de una vez que se había inspirado en la novela magistral de Verne, *De la Tierra a la Luna*, misma que leyó en la preadolescencia y lo impactó. A tal grado, que hay muchas similitudes entre la forma en que Verne llevó a sus cosmonautas a la Luna en su viaje ficticio, y la forma en que se realizó el viaje real en julio de 1969, cuando los cosmonautas norteamericanos Neil A. Armstrong, Michael Collins y Edwin E. Aldrin llegaron a nuestro satélite. Entre esas similitudes están las siguientes:

- El lugar de despegue (Florida).
- La cápsula sobre el cohete, en forma de bala en ambos casos.
- La protección de aluminio de la cápsula: 20 cm de grosor en la de Verne, y 30 cm en la real.

.....
131. El país.es, 25 de junio de 2019

- El costo: 12 millones de dólares en la ficción de Verne, 14 millones en el lanzamiento real.
- Casi misma medida del cañón en la ficción de Verne y del cohete Saturno V.
- El regreso de la cápsula es cayendo en el mar, tanto en la ficción verniana como en el amarizaje real.
- Finalmente, el número de cosmonautas: 3 en la ficción de Verne y 3 en el viaje real.

Estas similitudes sólo un genio como Julio Verne pudo haberlas anticipado, por eso la lectura de dicha novela puede impactar a cualquier niño o preadolescente, al grado de impelerlo a querer ser cosmonauta o científico.

Es incuestionable que, si a los niños y preadolescentes se les acercan este tipo de textos, se despertará su imaginación, pero sobre todo su intelecto, pues podrán vislumbrar como realizables muchas ideas narradas en esas obras, así sean robots que hablan y se humanizan, o naves que viajan a otros planetas, e incluso a otras galaxias, y nuevas formas de gobiernos futuros que ayudarán a mejorar los actuales con base en el razonamiento.

B) Veamos ahora los textos policíacos

Leamos el siguiente diálogo tomado del capítulo 12 de mi novela *Los cazaignorantes*. Se trata de un diálogo entre un comandante de la policía y el *Chip*, apodo de su joven auxiliar, por cierto, experto en cuestiones de computadores y gran lector.¹³²

—Usted va caminando por una calle. De repente oye un disparo de arma de fuego. Se apresura a llegar a la esquina, se detiene y voltea hacia el lugar de donde provino el disparo. Ve usted a una persona en el suelo y a un pequeño corro de curiosos. Usted, por ser aficionado a

.....
132. *Los cazaignorantes*, Ediciones Magno, junio de 2016

los asuntos detectivescos, se acerca y al llegar descubre que un policía sostiene firmemente a un hombre acusándolo de haber sido quien disparó, mientras una o dos de las personas presentes lo corroboran. Pero usted revisa la escena del crimen, ve la herida del caído, que hizo una perforación de arriba hacia abajo en el cuello, desde el nivel de la oreja derecha, y echa un vistazo al detenido y otro hacia la parte alta de la casa, donde en el cuarto piso hay una ventana abierta. Entonces usted, con firmeza, le dice al policía: “Tiene que dejar libre a este hombre. Él no disparó.” Éste es el problema. Pregunta: ¿En qué se funda usted para decir que el detenido por sospechoso no tuvo que ver nada con el crimen?

El comandante Rolón, Marcos Rolón, trató de concentrarse, cerró los ojos, se reacomodó en el asiento, y por fin dijo:

—Porque no llevaba pistola.

El Chip sonrió, con una sonrisa tristonja, y repuso:

—Qué pena, mi comandante, porque se equivoca.

—¿Cómo que me equivoco?

—El detective, o sea usted, observó rápidamente dos cosas: el hombre en el suelo es más alto que el detenido, de hecho, le saca unos veinte centímetros; y la perforación de la bala tiene sentido de arriba hacia abajo y no tiene orificio de salida, por lo cual tuvo que ser disparada desde la parte de arriba, probablemente desde la ventana abierta. Para que el detenido hubiera sido el agresor, debió disparar desde el cuarto piso y luego saltar para huir, por lo que al menos se hubiera roto un hueso, pero está ileso; o bien tuvo que estirar mucho el brazo, sostener la pistola, y apuntarle a la víctima desde arriba de la cabeza, lo cual, por su corta estatura, resulta imposible.

Lo siento, mi comandante, pero falló. Y, con todo respeto, pese a no haber concluido su carrera, por sus muchos años de experiencia debió de acertar.

Hasta aquí el texto. Es obvio que quien lo lea aprenderá a ser más observador y por lo tanto a utilizar más su pensamiento científico aplicando el método deductivo, pues a partir de lo que se observa con atención y mente científica en un hecho, se obtienen deducciones más certeras.

Para reforzar esta idea de la importancia que tiene la lectura de relatos policíacos en el arte de cultivar la capacidad inductiva y deductiva, es decir, el razonamiento científico, recordemos al gran escritor norteamericano Edgar Allan Poe, considerado el creador del relato policíaco de detectives.

Hay un cuento magistral suyo denominado "*La carta robada*". La anécdota es simple. Un ministro roba una carta cuyo contenido compromete la integridad de una dama y la carrera de un político importante. El prefecto de la policía acude al detective Auguste Dupin, quien está con un amigo, a la sazón el narrador del cuento (por cierto, este modelo fue imitado por el escritor inglés Arthur Conan Doyle para la creación de su detective Sherlock Holmes y su amigo el doctor Watson, quien en su caso es el narrador).

Pues bien, el prefecto le cuenta a Dupin que no halla la carta que supuestamente el ministro, tras hurtarla, tiene escondida en alguna parte de su casa. Le informa que, aprovechando salidas del ministro, entró a su casa con sus auxiliares y ya buscaron y rebuscaron en todos los rincones, hurgando en cajones, en armarios, entre las hojas de todos los libros, bajo las tablas del techo, dentro de los huecos de las sillas... en fin, y nada de carta. Y le precisa que hay una elevada recompensa de miles de francos para quien la halle.

Un mes después vuelve a visitar al detective, quien le dice que le entregará la carta en cuanto termine de escribir un cheque por 50 mil francos. El prefecto lo hace, y Dupin, tras recibir el cheque, le da la carta.

El amigo del detective, ya a solas, le pide que le cuente cómo la halló, y Dupin le explica que, con lógica y reflexión, concretamente razonando como el ladrón, es decir, poniéndose a su nivel. El ladrón es matemático, pero también poeta. Siendo matemático, es muy preciso. Si hubiera actuado como matemático, habría escondido la carta en un lugar ultrasecreto y difícil de hallar, y corría el riesgo de que el prefecto, quien también era muy matemático y metódico en sus pesquisas, hallara la carta, actuando justamente con la lógica del razonamiento matemático. Por tanto, dedujo Dupin, para confundirlo, actuó como el poeta que era también, y escondió la carta en

el lugar más evidente e ilógico y por tanto visible, donde el prefecto jamás buscaría por razonar que un hombre con pensamiento matemático no la escondería en un lugar tan simple.

Pero Dupin razona como poeta, y por eso da con la carta.

Se lo explica a su amigo recordándole un juego de niños. Textualmente dice en referencia al prefecto:¹³³

—... más de un colegial razonaría mejor que él. Conoció a uno que tenía ocho años y cuyos triunfos en el juego “par e impar” atraían la admiración general. El juego es muy sencillo y se juega con bolitas. Uno de los contendientes oculta en la mano cierta cantidad de bolitas y pregunta al otro: “¿Par o impar?” Si éste adivina correctamente, gana una bolita; si se equivoca, pierde una. El niño de quien hablo ganaba todas las bolitas de la escuela. Naturalmente, tenía un método de adivinación que consistía en la simple observación y en el cálculo de la astucia de sus adversarios. Supongamos que uno de éstos sea un perfecto tonto y que, levantando la mano cerrada, le pregunta: “¿Par o impar?” Nuestro colegial responde: “Impar”, y pierde, pero a la segunda vez gana, por cuanto se ha dicho a sí mismo: “Este tonto tenía pares la primera vez, y su astucia no va más allá de preparar impares para la segunda vez. Por lo tanto, diré impar.” Lo dice, y gana. Ahora bien, si le toca jugar con un tonto ligeramente superior al anterior, razonará en la siguiente forma: “Este muchacho sabe que la primera vez elegí impar, y en la segunda se le ocurrirá como primer impulso pasar de par a impar, pero entonces un nuevo impulso le sugerirá que la variación es demasiado sencilla, y finalmente se decidirá a poner bolitas pares como la primera vez. Por lo tanto, diré pares.” Así lo hace, y gana. Ahora bien, esta manera de razonar del colegial, a quien sus camaradas llaman afortunado, ¿en qué consiste si se le canaliza con cuidado?

—Consiste —repuse— en la identificación del intelecto del razonador con el de su oponente.

.....
133 Allan Poe, Edgar, “La carta robada”, págs. 472 y 473, en Obras completas, T. I, Ed. Aguilar

–Exactamente –dijo Dupin–. Cuando pregunté al muchacho de qué manera lograba esa total identificación en la cual residían sus triunfos, me contestó: “Si quiero averiguar si alguien es inteligente, o estúpido, o bueno, o malo, y saber cuáles son sus pensamientos en ese momento, adapto lo más posible la expresión de mi cara a la de la suya, y luego espero hasta ver qué pensamientos o sentimientos surgen en mi mente o en mi corazón, coincidentes con la expresión de mi cara.”

Como se ve, este pasaje del delicioso cuento de Edgar Allan Poe enseña a pensar como un oponente. Cuánto bien les haría razonar con esta capacidad a los policías que se dedican a buscar delincuentes, o a los jueces que se dedican a impartir justicia.

CONCLUSIONES Y PROPUESTA

Es incuestionable que saber razonar es un método y un arte. A la falta de esta capacidad se debe que no sepamos debatir en las lides políticas, e incluso que no entendamos lo que leemos, problema por cierto muy severo en nuestros estudiantes de todos los niveles.

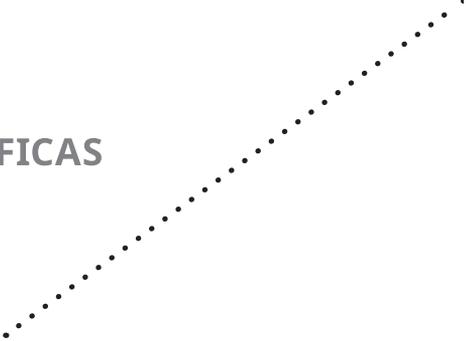
Por otro lado, es irrefutable que el acto de leer contribuye en gran medida a corregir esta carencia, pues obliga a la mente a tener que echar mano de toda su capacidad para comprender lo leído, así como para entender muchas palabras.

Y finalmente, es obvio que si despertamos en nuestros alumnos el hábito (no sólo el gusto) por leer, y les acercamos textos que les despierten la imaginación y la capacidad deductiva, tendremos alumnos con un pensamiento científico desarrollado.

De aquí que proponga, aprovechando el planteamiento de la Estrategia Nacional de Lectura, uno de cuyos ejes es el Material, que en la medida de lo posible el CONCYTEP, o la SE, que son partes del Eje Formativo de dicha Estrategia, publiquen una antología de relatos de ciencia ficción y policíacos, debidamente seleccionados y legalizados (en caso de estar vigentes

sus regalías protegidas por la Ley del Derecho de Autor), para que sea distribuida como libro de lectura a los estudiantes de la primaria alta y de secundaria. Sería una herramienta fundamental para que a través de su lectura se contribuya a inducirlos hacia el pensamiento científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



ABC, diario español, 20/07/2019

Allan Poe, Edgar, “La carta robada”, págs. 472 y 473, en Obras completas, T. I, Ed. Aguilar

Alvin y Heidi Toffler. *La riqueza de las naciones*, Ed. Debate, pág. 20, México, 2006

Bías de Priene nació en el año 570 antes de Cristo y formó parte del selecto grupo de los Siete Sabios de la antigua Grecia

Diario La República, 21/07/2019

el país.es, 25 de junio de 2019

José Balza, entrevista con el diario EL PAÍS, el país.es, 16/09/2019

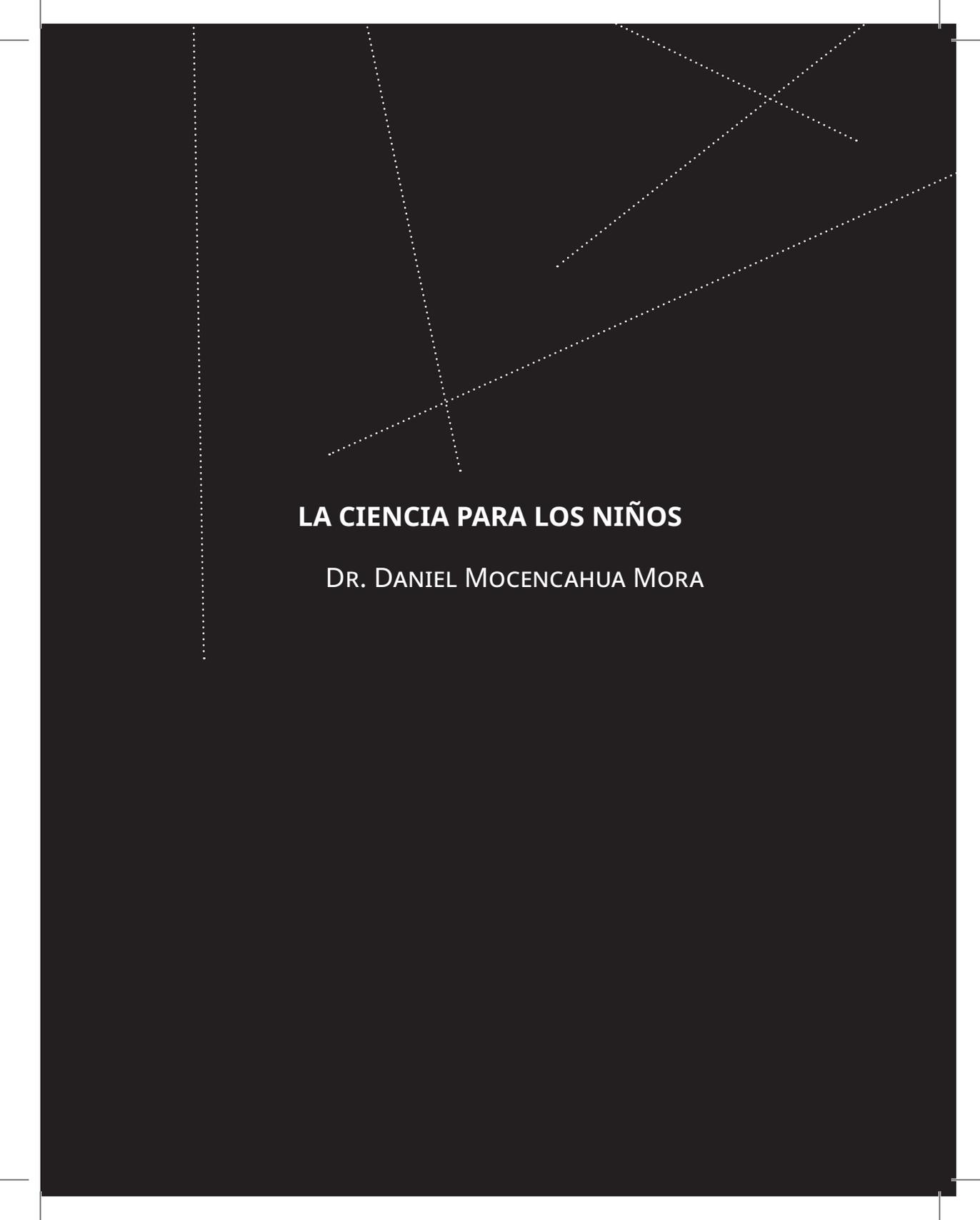
Los cazaignorantes, Ediciones Magno, junio de 2016

Miguel Ángel Delgado, en su participación durante un encuentro en el espacio de Fundación Telefónica, Madrid, 2017

Oppenheimer, Andrés... Cuentos chinos, págs. 306-307, Ed. Plaza y Janés, 2005

Toffler, Alvin, *El shock del futuro*, Plaza y Janés, México, 1973, p. 338

Youtube, Finlandia, la mejor educación del mundo

The background is a solid black rectangle. It features several white dotted lines that intersect to form a geometric pattern. One line is vertical on the left side. Two other lines intersect each other and the vertical line in the upper right quadrant. A fourth line runs diagonally from the bottom left towards the top right, crossing the other lines.

LA CIENCIA PARA LOS NIÑOS

DR. DANIEL MOCENCAHUA MORA

INTRODUCCIÓN

Los niños abren mucho sus ojos cuando ven un robot, se emocionan si les dices que van a usar un telescopio, se sorprenden cuando miran una célula por un microscopio o se enteran de que hay un modo de ganar siempre el juego del gato. En muchas ocasiones hemos visto este fenómeno, esta ilusión que le causa a un niño, y a la familia que lo acompaña, el atisbar tras el misterio de la ciencia, comprender cómo funciona un aparato o lograr un reto matemático que en la escuela no entendía.

Desde hace más de quince años, mi equipo de alumnos y yo hemos visto cómo los papás acompañan a sus niños a los talleres de robótica, con la idea de encontrar para su niño eso que anda buscando. En cada convocatoria los talleres se llenan con chicos deseosos de hacer un robot. Y lo que se llevan a casa, además de su robot, son ideas que nos parecen importantes: *Tú puedes hacer tu propio robot, tú puedes hacer tecnología, tú puedes hacer ciencia.*

Por otra parte, también con ese equipo de alumnos, conocido como el Hipercubo, participé en el Tráiler de la Ciencia de Puebla, de Morelos y de Tlaxcala, diseñando y construyendo prototipos de robótica y electrónica, y experimentos con matemáticas. De éstos últimos, uno de los que más me

gusta está hecho con un rayo láser y espejos rotatorios. En este artefacto los niños pueden mover unas perillas que modifican la velocidad de los espejos, cambiando con eso las figuras que el láser dibuja en una superficie en la que se proyecta. Estas figuras varían desde un círculo hasta flores de tres o más pétalos. Las caras de asombro y las expresiones de incredulidad acompañan siempre a estos experimentos, y el niño empieza siempre a preguntar ¿Por qué se hacen esas figuras?

Estas experiencias nos dan evidencias de que el pensamiento científico se puede fomentar en el niño, entendiéndolo a esa edad como aquel que empieza con la curiosidad y continúa con los cuestionamientos y el pensamiento crítico para explicar los fenómenos que se observan. Y esto que observamos de manera directa ha sido estudiado y mostrado por varios autores, algunos de los que abordaremos más adelante, pero antes vamos a platicar un poco del contexto actual.

LO TERRIBLE Y LO TENEBROSO

Las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se han agrupado en el acrónimo STEM (por sus siglas en inglés). Estas disciplinas son las menos consideradas para estudiarlas como carreras en general, y todavía son menos una opción para las niñas a nivel mundial.

A continuación, trabajaremos con datos tomados del cuestionario de PISA 2015¹³⁴. Para ponernos en contexto podemos ver la definición que nos aporta el documento consultado:

“¿Qué es importante que los ciudadanos sepan y puedan hacer?” Para responder esa pregunta y a la necesidad de datos comparables a nivel internacional sobre el rendimiento estudiantil, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) lanzó un estudio trienal sobre los alumnos de 15 años en todo el mundo denominado Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos, o PISA. PISA evalúa hasta qué punto los estudiantes de 15 años, que están a punto de concluir su educación

.....
134. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-Mexico-ESP.pdf>

obligatoria, han adquirido los conocimientos y habilidades fundamentales para una participación plena en las sociedades modernas.

De acuerdo con la OCDE, en 2015 el 41% los jóvenes de 15 años evaluados en nuestro país, tenían la expectativa de trabajar en una carrera relacionada con las ciencias a sus 30 años, y esta expectativa era la más alta de entre todos los países evaluados. Sin embargo, la media del desempeño en la evaluación PISA de ese año de esos mexicanos fue menor que la media de los países de la OCDE. De hecho, desde 2006 este rendimiento promedio no varió. Esto nos parece indicar que el interés por la ciencia existe, pero falta hacer algo para que ese interés se pueda enfocar a lograr los medios académicos para alcanzar la expectativa de trabajar en alguna disciplina STEM.

No es extraña esta asincronía entre lo que los chicos quieren y lo que pueden hacer. Muchas de las críticas que se hacen a la educación se basan en que es enciclopédica y desvinculada con el mundo; más aún, las materias no tienen relación entre sí. En palabras de compañeros investigadores de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez¹³⁵:

El maestro dice, el maestro escribe y el estudiante aprende. Esto está profundamente arraigado en nuestra estructura educativa desde la construcción de la escuela como un ámbito aislante de la comunidad en donde encerramos a nuestros estudiantes, los obligamos a estar sentados y a obedecer a ciegas al maestro. Perdiendo la capacidad de asombro y expectación que nos da el conocimiento por descubrimiento. En todas estas reformas se han aumentado los contenidos, se han modificado los contenidos, se les han dado “nuevas” técnicas de enseñanza a los maestros, donde los maestros tienen la misma actitud para promover el aprendizaje: “Él dice y los estudiantes hacen”.

.....
135. Chávez, Ó. R., Flores García, S., Valente Barrón López, J., Luna González, J., Julieta Royval Bustillos, L., & Concepción Salazar Álvarez, M. (2011). OPORTUNIDADES PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ESCUELAS PRIMARIAS: UNA PROPUESTA DE TRABAJO DIDÁCTICO-COLABORATIVO. *Cultura Científica y Tecnológica*, 8(45), 13-23.

En esta culturización educativa no se abren los espacios necesarios para el movimiento, el desplazamiento, la experimentación, la comprobación de hechos, el análisis de situaciones cotidianas, en las cuales subyace el método científico. Podemos decir de manera metafórica que la semilla del conocimiento científico está enterrada en el desierto, sin agua y sin la posibilidad de echar raíces. Ésta muere bajo el calor abrasador de la autoridad libresca del maestro.

Esta cita describe la terrible situación que parece generalizada en las escuelas mexicanas¹³⁶.

Parafraseando a Carl Sagan¹³⁷:

“Todo niño inicia su vida como un científico por naturaleza: Observa, cuestiona, experimenta, y luego le quitamos todo eso”.

Algunos, sin embargo, se escapan del sistema con su asombro y entusiasmo por la Ciencia intactos.

Pero no podemos responsabilizar solo a los maestros de este modo de hacer las cosas.

Para el contexto general veamos la ciencia desde los ojos de los mexicanos. La Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología¹³⁸ (INEPCYT), se realiza de manera bienal desde el 2005, y la última disponible es del 2017. En ella se hacen preguntas a mayores de 18 años, de ambos sexos, en temas relacionados con ciencia y tecnología. Cabe notar que el 69% de los encuestados están en el rango de 18 a 49 años, con 47% hombres y 53% mujeres.

.....
136. La cual es común con otros países, como se muestra en *Zombies en la escuela*, de Juli Garbulsky. TEDx Rio de la Plata. <https://youtu.be/g6zBmBUOMhY>

137. Paráfrasis de Guillermo Tovar traduciendo la entrevista a Sagan en PT Staff (01, January, 1996), “Carl Sagan, author interview”, *Psychology Today*. <https://www.psychologytoday.com/intl/articles/199601/carl-sagan>

138. <https://www.inegi.gob.mx/programas/enpecyt/2017/default.html>

Al preguntarles qué temas de desarrollo científico y tecnológico les interesa, presentan menores porcentajes hacia la ingeniería o a los temas de físico matemáticas o ciencias de la tierra. En la Tabla 7 vemos cómo se nos presentan los resultados de esta encuesta.

TABLA 7. INTERÉS HACIA TEMAS DE DESARROLLOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS
FUENTE: INEPCYT 2017. (ELABORACIÓN PROPIA.)

Total	30 537 995	
Fisicomatemáticas o Ciencias de la Tierra	14 432 962	47%
Biología o Química	14 140 990	46%
Medicina o Ciencias de la Salud	22 676 172	74%
Humanidades o Ciencias de la Conducta	18 985 692	62%
Ciencias Sociales	18 567 222	61%
Biotecnología o Ciencias Agropecuarias	11 700 009	38%
Ingenierías	11 618 601	38%

En el planteamiento *“Debido a sus conocimientos, los investigadores científicos tienen un poder que los hace peligrosos”*, el 49% manifiesta estar en desacuerdo o muy en desacuerdo, con un 6% que no sabe; además, ante la expresión *“Los científicos son responsables de los malos usos que hacen otras personas de sus descubrimientos”*, el 59% está en desacuerdo o muy en desacuerdo.

Por otro lado, la mayoría de la gente todavía valora algunas pseudo-ciencias: *“Existen medios adecuados para el tratamiento de enfermedades*

que la ciencia no reconoce (acupuntura, quiropráctica, homeopatía, limpias)” 17% muy de acuerdo y 60% de acuerdo.

Cuando se les pregunta cuáles son sus fuentes de información resulta que la televisión sigue siendo la principal, seguida del radio. Las otras dos fuentes consideradas, el periódico o las revistas, son poco consideradas. Además, lo que ven en TV o escuchan en radio son noticias o programas de entretenimiento. Desafortunadamente en esta encuesta todavía no se toman en cuenta las fuentes a las cuales se puede acceder por internet.

Aunque este panorama parece tenebroso, hay una cierta esperanza en el hecho de que estén de acuerdo en *que es necesaria más inversión en Ciencia y Tecnología*, y también con que los científicos y los investigadores son muy valorados, aunque todavía menos que un deportista, pero mejor que un policía o militar.

Además, la mayoría afirma haber tenido alguna materia de matemáticas, aunque son los más que afirman tener estudios de sociales y humanidades, pero casi nadie algo que ver con Ingeniería.

Todo lo anterior resulta más impactante si nos damos cuenta de que entre estos encuestados podrían estar aquellos que fueron evaluados en PISA de 2015, es decir, aquellos niños que tenían como expectativa trabajar en alguna carrera relacionada con STEM cuando fueran grandes.

¿Y los niños pueden desarrollar el pensamiento científico?

La escuela, que va desde el preescolar hasta el nivel universitario posdoctoral, se define como **contexto formal de aprendizaje**¹³⁹ ya que en ella se tiene planificado y estructurado el conocimiento que se espera que el estudiante

.....
139. Martín, R. B. (2014). Contextos de aprendizaje: formales, no formales e informales. *Ikastorratza, e-Revista de Didáctica*, (12), 1-13. De http://0-dialnet.unirioja.es/cataleg.uoc.edu/servlet/articulo?codigo=4786184&orden=1&info=link%5Cnhttp://0-dialnet.unirioja.es/cataleg.uoc.edu/servlet/extart?codigo=4786184%5Cnhttp://www.ehu.es/ikastorratza/12_alea/contextos.pdf

desarrolle. Sin embargo, hay otros ambientes en donde también se aprende y existe cierta estructura que no es tan formal o no tan planificada. Estos son los **contextos no formales de aprendizaje**, entre los que podemos citar los cursos y talleres extraescolares. Si bien tienen una planeación y otorgan un reconocimiento de la actividad, éste no es forzosamente reconocido en el ámbito escolar: los cursos de apreciación artística, talleres de danza, clases de artes marciales, cursos de capacitación en alguna tecnología. Es cierto que todavía se puede reconocer la existencia de un maestro y un aprendiz reunidos en un tiempo delimitado de antemano, pero asistir a ellos es una cuestión voluntaria y fuera del horario escolar.

Por otro lado, existe un tercer contexto de aprendizaje, **el informal**, en que no se reconoce a la escuela o a un maestro pero que nos permite acceder a ciertos conocimientos. Es en este contexto que los niños pequeños aprenden a hablar o comportarse de acuerdo con lo que viven en la familia. Aprenden de su cultura oyendo a los mayores contar leyendas y anécdotas.

Pero no sólo es de niños aprender de manera informal: El adulto aprende sobre un deporte o de la cultura organizacional en la plática de café, en la sobremesa o en las fiestas.

Actualmente estos contextos se han empoderado también con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), las cuales permiten realizar carreras en línea (formal), talleres o cursos sobre temas de su interés (no formales) y aprender en tutoriales o de videos subidos por personas que comparten su interés por algún tema (informal).

Y es precisamente en los contextos informales uno de los primeros en donde el niño descubre a la ciencia y a los científicos, siendo la televisión uno de los medios en los que se encuentran más rápidamente con figuras relacionadas con la ciencia.

Las producciones mediáticas permiten crear y promover representaciones del mundo y de la ciencia, en lo que se ha denominado Pedagogía

cultural¹⁴⁰, es decir, el aprendizaje de cosas por medio de artefactos culturales, como los cómics, las producciones de cine y programas de televisión.

Desafortunadamente en estos medios¹⁴¹ la imagen que se genera es la de un *hombre blanco con bata, de mediana edad o mayor, mezclando químicos, y casi siempre es un científico malvado*, como en las películas del *Santo*. Esta imagen deja de lado toda la diversidad tanto racial como de disciplinas que una actividad humana como la ciencia tiene en sí misma.

Por otra parte, la imagen de la ciencia que tienen los niños viene directamente de la experiencia escolar, el contexto formal. Es decir, experimentos predefinidos, en los que se conoce lo que va a ocurrir, donde no hay lugar al error y que sólo abarca el concepto discutido en clase, como jugar con imanes después de hablar de magnetismo.

También hay que tomar en cuenta que la imagen de la ciencia se ha planteado como una actividad donde el rigor, la objetividad y la verdad dan lugar a un conocimiento irrefutable. Lo cual deriva en la idea de que la ciencia solo pueda hacerse por personajes extraordinarios, de inteligencia sublime pero introvertidos, en laboratorios altamente especializados y (limpios), en busca de una verdad inefable e inalcanzable por los mortales, por lo cual no se puede hacer ciencia en el aula. Quisiera decir que esto claramente no es cierto, pero el hecho de que haya que decirlo indica que para todos no es claro. La ciencia es una actividad humana, hecha por humanos que se equivocan, que mienten, con temores y con deseos. El proceso de verificación que lleva cada afirmación que hace, es la razón por la que llega a afirmaciones que describen de manera adecuada el mundo, cuestionada

.....
140. De Morales Scalfi, G. A., & De Oliveira, M. M. (2015). Cine y Ciencia: Un Análisis de los Estereotipos Presentes en la Película Infantil *Frankenweenie*, de Tim Burton (Cine and Science: An Analysis of Stereotypes Present in the Children's Film *Frankenweenie*, of Tim Burton). *ALEXANDRIA Revista de Educação Em Ciência e Tecnologia*, 8(2), 183-197.

141. Tan, A. L., Jocz, J. A., & Zhai, J. (2017). Spiderman and science: How students' perceptions of scientists are shaped by popular media. *Public Understanding of Science*, 26(5), 520-530. <https://doi.org/10.1177/0963662515615086>

por los pares y a veces revisada en cada detalle tratando de encontrar los errores que pudieran desbaratar las afirmaciones.

Cristina Simarro¹⁴² dice que la actitud hacia la ciencia se encuentra ya definida alrededor de los 14 años. Más aún, nos describe varios factores que promueven la vocación científica en los niños.

Una condición necesaria, pero no suficiente, indica Simarro, es que el niño se sienta atraído por las disciplinas de la escuela que estén relacionadas con STEM. Claro, si ya de por sí le gustan las ciencias no sería raro que se dedique a alguna de ellas. Pero esto no es suficiente precisamente porque este interés va decayendo a partir de los diez años para definirse completamente a los 14 en un sentido u otro, debido, precisamente, a la forma en cómo vive actividades científicas en la escuela.

Otro factor es la percepción pública de la ciencia. Son importantes en este sentido las figuras que representan a la ciencia para el niño. Pero no solo es importante tener modelos de científicos que motiven al niño, sino que el niño sienta que puede llegar a estar a la altura del modelo. Creer en sí lo suficiente como para obtener los resultados deseados se denomina *autoeficacia*. Un niño con mayor autoeficacia tiene mayores probabilidades de definir una amplia gama de opciones de futuro profesional. Por ejemplo, pensar que estás destinado a ser médico porque tu padre y abuelo lo fueron es tener poca autoeficacia. Pero salir de una familia que no tiene estudios y lograr una carrera universitaria muestra un alto nivel de esta característica.

También la percepción que se tiene de sí mismo puede ayudar a que el niño se permita verse como científico, pues los individuos optan por una carrera que va con su personalidad: *“La satisfacción con el puesto de trabajo elegido depende de cómo los intereses, habilidades, competencias y valores del individuo encajen con las actividades, tareas y responsabilidades*

.....
142. El fomento del interés por la educación científica entre los jóvenes: por un futuro mejor para los ciudadanos de mañana en Cosmo Caixa. (2015). *Estudio sobre vocaciones científicas*. Barcelona.

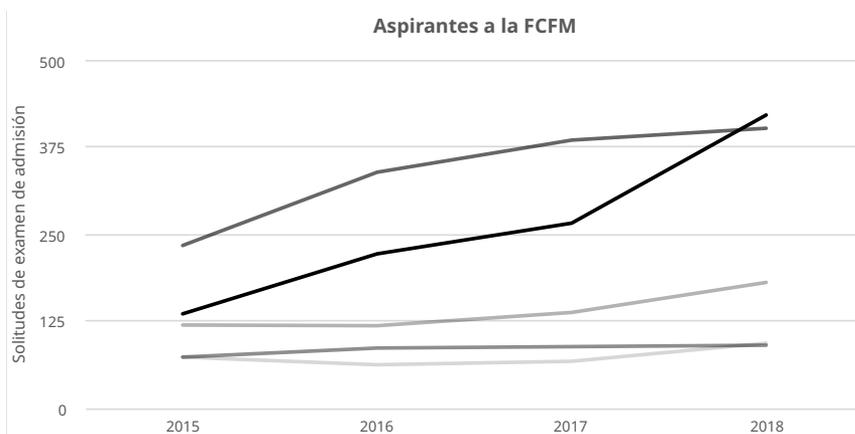
a desarrollar en el puesto de trabajo”, dice Simarro. Este factor nos presenta la necesidad de una mayor difusión de lo que hacen los científicos: en el laboratorio, en la oficina, en el campo, en los congresos, en la vida cotidiana.

El entorno social también es importante. Éste se vive a través de lo que dicen los padres, los profesores y los compañeros y amigos, y, sobre todo, como ya dijimos, los medios.

Por ejemplo, en la Gráfica 5 se muestran las solicitudes de examen de admisión a las carreras de la Facultad de Físico Matemáticas de la BUAP. Es notorio que si bien Actuaría siempre ha sido una carrera con alta demanda, Física fue subiendo en solicitudes desde el 2015, hasta superarla en el 2018. A reserva de un estudio detallado, las personas a las que les he mostrado la gráfica coinciden conmigo en una hipótesis: Así como la serie *Cosmos* de Carl Sagan motivó a muchos de nosotros a abrazar carreras científicas, la serie *The Big Bang Theory* (iniciada en 2007) podría estar dando sentido a las vocaciones hacia la Física de estos chicos. Esto contrasta con la carrera de Matemáticas, que tiene un comportamiento moderado.

GRÁFICA 5. CANTIDAD DE ASPIRANTES A LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS (FCFM). FUENTE: DIRECCIÓN DE LA FCFM (<https://www.fcfm.buap.mx/nosotros/autoridades/direccion>). ELABORACIÓN PROPIA.

	2015	2016	2017	2018
Actuaría	234	339	385	402
Matemáticas	74	87	89	91
Matemáticas aplicadas	74	63	68	94
Física	136	222	266	421
Física Aplicada	120	119	138	181



CÓMO SE GENERA EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN EL NIÑO

Desde la perspectiva biológica, Piaget¹⁴³ definió la *epistemología genética*, es decir, la investigación de las capacidades cognitivas y la génesis del pensamiento en el ser humano, aceptando que dicha génesis es apoyada mediante estímulos socioculturales.

Propone dos mecanismos básicos, la asimilación y el acomodamiento. Con el primero se puede usar lo que se conoce para explorar lo nuevo, y el segundo permite aceptar lo nuevo y modificar la estructura previa con este conocimiento. Con ellos, Piaget sustenta que se logran niveles de equilibrio en ciertas etapas del desarrollo cognitivo del niño. Estas etapas nos interesan pues nos dan luz acerca de cómo el niño aprende. Dichas etapas están enmarcadas en intervalos de la edad del niño en las que se pueden presentar y son:

Etapa **Sensorio-Motora** (0 a 2 años): Desde el nacimiento hasta la adquisición del lenguaje. Al inicio observan reflejos y acciones instintivas

.....
143. Mercadillo Caballero, R. E. (2012). ¿Todo es reducible a la ciencia? Ciencia y paz / Cerebro y cultura. *Ludus Vitalis*, xx (38), 67-98.

como la nutrición y algunas emociones básicas. Más adelante se definen relaciones afectivas elementales, percepciones organizadas y los esquemas sensoriales y motores que permiten la comprensión de desplazamiento espacial y la causalidad del movimiento. El niño explora el mundo llevándose las cosas a la boca.

Pre-operacional (2 a 7 años): Se observa la inteligencia intuitiva, y maneja símbolos en los juegos. Es egocéntrico (no entiende una perspectiva distinta de la suya), es capaz de recordar y representar objetos en imágenes sin tenerlos enfrente. Es la etapa del ¿por qué?, pregunta que el niño hace en todo momento para tratar de entender el mundo.

Operaciones concretas (7 a 11 años): Se desarrolla el uso adecuado de la lógica, los sentimientos morales y de cooperación. Puede pensar a futuro, proponer hipótesis y usa el razonamiento inductivo. Puede resolver problemas aplicados a objetos reales y eventos o conceptos no abstractos.

Operaciones formales (11 a 15 o 20 años): Puede realizar operaciones intelectuales abstractas de tipo científico, usando razonamiento hipotético-deductivo al obtener deducciones lógicas de conceptos abstractos.

Es posible que una persona no desarrolle completamente la última etapa, por eso llega a pedir que se le expliquen conceptos abstractos “con peras y manzanas”.

Anteriormente hemos esbozado al pensamiento científico, pero Vázquez-Alonso y Manassero-Mas¹⁴⁴ han reunido aspectos y destrezas del mismo, como se muestra en la Tabla 8.

.....
144. Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.

TABLA 8. DESARROLLO DE LOS ASPECTOS DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y SUS DESTREZAS ESPECÍFICAS ASOCIADA, ELABORADA A PARTIR DE LAS CITAS SOBRE ESTE TEMA. FUENTE: VÁZQUEZ-ALONSO Y MANASSERO-MAS (2018).

Aspectos	Destrezas asociadas al pensamiento científico
Observar con sentidos.	Observar, recoger datos, recopilar información, describir e historiar.
Categorizar lo observado	Definir supuestos, conceptos y problemas, clasificar, organizar, ordenar, analizar, comparar y contrastar.
Reconocer patrones en objetos y sucesos.	Identificar datos probatorios, cuantificar medidas, descubrir regularidades, sintetizar y generalizar empíricamente.
Crear y comprobar hipótesis.	Formular preguntas, identificar problemas y supuestos, formular hipótesis, planificar y desarrollar investigaciones, aplicar análisis estadísticos, usar adecuadamente la tecnología, aplicar pensamiento matemático y computacional.
Pensar en causas y efectos.	Controlar efectos de múltiples variables, atribuir causalidad, usar la lógica, dar interpretaciones válidas y fiables, resaltar datos sorprendentes o contradictorios y plantear problemas prácticos.
Apoyar eficazmente la teoría con pruebas.	Emitir juicios críticos, sacar conclusiones, aceptar y rechazar teorías, utilizar pruebas, justificar y validar conocimientos, argumentar, sugerir solución o comparación, construir explicaciones y teorías coherentes.

Visualizar el pensamiento científico.	Crear e imaginar investigaciones y experimentos, simular modelos y datos en figuras, diagramas y gráficos, construir tablas, desarrollar tecnologías, afrontar necesidades y problemas sociales e informar políticas científicas.
Ser consciente y controlar el pensamiento propio (meta-procesos).	Pensar correctamente, tener una actitud escéptica, mostrar apertura de mente, desafiar el conocimiento con alternativas, evaluar suposiciones, predecir, buscar con creatividad e imaginación nuevas ideas y conocimientos.
Usar metáforas y analogías.	Crear modelos, analogías y teorías, resolver problemas, buscar bases para el conocimiento, replicar teorías, modelos y conocimientos.

Estos mismos autores citan a Kuhn, para mostrar las etapas de desarrollo de conciencia epistemológica: **pre-absolutista o realista**: El conocimiento es una copia de la realidad externa (hasta los 4 años); **absolutistas o positivistas**: Los hechos son siempre correctos o incorrectos (niñez); **multiplistas o relativistas**: Todas las opiniones son igualmente válidas (adolescencia); **evaluativistas**: Los juicios son susceptibles de ser evaluados según criterios (adultos).

Otra vez se nos acota: No siempre los adultos llegan al nivel superior de ser evaluativistas, y eso depende del campo de conocimiento.

En una discusión seria, ni los positivistas ni los relativistas entrarían a debate por no tener sentido para ellos (unos por tener la verdad absoluta, otros por no encontrar diferencias entre los argumentos). Así que el nivel evaluativista sería el deseable para el pensamiento científico.

Con los elementos anteriores podemos comprender los momentos en los que ciertos conceptos y actividades impactarán en el niño, valorando lo que se hace para trabajar con los niños en promover el pensamiento científico.

INVESTIGACIONES CON NIÑOS

Si bien Piaget asegura que el niño desarrolla ciertos conceptos aun sin haber ido a la escuela, estudios como el de Aragón y colaboradores¹⁴⁵ reconocen que la alfabetización científica: “*Se inicia y afianza desde los primeros años de la escolarización, condicionando así su desarrollo futuro en una persona*”.

Las fuentes que ellos consultaron indicaban que los niños de 4 años ya pueden tomar decisiones basadas en evidencias, aunque evaluar hipótesis no es posible hasta la adolescencia, confirmando lo que dicen Piaget y Kuhn.

Suponiendo lo anterior generaron talleres de ciencias para niños de 4 a 5 años con la premisa: “se recomienda comenzar fomentando la curiosidad de los niños por fenómenos naturales que sean fácilmente perceptibles e investigables en su entorno más inmediato”. Los resultados fueron positivos, sobre todo en aquellos talleres donde el niño podía interactuar más, como el de la niebla, en donde manipulaban agua. Cabe observar que, si bien la

.....
145. Aragón Nuñez, L., Jiménez Tenorio, N., Eugenio Gozalbo, M., & Martorell, J. J. V. (2016). Acercar la ciencia a la etapa de infantil: experiencias educativas en torno a talleres desde el Grado de Maestro en Educación Infantil. *Revista Iberoamericana de Educación*, 72, 105–128.

actividad realizada se hizo en la escuela, el diseño de taller de ciencia implica una actividad en un contexto de aprendizaje no formal.

Formular hipótesis es uno de los elementos importantes en el pensamiento científico, por lo que verificar el supuesto de Aragón mencionado anteriormente, se puede ver en el trabajo de Collantes y Escobar¹⁴⁶, el cual explora la generación de hipótesis en niños de 4 a 8 años. Los hallazgos son que los niños pueden generarlas con distintos grados de profundidad, que van desde la hipótesis perceptiva (ligada directamente a los sentidos) en los chicos de 4 años, hasta otras más elaboradas en los de 7-8 años. Los tipos de hipótesis que se manejan en este estudio y se hallan en el niño son: Hipótesis perceptivas, alternas, científicas, de conocimiento previo, de desplazamiento, de relación, de relación compuesta, de conexión y de causalidad.

Los resultados de este estudio son también positivos:

“Es posible que el niño construya hipótesis relevantes, coherentes y aplicables a distintas temáticas y ambientes diversos para resolver problemas desde lo académico hasta la vida diaria; de igual forma, el educador puede evaluar dichas estrategias para aplicarlas a diversas áreas como las ciencias, las matemáticas y otras donde lo considere relevante”. Lo cual rompe el supuesto de que la hipótesis científica solo se puede desarrollar en la adolescencia y nos invita a diseñar actividades donde se pueda buscarlas desde los 7 años, ya que: “Los niños ubicados en ella (presentan) la capacidad para la solución de problemas, que radica en el conocimiento previo, creativo y complejo. Sus explicaciones son más elaboradas, con una justificación clara y conclusiones lógicas con relación al problema”.

En ese sentido no extraña el resultado de la experiencia siguiente.
Un ejemplo muy difundido de cómo se hace la ciencia, y cómo se hace

.....
146. Collantes de Laverde, B. I., & Escobar Melo, H. A. (2016). Desarrollo de la hipótesis como herramienta del pensamiento científico en contextos de aprendizaje en niños y niñas entre cuatro y ocho años de edad. *Psicogente*, 19(35), 77-97.

con niños, se puede ver en la charla TED de Beau Lotto y Amy O'Toole¹⁴⁷, *Science is for everyone, kids included*. Ahí muestra como guía a un grupo de niños de primaria para realizar una observación en un contexto de investigación científica: los niños se plantean una pregunta acerca de las abejas, diseñan un experimento, hacen las observaciones del experimento, realizan operaciones estadísticas sencillas y generan una explicación (a partir de ciertas hipótesis) y la comparten por medio de un artículo¹⁴⁸.

Dejando de lado la crítica al modo en como el artículo se logra publicar¹⁴⁹, lo que se puede ver en este ejemplo son los aspectos de la tabla 2 abordados en la actividad, así como la convergencia de actores y de acciones para lograr una actividad científica. Los actores evidentes son los niños y el científico (neurocientífico, de hecho); sin embargo, en la plática se menciona poco al maestro de los niños, que seguramente estaba ahí cuidándolos y generando las condiciones en el aula para que se realizara la actividad. Y esta es la primera acción: la apertura de la escuela y el profesor para realizar una experiencia distinta a las que generalmente se dan en el aula. Otra es la experiencia misma y, después, la escritura y la búsqueda de la publicación.

.....
147. Lotto, B. (2012). Science is for everyone, kids included. [online] Ted.com. Disponible en: https://www.ted.com/talks/beau_lotto_amy_o_toole_science_is_for_everyone_kids_included#t-260704 [Consultado el 12 Jul. 2019].

148. Blackawton, P. S., Airzee, S., Allen, A., & Baker, S. (2010). Blackawton bees. *Biology Letters*, (December 2010), 168-172. De <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsbl.2010.1056>

149. Sulikowski, D. (2010). Blackawton bees: Charming purity or dangerous publicity stunt de <https://www.comparativecognition.com/apps/blog/show/5670250-blackawton-bees-charming-purity-or-dangerous-publicity-stunt->

¿Hay leyes sobre esto?

En el Diario Oficial de la Federación¹⁵⁰, en lo que corresponde al artículo 3° se lee:

Los planes y programas de estudio tendrán perspectiva de género y una orientación integral, por lo que se incluirá el conocimiento de las ciencias y humanidades: La enseñanza de las matemáticas, la lecto-escritura, la literacidad, la historia, la geografía, el civismo, la filosofía, la tecnología, la innovación, las lenguas indígenas de nuestro país, las lenguas extranjeras, la educación física, el deporte, las artes, en especial la música, la promoción de estilos de vida saludables, la educación sexual y reproductiva y el cuidado al medio ambiente, entre otras.

Dicen que México es uno de los países con la constitución más bella, pero que menos se cumple. Espero que no sea así. Este decreto indica que: “El Congreso de la Unión deberá expedir las Leyes Generales en materia de Educación Superior y de Ciencia, Tecnología e Innovación a más tardar en el año 2020”. Es decir, los cambios deberán aplicarse rápidamente.

Me gusta ser optimista y espero que esto logre los elementos para que la así llamada Nueva Escuela Mexicana (NEM) sea mejor que las reformas educativas planteadas anteriormente, cuya crítica principal era que estaba enfocada más a un ámbito laboral que al proceso educativo¹⁵¹. Es por esto que me enfoco más a los ambientes informales y no formales para este análisis y las propuestas.

.....
150. DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 3o., 31 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia educativa. (15/05/2019). México: Diario Oficial de la Federación.

151. Alaníz Hernández, C. (2018). La docencia en el nivel básico en México: de la profesionalización a la Precarización. *Apuntes Universitarios*, 8(2). <https://doi.org/10.17162/au.v8i2.193>

Cabe mencionar que también en el artículo tercero se agrega:

“Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura.”

Lo cual hace eco de uno de los derechos fundamentales del hombre declarados por la ONU: La ciencia es uno de los derechos humanos establecidos desde 1948, y reafirmado en 1975¹⁵².

Así que nuestro derecho a la ciencia está amparado por las leyes nacionales e internacionales y lo que busca es claro: hombres y mujeres con una preparación integral y humanista que permita hacer frente a los problemas de la actualidad. Como ciudadanos debemos hacer valer este derecho.

La experiencia del Hiper cubo

Desde el 2001 comencé a realizar actividades de divulgación de ciencia y tecnología acompañado de estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, conformando un grupo dedicado a la divulgación de la ciencia y la tecnología llamado Hiper cubo. Esta experiencia me ha permitido ver directamente cómo es la reacción de la gente a las propuestas de Ciencia y Tecnología.

.....
152. <https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/ScientificAndTechnologicalProgress.aspx>

Por ejemplo, en 2019 tuvimos la xv edición del **Cocotrón**¹⁵³, un concurso donde pedimos a los participantes que construyan robots y los caractericen como personajes de leyendas mexicanas de día de muertos. A este evento van familias completas para disfrutar de los animatrónicos. La reacción de los niños va del susto de los más pequeños, a la sorpresa de los niños más grandes y adultos al ver que en su propia ciudad pueden apreciar aparatos como los que se usan en las películas.

Esta actividad se ha conservado por tanto tiempo porque es un entorno informal de aprendizaje enriquecedor: los estudiantes de la facultad aplican lo aprendido en el diseño y construcción del robot y aprenden algo nuevo en la búsqueda de la leyenda por realizar y el aprendizaje de técnicas de artes plásticas necesarias para caracterizarla; debido a que los equipos participantes deben poner visiblemente el proceso de construcción y los elementos que forman su robot, los visitantes se enteran de lo que es un robot y cómo se construye; los mismos organizadores hemos aprendido a mostrar de manera acertada la convocatoria, a diseñar de manera adecuada el flujo de las personas en el espacio, a organizar a los jurados.

El grado de interés que puede provocar un tema de STEM se evidenció cuando participamos en la organización de **Roboteando 2014**, actividad con la cual se buscaba romper un récord Guinness¹⁵⁴. Esta consistía en reunir a cuatro mil niños para que armaran un robot, y el récord era establecer el mayor número de robots controlados por un único tono de celular. Para hacer las cosas más difíciles se establecieron dos sedes: una en Ciudad de México, otra en Puebla.

En un par de días el registro para la sede en el entonces D.F. ya se había saturado, por lo que las personas de esa ciudad y los alrededores empezaron a registrarse en Puebla.

.....
153. En 2019 la cita fue el 26 de octubre en Ciudad Universitaria. Se pueden ver convocatorias e imágenes del evento en: <https://hiperc.wordpress.com/tag/cocotron/>

154. <https://www.e-consulta.com/nota/2014-11-05/universidades/certifica-record-guinness-la-buap-por-roboteando-2014>

El sábado por la mañana teníamos casi dos mil niños y sus correspondientes familias en el Jardín del Ajedrez. A las 9 empezaron a armar el robot, se hizo una prueba general a las 10. A las 12 me llegó la llamada desde el Museo de Ciencias de la UNAM, todos callaron para que por el sonido del parque se pudieran escuchar los tonos que harían que el robot se activara, luego se moviera en un sentido y después en el otro. Los jueces verificaron el hecho y enviaban sus actas al representante de Guinness que se encontraba en la Ciudad de México. El grito de júbilo se escuchó por todos los participantes cuando nos confirmaban que habíamos establecido el récord. Los niños se iban con su robot para abrazarse con su familia, y mientras ellos salían sonrientes del parque, los organizadores nos sentábamos a descansar un poco, satisfechos por el éxito después de meses de preparación.

¿Es posible reunir tantas personas para participar de manera voluntaria en un evento que no sea deportivo?

La respuesta es positiva ya que también participamos en la organización del **Reto México**, el cual rompía el récord de mayor número de telescopios apuntando a un astro. Participamos en el 2011¹⁵⁵ y el 2013¹⁵⁶, organizando el flujo de la gente, el acceso a los telescopios y atendiendo a los “telescopieros”, la gente que manejaba los telescopios. Éramos parte de un equipo mucho mayor, ya que el evento se realizaba simultáneamente en varios de los estados de la república.

Todavía con más personas y posiblemente mayor difusión es la **Noche de las estrellas**. Nuevamente participamos como organizadores desde el 2011. Esta actividad también tiene telescopios, el gran atractivo, pero mientras la gente espera su turno para entrar a observar el cielo puede disfrutar de distintas actividades que a modo de una feria se realizan en los locales. En 2018, tan solo en la sede de Ciudad Universitaria de Puebla atendimos

.....

155. <http://statuspuebla.com.mx/2011/11/23/se-une-buap-al-reto-mexico-2011/>

156. http://www.arpa.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/buap_se_une_al_reto_mexico_2013_1916

más de diez mil personas. Ahí se puede apreciar que todas las disciplinas son interesantes por igual para la gente, ya que hay experimentos de química o física, conferencias de matemáticas o exhibiciones de robótica, y en cada una de ellas hay público participando, moviendo los controles, preguntando y sonriendo.

Pero nuestra labor ha sido más directa, ya que desde el inicio hemos realizado talleres de ciencia y tecnología dirigidos principalmente para niños, pero también hemos diseñado talleres para todas las edades conforme nos han invitado a distintos escenarios.

Con preescolar hemos verificado la falta de motricidad fina, que se resuelve con el apoyo de los padres o los profesores, y también hemos visto la exuberancia de los niños, su interés y sobre todo su curiosidad por todo aquello que se mueve. Es curioso saber que prefieren los dinosaurios a los robots, por ejemplo.

Los niños de primaria pueden soldar, y pueden hacer operaciones matemáticas que permiten reflexionar sobre las compras diarias o la razón de las formas de las cosas, así como hacer circuitos simples para sus juguetes. Y les gusta pensar que se pueden lograr sociedades justas, cuando reflexionan acerca del robot y la humanidad.

Los chicos de secundaria aman u odian a la ciencia, lo que tenga matemáticas, pero son atraídos por un buen argumento lógico, la historia de vida de un científico, un hecho extraordinario de la naturaleza, los misterios del universo y las proezas tecnológicas.

Para estas edades de educación básica hemos enfatizado talleres con enfoque de género, como el de *STEM Girls*, donde les mostramos a las niñas que también ellas pueden ser científicas o ingenieras.

En el bachillerato mostramos la seriedad de los procesos científicos y tecnológicos para que sus vocaciones se definan. Programan un robot, calculan una trayectoria, proyectan lo que ocurrirá con un fenómeno, o simplemente están enamorados y acompañan a su interés romántico en el taller de ciencias.

En los talleres con los profesores¹⁵⁷ ponemos mayor cuidado: erradicar mitos, mostrar bondades de la ciencia, y convencerlos de que la ciencia se hace todos los días, que no es un todo cerrado y terminado, es uno de los objetivos. Generar redes, colaboración y, sobre todo, esperanza, son retos con ellos. En líneas anteriores hablábamos de la precaria formación en ciencia de los profesores, pero al estar en contacto con ellos nos enteramos de la cantidad de procedimientos burocráticos que les piden, y que van matando su creatividad o ilusión para generar una práctica docente distinta.

Para los estudiantes de licenciatura y adultos en general he impartido últimamente un taller llamado **Escribir para divulgar**¹⁵⁸, donde busco que los participantes reflexionen sobre la información acerca de la ciencia que les llega cotidianamente, y generen reflexiones acerca de las *fake news*, la pseudociencia y la ciencia que se hace en nuestro país. Promover la escritura de productos de comunicación de la ciencia es el objetivo que se logra con artículos publicados en blogs y revistas de divulgación.

.....
157. <https://www.inaoep.mx/noticias/?noticia=692&anio=2019&fbclid=IwAR0hLyBRC7dYy-Ifs-4OYERG146kdfMOGBVlxoyXUgZl2aihk6pkreDkLxA>

158. Aquí lo describo un poco más: <https://icup.buap.mx/sites/default/files/revista/2018/02/05%20-%20Escribir%20para%20divulgar.pdf>

LO QUE PODEMOS HACER

Por lo que hemos expuesto hasta aquí, podemos estar seguros de que es posible generar el pensamiento científico en el niño. Y podemos definir propuestas para que se vea atendido desde la escuela y los contextos de aprendizaje informal y no formal. Van algunas.

Capacitación

La enseñanza de la ciencia requiere introducir al estudiante en las ideas y prácticas de la comunidad científica y trabajar para que los estudiantes se apropien de estas ideas, o para que puedan internalizar el discurso científico, por lo que implica crear una cultura científica en los estudiantes. Para esto no es suficiente enseñar fórmulas, ya que los métodos deben correlacionar esta teoría con hechos cotidianos, instigar curiosidad, traer modelos y prácticas al entorno educativo. Los estudiantes aprenden de manera más eficiente cuando experimentan y crean su visión de lo que se

está aprendiendo. Por lo tanto, es necesario acceder a las herramientas y métodos de enseñanza para poner en práctica dicho enfoque¹⁵⁹.

A los profesores se les exige que cumplan con lo regulado, pero no siempre tienen las condiciones necesarias. Por ejemplo, tenemos información de que se plantearon clubes para lograr ciertas competencias y saberes esperados. Sin embargo, éstos no se le ofrecían al profesor que quisiera impartirlos, sino al que no tenía grupos por atender. Luego entonces escogían o proponían aquello de lo que podían abordar: cocina, reciclaje de papel, bordado, los cuales no siempre estaban contemplados en el catálogo de clubes. En la NEM¹⁶⁰ se tiene la opción de seguir con los clubes o revivir los talleres. En ambos casos la actualización docente es necesaria.

Creo que es importante darle al profesor con vocación las condiciones para generar estos ambientes no formales de aprendizaje que se pueden formar en los clubes. Por parte de sus directivos deben tener los permisos y los espacios, pero por parte de la comunidad científica, y de las autoridades relacionadas con la misma, la oferta de capacitación.

En mi caso he generado propuestas de investigación que han incidido en la comunidad docente. Mis dos alumnos de doctorado están generando talleres para mejora o cambio. Una de ellas muestra cómo mejorar la competencia literaria¹⁶¹, y con ello el amor por la lectura. Cabe resaltar que la relación de la escuela con la investigadora motivó a tener un espacio para la biblioteca que antes no estaba contemplado. Por otro lado, propusimos

.....
159. Carvalho, D. G., & Lins, W. C. B. (2016). LabDuino: An open source tool for science education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2016-Novem*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757360>

160. Jaime Uchiha. Soy Docente: TALLERES Y CLUBES, CICLO ESCOLAR 2019-2020. <https://youtu.be/Tg0rYYJgDu0>

161. Leyva Loría, E. D., Mocenchua Mora, D., & Guerrero García, J. (2019). El club de lectura como ejemplo de trabajo colaborativo entre la universidad y un centro escolar. *RD- ICUAP*, 5(1). De <http://www.icuap.buap.mx/sites/default/files/revista/2019/01/06-ClubLectura.pdf>

un taller que integra la cultura Maker¹⁶² y actividades STEM por medio de robótica educativa, con la intención de lograr un cambio y posible mejora de la actividad docente, y del contexto formal de aprendizaje que les ofrece a sus alumnos.

Por estas y otras experiencias creo que se puede generar una convocatoria para buscar este tipo de investigaciones que puedan dar lugar a un catálogo de capacitación para profesores que les permita impartir los clubes con mejor preparación. Es importante que estos diseños estén avalados por investigaciones para que puedan aportar a los saberes esperados por SEP, a las competencias que el niño debe desarrollar y al desarrollo del pensamiento científico que buscan los investigadores.

Espacios

En el verano de 2019 el CONCYTEP ofreció talleres sobre uso de telescopios. El primero llenó su cupo en menos de 24 horas una vez que se publicó la convocatoria. Lo interesante de esta actividad es que utilizó un espacio que no se concibe como para una actividad científica: una cancha de básquet.

Esto nos muestra una de las ideas fundamentales detrás de los *Maker Spaces*: lo relevante es saber lo que puedes hacer con el espacio que tienes para poder definir actividades ahí.

Un *maker space* es un sitio en donde la gente va principalmente a crear algo. A veces tiene máquinas como impresoras 3D o taladros de banco y sierras, pero lo más significativo es tener personas ideando, construyendo cosas y compartiendo herramientas.

.....
162. Domínguez-González, M.-S., Mocencagua-Mora, D., & Cuevas-Salazar, O. (2018). Taller docente Maker para la enseñanza de ciencia y tecnología en la educación secundaria. In *Innovación, Tecnología y Liderazgo en los Entornos Educativos* (pp. 169-179). Humboldt International University.

Esto es importante porque no ha faltado quien genere un mercado con las propuestas pedagógicas¹⁶³. Por ejemplo, el uso de Logo para aprender matemáticas por Papert dio lugar al diseño de un kit de robótica por parte de LEGO. Sin embargo, el abuso del kit y sus instrucciones a veces deja de lado al profesor como mediador del aprendizaje y pone al frente la receta que viene en el mismo, dejando una idea errónea de que la robótica educativa solo es posible si se tienen fuertes inversiones en esos kits. Algo parecido ha ocurrido con los *maker spaces* y las impresoras 3D.

Para saber de más de ellos, se puede generar un catálogo de *maker spaces*, y de ellos rescatar sus experiencias, el *Know how*, a fin de generar capacitaciones para que la gente que quiera hacer un *maker space* tenga elementos con los cuales realizarlo. Cabe aclarar que se pueden hacer este tipo de espacios en salones de clase y en bibliotecas, pero puede ser en cualquier sitio.

Asimismo, propongo promover recursos para apoyar a aquellos espacios emergentes que, en sitios públicos y con escasos recursos, apoyen a su entorno en la divulgación de la ciencia, sobre todo en el interior del estado¹⁶⁴. Los recursos pueden ir desde difundir sus actividades hasta apoyar con infraestructura o material.

Actividades

Como he comentado más arriba, las actividades de ciencia y tecnología son bien recibidas por el público. Ninguna vez he cerrado un taller por falta de asistentes y los eventos masivos como Noche de estrellas o Cocotrón siempre tienen buen público.

163. O que sugiera que su principal motivación, junto con STEM, es generar mano de obra calificada.

164. Un ejemplo de este tipo de trabajo es el de CurioCiencias en Chignahuapan <https://www.facebook.com/CurioCienciasDivulgacion>

Los talleres de ciencia y tecnología son bien recibidos por la gente, pero debemos estudiar su funcionamiento y diseño para impactar de manera adecuada al público meta. Propongo que continúen las actividades de capacitación los talleristas, para que puedan diseñar de manera atractiva, novedosa y entretenida sus talleres. Pero la propuesta es que sean más difundidos y que tengan más lugares, sedes o grupos.

Me parece muy importante que, dentro de lo posible, se muestren científicos en su ambiente. Ya sea con visitas a los laboratorios y talleres, o por lo menos que los investigadores vayan a las actividades. En el caso del taller de STEM Girls invitamos a científicas e ingenieras a platicar cómo fue su formación hasta llegar a su lugar en el presente. Esto permitirá mostrar a los niños la realidad de un científico, que no siempre es bien reflejada en el imaginario público y que actualmente ha sido poco apreciada.

Aquí vale la pena entender que los talleres se pueden ver como comunicación directa de la ciencia, y que uno de los elementos de la comunicación pública de la ciencia, divulgación de la ciencia, decían antes, es que la asistencia es voluntaria. Es decir, es un contexto informal de aprendizaje, donde la persona va por su voluntad y no espera ser evaluada.

Un taller debe generar un producto por parte de los asistentes, que además se lleven a su casa: desde un recortable que le muestra algún objeto científico, hasta un robot, una prenda o un boceto de proyecto. Una exhibición muestra un proceso y debe acompañarse de una explicación, de la manera más atractiva posible, con un chiste inclusive, y debe dejar claro qué ocurrió. Las conferencias y charlas se ven ahora completadas por cafés científicos¹⁶⁵ en la ciudad y otras localidades.

Es interesante tener una relación completa de lo que se está haciendo en actividades de divulgación de la ciencia porque la mayoría está diseñada para niños y jóvenes, siendo la divulgación para el adulto un nicho de opor-

.....
165. <http://radiobuap.com/2018/05/vamos-por-un-cafe-cientifico/>

tunidad. Una vez colectada esta lista se debe publicar en una agenda que la población en general pueda aprovechar.

Las ferias de ciencias de las escuelas no siempre son de ciencias: lo que los alumnos están haciendo es copiar lo que ven en internet, sin hacer un cambio, una mejora o un rediseño. He visto miles de veces el brazo robot con jeringas, por ejemplo. Como jurado de este tipo de ferias he visto a los pobres alumnos con toda la responsabilidad sin recibir apoyo de sus profesores o de alumnos. Aquí propongo definir un modelo¹⁶⁶ que muestre las responsabilidades de directivos, profesores y estudiantes para presentar un proyecto, mejorando la feria misma y aspirando a presentarse en ferias internacionales.

Una red

En el estado de Puebla existe una red emergente, no formalizada y no institucionalizada, de divulgadores de ciencia y tecnología que colaboran de manera desinteresada: comparten espacios, intercambian talleres y actividades, y se apoyan en eventos generalmente sin paga o retribución. Gracias a estas colaboraciones se han realizado eventos como los mencionados arriba y muchos otros como la Feria de Matemáticas en Atlixco.

Es importante mantener y hacer crecer esta red, por lo que realizar actividades como foros y convivios que permitan afianzar las alianzas y lazos personales, es importante y necesario. También es importante ofrecer recursos. Aunque son bien recibidos si son económicos, a veces se necesita más bien agilizar permisos o avalar solicitudes de espacios para realizar actividades. Es bueno ser receptivo a las necesidades de cada miembro de la red.

.....
166. <http://radiobuap.com/2016/05/consejos-para-participar-en-concursos-tecnologicos/>

Medios de comunicación

Como hemos visto más arriba, los medios generan una Pedagogía Cultural, por lo que no tomarlos en cuenta es no reconocer ese contexto informal de aprendizaje que da a los niños su visión inicial de los científicos.

Aquí es importante que se hagan valer las leyes que buscan la exposición de la ciencia en los medios públicos como radio y televisión, que son todavía los principales medios a los que acceden los adultos mayores, los abuelos, o la familia en general. Pero no basta con dar una noticia, se debe comentar su importancia y cómo afecta la vida cotidiana o futura de las personas. El calentamiento global tiene negacionistas porque la gente común no tiene idea clara de lo que ocurre, aunque a nivel local sí vea los cambios de temperatura e inundaciones, como en el caso de nuestra ciudad.

Sin embargo, para los niños y jóvenes, a los que nos queremos dirigir, los medios por excelencia son digitales. Planteo cuidar mucho los programas de ciencia que hagan las instituciones y que tengan exposición en redes sociales, con video, audio e iluminación adecuados, o que sean generados explícitamente para estas plataformas. Esto permitirá entender que la institución valora la ciencia y hace un producto digno de ella.

La capacidad de respuesta en las redes sociales es una gran oportunidad para tener en tiempo real un termómetro de cómo responde el público a los temas que se tratan, por lo que aprender técnicas de *youtubers* no debería ser extraño para los comunicadores de ciencia por estos medios.

También es necesario cuidar los textos y las imágenes que se dan en las publicaciones en redes sociales. Buscar que sean adecuados y, sobre todo, verificar su veracidad y exactitud.

YA CON ESTA ME DESPIDO

Confirmamos que es posible desarrollar el pensamiento científico en el niño consultando a personajes como Piaget, investigaciones recientes y con la experiencia de años de trabajo en divulgación científica. Pero no se puede fomentar su desarrollo sin tomar en cuenta que el niño es una persona que crece en un contexto, el cual, vimos, no es el más preparado en conocimientos científicos, pero sí acepta de buena gana la ciencia y a los científicos en actividades lúdicas y de divulgación.

Propuse acciones con maestros, pero, sobre todo, propuestas en los ambientes que impactan al niño, como son los medios y los contextos no formales e informales de aprendizaje de los clubes en la escuela y los talleres de ciencia.

Hago una invitación a individuos e instituciones para acercarse a estas propuestas, hacerlas propias o mejorarlas, y actuar para mejorar nuestro contexto presente, para que los niños tengan cada vez más oportunidades de apropiarse de la ciencia. Yo colaboraré con quien desee hacerlo.

El futuro está muy cerca. Actuemos hoy en él preparando a nuestros niños. Logremos que lo hagan suyo y que sea mejor del que hoy les dejamos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Alaníz Hernández, C. (2018). La docencia en el nivel básico en México: de la profesionalización a la Precarización. *Apuntes Universitarios*, 8(2). <https://doi.org/10.17162/au.v8i2.193>

Aragón Nuñez, L., Jiménez Tenorio, N., Eugenio Gozalbo, M., & Martorell, J. J. V. (2016). Acercar la ciencia a la etapa de infantil: experiencias educativas en torno a talleres desde el Grado de Maestro en Educación Infantil. *Revista Iberoamericana de Educación*, 72, 105-128.

<https://icup.buap.mx/sites/default/files/revista/2018/02/05%20-%20Escribir%20para%20divulgar.pdf>

<https://www.inaoep.mx/noticias/?noticia=692&anio=2019&fbclid=IwAR0hLyBRCn7dYyIfs-4OYERG146kdfMOGBVlxoyXUgZl2aihk6pkreDkLxA>

<https://icup.buap.mx/sites/default/files/revista/2018/02/05%20-%20Escribir%20para%20divulgar.pdf>

Blackawton, P. S., Airzee, S., Allen, A., & Baker, S. (2010). Blackawton bees. *Biology Letters*, (December 2010), 168-172. De <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rsbl.2010.1056>

Chávez, Ó. R., Flores García, S., Valente Barrón López, J., Luna González, J., Julieta Royval Bustillos, L., & Concepción Salazar Álvarez, M. (2011). OPORTUNIDADES PARA LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN ESCUELAS PRIMARIAS: UNA PROPUESTA DE TRABAJO DIDÁCTICO-COLABORATIVO. *Cultura Científica y Tecnológica*, 8(45), 13-23.

Collantes de Laverde, B. I., & Escobar Melo, H. A. (2016). Desarrollo de la hipótesis como herramienta del pensamiento científico en contextos de aprendizaje en niños y niñas entre cuatro y ocho años de edad. *Psicogente*, 19(35), 77-97.

De Morales Scalfi, G. A., & De Oliveira, M. M. (2015). Cine y Ciencia: Un Análisis de los Estereotipos Presentes en la Película Infantil

Frankenweenie, de Tim Burton (Cine and Science: An Analysis of Stereotypes Present in the Children's Film Frankenweenie, of Tim Burton). ALEXANDRIA Revista de Educação Em Ciência e Tecnologia, 8(2), 183-197.

DECRETO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de los artículos 3o., 31 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia educativa. (15/05/2019). México: Diario Oficial de la Federación.

El fomento del interés por la educación científica entre los jóvenes: por un futuro mejor para los ciudadanos de mañana en Cosmo Caixa. (2015). *Estudio sobre vocaciones científicas*. Barcelona.

<https://hiperc.wordpress.com/tag/cocotron/>

http://www.arpa.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/buap_se_une_al_reto_mexico_2013_1916

<https://www.e-consulta.com/nota/2014-11-05/universidades/certifica-record-guinness-la-buap-por-roboteando-2014>

<https://www.inaoep.mx/noticias/?noticia=692&anio=2019&fbclid=IwAR0hLyBRCn7dYyIfs-4OYERG146kdfMOGBVlxoyXUgZl2aihk6pkre-DkLxA>

<https://www.inegi.gob.mx/programas/enpecyt/2017/default.html>

<https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>

<https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/ScientificAndTechnologicalProgress.aspx>

<https://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/ScientificAndTechnologicalProgress.aspx>

<http://radiobuap.com/2018/05/vamos-por-un-cafe-cientifico/>

<http://radiobuap.com/2016/05/consejos-para-participar-en-concursos-tecnologicos/>

<http://statuspuebla.com.mx/2011/11/23/se-une-buap-al-reto-mexico-2011/>

<https://youtu.be/g6zBmBUOMhY>

Lotto, B. (2012). Science is for everyone, kids included. [online] Ted.com. Disponible en: https://www.ted.com/talks/beau_lotto_amy_o_toole_science_is_for_everyone_kids_included#t-260704 [Consultado el 12 Jul. 2019].

Martín, R. B. (2014). Contextos de aprendizaje: formales, no formales e informales. *Ikastorratza, e-Revista de Didáctica*, (12), 1-13. De http://0-dialnet.unirioja.es.cataleg.uoc.edu/servlet/articulo?codigo=4786184&orden=1&info=link%5Cnhttp://0-dialnet.unirioja.es.cataleg.uoc.edu/servlet/extart?codigo=4786184%5Cnhttp://www.ehu.eus/ikastorratza/12_alea/contextos.pdf

Mercadillo Caballero, R. E. (2012). ¿Todo es reducible a la ciencia? *Ciencia y paz / Cerebro y cultura. Ludus Vitalis*, xx (38), 67-98.

Paráfrasis de Guillermo Tovar traduciendo la entrevista a Sagan en PT Staff (01 January 1996), "Carl Sagan, author interview", *Psychology Today*. <https://www.psychologytoday.com/intl/articles/199601/carl-sagan>

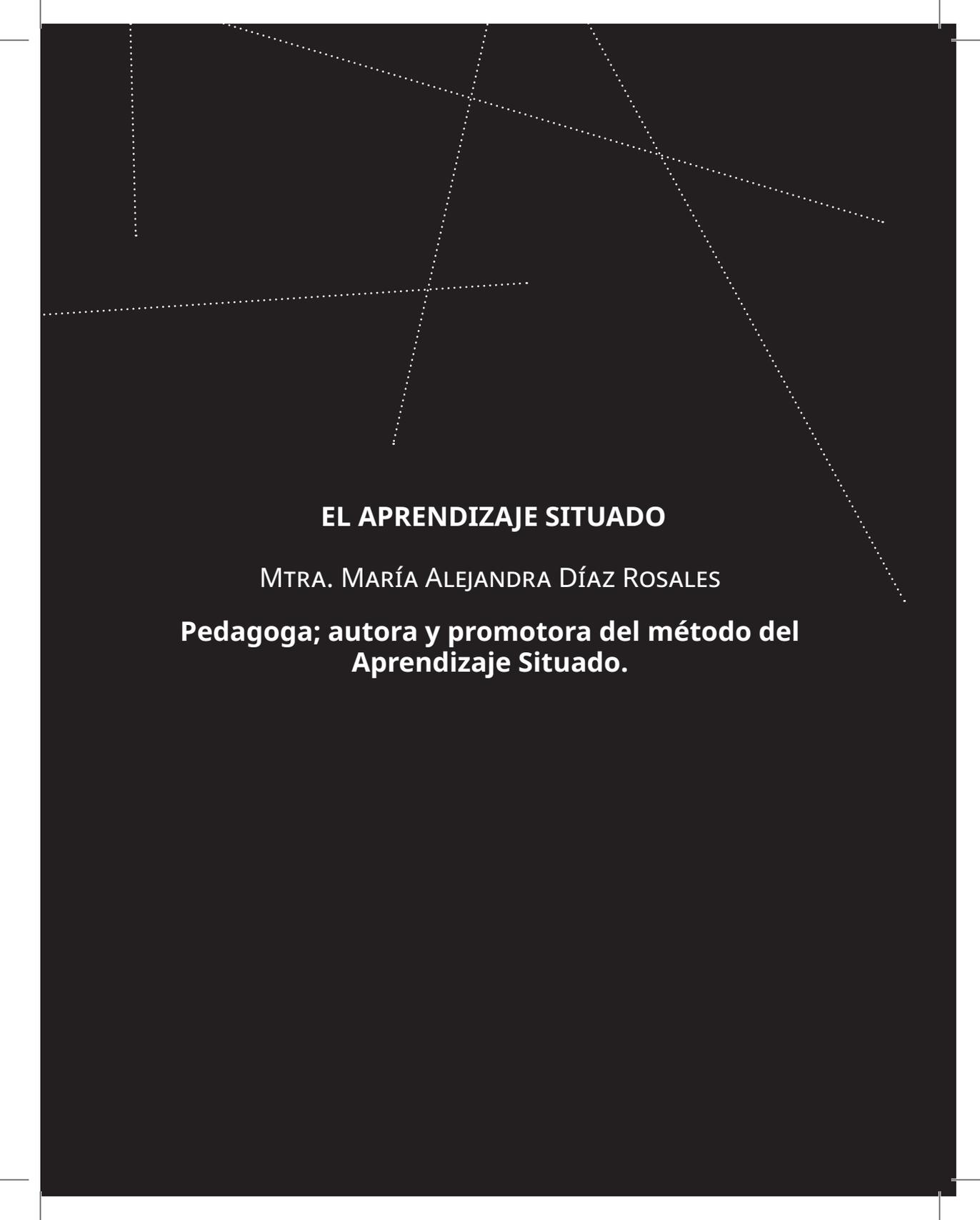
Sulikowski, D. (2010). Blackawton bees: Charming purity or dangerous publicity stunt? De <https://www.comparativecognition.com/apps/blog/show/5670250-blackawton-bees-charming-purity-or-dangerous-publicity-stunt->

Tan, A. L., Jocz, J. A., & Zhai, J. (2017). Spiderman and science: How students' perceptions of scientists are shaped by popular media. *Public Understanding of Science*, 26(5), 520-530. <https://doi.org/10.1177/0963662515615086>

Tecnología y Liderazgo en los Entornos Educativos (pp. 169-179). Humboldt International University.

Un ejemplo de este tipo de trabajo es el de CurioCiencias en Chignahuapan <https://www.facebook.com/CurioCienciasDivulgacion>

Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.



EL APRENDIZAJE SITUADO

MTRA. MARÍA ALEJANDRA DÍAZ ROSALES

**Pedagoga; autora y promotora del método del
Aprendizaje Situado.**

INTRODUCCIÓN

Nuestro tiempo, dada su condición de inmediatez y celeridad, reclama de cada sujeto social una conciencia pro-activa (pasar de la idea a la acción) que se sostenga en el ejercicio permanente del pensamiento metódico. Las condiciones de realidad que enfrenta la sociedad han requerido siempre por parte de los individuos del uso de herramientas cognitivas que favorezcan la transición del saber al hacer, o del reflexionar al participar. Las buenas ideas son un logro, pero las buenas prácticas con esas ideas son un paso necesario para afirmar la ciudadanía que este siglo XXI exige; una ciudadanía que se implique en los acontecimientos comprendiendo, denunciando y planteando nuevos horizontes; una ciudadanía que considere el dominio de información veraz y evite difundir *fake news*; ciudadanos capaces de producir argumentos certeros así como aportaciones científicas para mejorar la vida, o desarrollar iniciativas colectivas en pro del bienestar, entre otras. Esta ciudadanía se forja desde la infancia, por lo que esta etapa se constituye en una plataforma idónea para educar mentes curiosas, miradas agudas y suspicaces y un lenguaje interrogador incansable, cualidades éstas del pensamiento científico.

El presente artículo aborda la importancia que tiene el desarrollo del pensamiento y del pensamiento científico en la infancia como periodo esencial para ganar hábitos mentales que beneficien la transición cronológica a las otras etapas de la vida, donde sea factible evidenciar presencias y ciudadanías más sólidas y congruentes con las condiciones de nuestro presente. Así, también se abordan posturas de corte constructivo que amplían el panorama de un camino educativo capaz de apoyar la preparación, disposición y proyección de competencias asociadas a la ciencia; particularmente se enfatiza la ventaja del método del aprendizaje situado como alternativa pedagógica que favorece la construcción de experiencias y conocimientos que parten de la realidad y están destinados a resolver problemáticas y situaciones propias del entorno.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO

El desarrollo personal y social tiene un particular anclaje en el uso del pensamiento, así como en el uso de las intuiciones y razones que se derivan del mismo, para contar con orientaciones y referentes naturales para vivir. El pensamiento -como función humana- opera de brújula para la conducta, actúa de alerta y dispone al despliegue de habilidades para adaptarse o readaptarse al entorno; también sugiere sentidos que determinan comportamientos específicos en las personas. Siendo un proceso educable, el pensamiento se constituye en una tarea relevante para la educación formal y para el ámbito familiar; ¿qué pensar?, ¿cómo pensar? o ¿para qué pensar?, son interrogantes necesarias en las interacciones parentales y escolares, no solamente como una tendencia de cada ser humano que espontáneamente interroga, sino como una evidencia de las capacidades personales intelectivas, como lo son *cuestionar, formular, interrogar, expresar dudas, denotar conflicto*, que ocurrirán durante el crecimiento.

Pensar es una operación cognitiva propia de los seres humanos que aplicamos a situaciones reales o imaginarias y que comporta niveles de desarrollo y aplicación de estrategias simples o complejas; dicha operación

ocurre en la estructura intelectual y se hace observable en el uso del lenguaje y en los hábitos de vida o modos de ser. Las estrategias simples se asocian a la activación de los campos sensoriales (ver, tocar, oler, gustar o escuchar), mientras que las complejas están relacionadas con los estilos de asociar, comparar u organizar datos, o de hacer construcciones lingüísticas lógicas, por referir dos ejemplos. Pensar nos aporta el beneficio de procesar información, ordenarla, almacenarla y transferirla, para avanzar progresivamente en el conocimiento y comprensión de la naturaleza humana y del contexto.

El pensamiento se traduce en una apuesta para enfrentar las condiciones de la época con mayor conciencia; esta implicación sugiere que cada persona sea capaz de reconocer quién es, dónde se encuentra y hacia dónde va, así como su capacidad para aprovechar en beneficio propio y de los demás las aportaciones de la naturaleza, de la cultura y de la ciencia. Las etapas de la infancia establecerán alcances propios de su condición en la comprensión de estas dimensiones tanto micro, meso como macro sociales: familia, barrio, ciudad, nación, continente, mundo.

Los rasgos particulares de nuestra identidad están asociados también al modo como pensamos, como nos expresamos y como actuamos; además de los gestos, el carácter o la apariencia, un rasgo identitario es la forma de pensar. Estos recursos: lenguaje, pensamiento y actitudes, pueden operar en congruencia con las situaciones de la vida y del entorno; las mediaciones educativas tanto en instancias escolarizadas como familiares pueden favorecer equilibrios en la producción mental, la producción lingüística y el desarrollo de conductas específicas asociadas lógicamente a las ideas; pasar del pensamiento a la acción y a la inversa, además de ser un fórmula discursiva es un fin para la educación.

En expresión de Marcel Giry (2003:103), el pensamiento es un capital que se debe administrar y una máquina que hay que entrenar¹⁶⁷, así también es un sistema cognitivo que se puede optimizar, pues esta función es modificable y flexible. La modificabilidad está asociada a “las alteraciones capaces de ser producidas en la personalidad, en el modo de pensar y en el nivel de adaptación global del propio individuo en nivel funcional” (Orrú, S. 2003:38) que se dispone a cambios significativos, consistentes y permanentes para adaptarse a la resolución de problemas de forma duradera y continua.

“Piaget desarrolló a través de varios decenios un punto de vista radicalmente distinto y en extremo poderoso de la cognición humana. Según él, el principio de todo estudio del pensamiento humano deber ser la postulación de un individuo que trata de comprender el sentido del mundo. El individuo construye hipótesis en forma continua y con ello trata de producir conocimiento: trata de desentrañar la naturaleza de los objetos materiales en el mundo, cómo interactúan entre sí, al igual que la naturaleza de las personas en el mundo, sus motivaciones y conducta. En última instancia, debe reunir a todos en una historia sensata, una descripción coherente de la naturaleza de los mundos físico y social” (Gardner H.; 1993:50-51).

Las especulaciones naturales que surgen al interactuar en estos mundos (el físico y el social) pasan por comprensiones afiliadas a percepciones sensoriales, sensomotoras y mentales en las distintas etapas de crecimiento.

Jaramillo y Puga (2016) adaptaron la siguiente tabla, que describe las etapas del desarrollo cognitivo en la perspectiva de Jean Piaget para comprender los tiempos cronológicos de la persona según las funciones prioritarias:

En todas las etapas se conserva una actividad creativa de los sujetos, donde aunado a la observación generan hipótesis, deducciones, dudas o

.....
167. Este educador e investigador francés plantea las posibilidades de la educación cognoscitiva y del aprender a aprender adentrándose en la propia cultura y otorgando sentido al mundo desde actividades intelectuales como pensar, reflexionar, imaginar, inventar, explicar o argumentar.

Etapas	Periodo de vida	Características	Principales adquisiciones
Sensoriomotora	Del nacimiento a los 2 años	El niño/a utiliza los sentidos y las habilidades motoras para entender el mundo. El aprendizaje es activo, no hay pensamiento conceptual o reflexivo.	El niño/a aprende que un objeto todavía existe cuando no está a la vista y empieza a pensar utilizando acciones mentales.
Preoperacional	De los 2 a los 6 años	El niño/a utiliza el pensamiento simbólico, que incluye el lenguaje para entender el mundo. El pensamiento es egocéntrico y eso hace que el niño/a entienda el mundo solo desde su perspectiva. El pensamiento mágico auxilia a interiorizar la información sobre cómo funciona el mundo.	La imaginación florece y el lenguaje se convierte en un medio importante de autoexpresión y de influencia de otros.
Operacional concreta	De los 6 a los 11 años	El niño/a entiende o aplica operaciones o principios lógicos para interpretar las experiencias en forma objetiva y racional. Su pensamiento se encuentra limitado por lo que puede ver, oír, y experimentar personalmente.	Al aplicar capacidades lógicas, los niños/as aprenden a comprender los conceptos de conservación, número, clasificación, y muchas otras ideas científicas.
Operacional formal	De los 12 años hasta la vida adulta	El adolescente y adulto son capaces de pensar acerca de abstracciones y conceptos hipotéticos y razonar en forma analítica y no solo emocionalmente. Pueden incluso pensar en forma lógica ante hechos que nunca experimentaron.	La ética, la política y los temas sociales y morales se hacen más interesantes a medida que el adolescente y el adulto son capaces de desarrollar un enfoque más amplio y más teórico de la experiencia.

tanteos de respuesta que no deben ser vistos como errores, sino como un modo de acercarse al problema y a su posible solución. Las tareas relacionadas con la ciencia (como la conservación de líquidos o de la cantidad de sustancia) ponen de manifiesto rasgos de estas etapas del pensamiento infantil y el progreso, hacia la construcción del pensamiento abstracto que emerge en el tiempo de las operaciones formales.

Para Piaget (Suiza 1896 – 1980) la interacción individuo-entorno es la base del desarrollo; el niño aprende mediante la acción directa sobre el entorno y mediante el significado que da a sus acciones experimentales; esta significación se produce gracias al pensamiento; la conciencia y la comprensión que gana cada sujeto en su interacción con el entorno lo estimulan a cuestionarse sobre las características de las situaciones y también a formarse representaciones mentales claras y organizadas que el autor llamó *conceptualización*. Es propiamente la conceptualización del *hacer o actuar* lo que permite la construcción de los conocimientos. (Giry, M.; 1994:19)

Otras apuestas teóricas del siglo xx, además de la del psicólogo y biólogo Jean Piaget, perfilaron el desarrollo educativo de la época desde principios humanistas pero también cognoscitivos, es decir, desde intenciones específicas de activar el pensamiento para el desarrollo y el bien común; son a la fecha referencias destacadas y trayectos inspiradores en el campo educativo.

Cabe destacar a:

Francisco Ferrer Guardia (Barcelona, 1859–1909), quien definía la educación racional como la alternativa para conservar en el hombre facultades como querer, pensar, idealizar y esperar; su propuesta de la escuela moderna se sostenía en una enseñanza “científica y racional”; para este pedagogo la ciencia positiva era la columna vertebral de una educación emancipadora que debía estar al servicio de las necesidades del individuo y de la sociedad.

John Dewey (Estados Unidos, 1859–1952), quien concibe la escuela como un espacio de producción y reflexión de experiencias relevantes de vida social

para lograr una ciudadanía plena y el ejercicio de la democracia como una forma de vida y un proceso de permanente liberación de la inteligencia. El aprendizaje se canaliza a través de actividades compartidas y animadas por tres factores: utilidad, reflexión y experiencia. La educación en su aspecto intelectual consiste en la formación de hábitos vigilantes, cuidadosos y rigurosos del pensamiento.

Célestin Freinet (Francia, 1896–1966). Las técnicas de este autor, sostenidas en los principios de una educación por el trabajo, constituyen un abanico amplio de actividades que estimulan el tanteo experimental, la libre expresión infantil, la cooperación y la investigación del entorno. Algunas de estas técnicas que bebieron de la Escuela Nueva fueron: el texto libre, la revista escolar, los planes de trabajo, la asamblea de clase, las conferencias, la biblioteca de trabajo y la correspondencia escolar.

María Montessori (Italia 1870–Holanda 1952). Denominó su obra como Pedagogía Científica; su sistema es de desarrollo más que de adaptación y defendió la educación como una alternativa donde la libertad es primordial para favorecer el desarrollo infantil. Montessori insistió en unificar la actividad sensorial y motriz y en la necesidad de un ambiente apropiado para cultivar la atención, la voluntad, la inteligencia, la imaginación creativa, sin descuidar la educación moral. Parte de los principios de la filosofía Montessori que se asocian al ejercicio sistemático del pensamiento, son la activación motora y de la percepción sensorial como fuentes principales del aprendizaje, así como la oportunidad para el niño de experimentar, observar y clasificar lo que percibe en su entorno físico y social.

Paulo Freire (Brasil 1921–1997). Su pedagogía, con un marcado carácter político (no por ello dogmático), es una pedagogía para la transformación. Su expresión sobre la educación “bancaria” es ampliamente usada para referir un sistema educativo tradicional, directivo y unilateral, es la alternativa de

la dominación, mientras que su opuesto es la educación problematizadora que sirve para la liberación. El pensamiento de Freire tiene en cuenta al sujeto como constructor del conocimiento, y al contexto social. Las diferentes etapas de su método de alfabetización tienen como objeto partir de la realidad cultural del sujeto y de su universo temático. Su praxis transformadora consistió en la acción educativa de alfabetizar como comprensión de la palabra y del mundo (el texto y el contexto); el aprendizaje dialógico fue sustantivo en esta experiencia, así como deducir que leer y escribir debían permitir la lectura crítica del mundo y sus circunstancias.

Una selección intencionada de algunas pedagogías representativas del siglo xx coloca como parte de sus principios el desarrollo del pensamiento y el estilo de mediaciones apropiadas para sostener el crecimiento autónomo del aprendiz; tales principios, además de mantener vigencia, sugieren dinámicas, técnicas o modos de trabajo orientados a la activación equilibrada de las capacidades tanto cognitivas como socio-emocionales. Es decir, que la habilidad de pensar puede ser promovida gracias a estímulos de la cognición, como plantear un cuestionamiento al niño sobre algo que observa en el entorno, así como estímulos afectivos que motiven su participación e interés en una acción concreta.

Atender el desarrollo de esta actividad mental implica a su vez el conocimiento de otras operaciones que le son propias, como las metacognitivas. “Pensar sobre lo pensado” tiene que ver con un ejercicio de orden complejo que requiere de procesos como la planificación, la supervisión y la evaluación, aplicables a los distintos estadios y en grados de complejidad progresivos. Prever la acción de pensar sugiere los pasos para activar esta habilidad; la supervisión se refiere a la atención que otorga el sujeto sobre el modo y efecto en que realiza dicha función, y la valoración o aprecio sobre los resultados obtenidos al ejercitar el pensamiento para situaciones específicas alude al proceso de evaluación. La introspección favorece la tarea de identificar explícita y conscientemente cómo ocurrió este trayecto del pensamiento para determinados fines.

Otras condiciones de la función del pensamiento son:

- Modificar percepciones
- Respetar evidencias y revisar a la luz de nuevas evidencias
- Tolerar la ambigüedad
- Utilizar fuentes de información confiables
- Utilizar suficiente información antes de juzgar
- Destinar tiempos oportunos para favorecer la afluencia de operaciones propias del pensamiento (evitar respuestas reactivas o conductas impulsivas)
- Considerar variedad de alternativas

Las habilidades del pensamiento están asociadas al empleo que hace cada individuo de las abstracciones y conceptos que deduce al enfrentar estímulos externos; se refieren a la forma en la que organiza estos conceptos para emplearlos con mayor o menor eficacia en la solución de problemas o situaciones concretas de la vida.

Algunas de las operaciones cognitivas básicas que están asociadas al pensamiento, o que se denominan habilidades del pensamiento citadas en el texto “Activación del pensamiento 4” (Dabdoub y Díaz; 2003: X) son:

Observación. Se refiere a la capacidad de atender aspectos del entorno a través de los sentidos, particularmente del sentido de la vista. La observación debe pasar de un estado general a uno selectivo para considerar los elementos congruentes y relevantes del problema que se plantee.

Representación mental. Consiste en crear una imagen mental, real o imaginaria, del objeto, idea o cosa que se observe.

Retención. Esta acción mental consiste en mantener disponibles los datos próximos a ser procesados o a relacionarlos con otros que ingresarán a la memoria del sujeto, a corto, mediano o largo plazo.

Recuperación. Consiste en traer a la memoria activa, información almacenada que tiene relación con la solución de un problema.

Comparación. Se trata de identificar elementos o aspectos -ya sea comunes o distintos- entre dos o más objetos o argumentos. Toda comparación nos conduce a identificar semejanzas y diferencias empleando varios criterios de comparación.

Ordenación. Está relacionada con la tarea de identificar y asignar determinada secuencia o seriación a un conjunto de dos o más elementos, cosas, ideas u objetos. Al igual que la comparación, la ordenación debe responder a determinados criterios.

Clasificación. Operación mental compleja consistente en el manejo de varias ordenaciones simultáneas y coordinadas con base en la aplicación de conceptos como: categoría, clase, subclase. Incluye el concepto de excepción, el cual introduce un desequilibrio y da lugar a la acomodación de estructuras mentales del sujeto.

Análisis. Es la operación mental asociada a la tarea de separar las partes del todo. La ejercitación del análisis y su aplicación en diferentes contextos desarrolla la percepción analítica, entendida como una habilidad cognitiva. Todos los fenómenos concretos o abstractos se pueden dividir en partes por una acción analítica que se va complejizando.

Síntesis. Es una operación mental que consiste en reunir e integrar los elementos constitutivos de una totalidad dada. También se refiere a la asociación de elementos que inicialmente no estaban relacionados o cuya relación no era evidente.

Interpretación. Es un conjunto de operaciones mentales que permite a la persona encontrar significados a su entorno y favorecer con ello su

adaptación o readaptación. Esta habilidad se basa en la codificación y decodificación de diversos lenguajes: escrito, verbal, gráfico, pictórico, numérico, computacional, musical, entre otros. Mientras más códigos conozca y utilice la persona, más posibilidades tendrá para ejercitar las habilidades de interpretación y expresarla en paráfrasis, explicaciones o argumentos.

Inferencia. Constituye la unidad básica del aprendizaje resultante de la asociación de elementos, fenómenos o cosas que inicialmente no tenían relación para el estudiante y deriva en la identificación de tal asociación. Los caminos para llegar a la inferencia son la inducción y la deducción. La inferencia inductiva va de casos particulares a lo general y la inferencia deductiva de lo general a lo particular.

Evaluación. Proceso complejo que consiste en obtener y expresar juicios de valor sobre determinada materia, basados en hechos registrados y en criterios de valor. El desarrollo del pensamiento crítico no podría entenderse sin la práctica de la evaluación, que consiste en formular juicios de valor en relación a un asunto específico.

Transferencia. Es el proceso mental que consiste en la aplicación de un nuevo aprendizaje en diferentes contextos. Se realiza por medio de mecanismos como la analogía, la intuición, la metáfora y la imaginación, entre otros. La transferencia es el sello del aprendizaje significativo. Alude a la transición que el alumno debe construir de manera mental entre lo nuevo y su experiencia con situaciones semejantes, haciendo conexiones útiles para resolver estratégicamente las nuevas experiencias.

Estas habilidades le serán propias también al pensamiento científico; la estructura de intelecto sana o sin alteraciones psico-biológicas estará dispuesta para activarlas mediante el uso de estrategias que prueben su progreso de niveles incipientes a superiores, y de simples a complejos.

DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

La UNESCO¹⁶⁸ ha declarado en diversos foros y documentos, desde hace algunas décadas, la necesidad estratégica que representa la educación en ciencia y tecnología, específicamente la importancia de formar estudiantes que aprendan a resolver problemas concretos del entorno y a dar respuestas al ámbito social utilizando el conocimiento con pertinencia y congruencia; muchos planes de estudio han sido proyectados bajo este horizonte y a la fecha constituye un asunto insoslayable.

Es persistente la tarea de formar estudiantes a partir del cuestionamiento y del planteamiento de incertidumbres, evitando la acumulación de saberes meramente teóricos o de conocimientos estáticos. Es tiempo de movilizar las ideas en compromisos tangibles de transformación del entorno apelando a una educación que potencie las capacidades para problematizar, indagar, investigar, aplicar propuestas y evaluar resultados. Tanto el pensamiento lógico como el pensamiento científico serán siempre medio y fin en la educación. La ciencia genera nuevos conocimientos,

.....
168. UNESCO, "La ciencia para el siglo XXI. Un nuevo compromiso"; Budapest, 1999

permite que se mejore la educación, impacta todas las dimensiones de la vida favoreciendo la calidad de vida de los pueblos y ampliando los referentes para comprender los acontecimientos del entorno, las causas de ciertas manifestaciones culturales, socio-políticas, ambientales o económicas, y las múltiples soluciones por probar.

Las posibilidades de la ciencia se fundan en la formación de mentes infantiles suspicaces y espíritus curiosos; son los impulsos humanos naturales que encuentran sentido y cauce en ambientes escolares que cuentan con programas orientados a la investigación y la producción de las ciencias; estas propuestas contrarrestan algunos vicios contemporáneos, como producir conocimiento disociado de la realidad, emplear información inverosímil o apócrifa, replicar ideas caducas, preservar argumentos ficticios o divulgar datos sin evidencias. Los programas educativos que fortalecen el pensamiento científico conceden tiempo y estilos (didácticas sostenidas en procesos cognitivos y socio-emocionales) en los que se recuperan experiencias, se observa y analizan las situaciones o fenómenos, donde se plantean hipótesis y preguntas antes de investigar, donde se definen las fuentes de información y se depuran sistemáticamente los datos, entre otras tareas. Son rutas definidas en la currícula que prescriben la práctica de saberes diversos (de ser, de conocer, de convivir, de hacer) orientados al logro de aprendizajes significativos.

La consideración sobre lo que define al pensamiento científico ayudará a delimitar tareas educativas para su desarrollo. El texto clásico del filósofo y físico argentino Mario Bunge¹⁶⁹ describe las características de la ciencia, aplicables al pensamiento científico y actuales: es **fáctico** porque parte de los hechos derivados de la realidad; es **analítico** porque permite la depuración y desintegración de los objetos para su estudio y para conocerlos a mayor profundidad; es **trascendente** porque va más allá de los

.....
169. Bunge, Mario (1981); "La ciencia, su método y su filosofía"; Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires.

hechos y de las percepciones aparentes; es **claro y preciso** porque evita la vaguedad; es **simbólico** porque necesita un lenguaje de signos o categorías que adquieren significados determinados como las fórmulas del álgebra; es **verificable** porque puede someterse a prueba a partir de la observación y la experimentación; es **comunicable** porque difunde conocimiento y puede ser comprendido por quien posea cultura, además de no ser exclusivo de un reducido número de personas; es **metódico**, ya que procede organizadamente y obtiene conclusiones a partir de procedimientos deductivos, inductivos y analógicos; es **explicativo** en tanto que no acepta tal cual los hechos, sino que los investiga, indaga en sus causas y profundiza en por qué son de tal o cual manera; es **predictivo** porque explica el conocimiento de los hechos para entender el pasado y el futuro, no sólo el presente; es **abierto** puesto que sus técnicas, conceptos y métodos no son definitivos y se encuentran en constante cambio; el pensamiento científico no es **dogmático**; es **útil** porque es una herramienta valiosa para comprender la naturaleza, emplearla para fines genuinos del desarrollo humano y social y como clave de inteligencia para el mundo.

Otras alertas para entender por dónde puede progresar la formación del pensamiento científico están dadas en preguntas como esta: ¿cuáles serán los conocimientos que hoy necesitan los niños en previsión del futuro?, y cuyas respuestas se derivan de la realidad. En un entorno que demanda capacidades para la equidad, la democracia, la inclusión, la sustentabilidad, la dignidad, el autoempleo, la justicia social, etc., el pensamiento científico debe incidir en el ejercicio sistemático de ellas para preservar el crecimiento civilizatorio y afirmar lo humano de la vida.

El ejercicio del pensamiento científico abre perspectivas en cuanto al desarrollo de la creatividad, además de la agudeza sensorial y de la aplicación y autorregulación de procesos mentales que con la práctica hará propios cada aprendiz. El déficit de esta función, así como de la educación científica “va mucho más allá de que aprendan o no aprendan determinados conocimientos científicos; ese déficit condicionará el ejercicio pleno

de la ciudadanía de esa persona. La necesidad de asegurar una cultura científica para todos, se basa en una visión democrática, ya que supone que esa formación contribuye al desarrollo de los países y permite a los ciudadanos participar en las decisiones que las sociedades deben tomar acerca de problemas socio-científicos y socio-tecnológicos, cada vez de mayor complejidad.” (Macedo, B.; 2016:6)

El pensamiento científico conlleva un nivel de complejidad y abstracción mayor al del pensamiento común. Su demanda de objetividad, profundidad, racionalidad y sistematicidad obliga a revisar permanentemente los programas educativos que desean impulsarlo; no se trata de crear proyectos al azar que lo patrocinen, sino de conservar acciones metódicas que lo implanten en la vida escolar. El beneficio del pensamiento científico consiste en sostener la motivación por aprender, por cuestionarse e indagar de manera permanente para con ello integrarse activamente a la sociedad. La escolarización formal puede seguir dando respuestas a la formación del pensamiento en tanto haga eficaces sus fines y estratégica su mediación; también en la perspectiva hacer pertinentes para la realidad aquellos conocimientos que construyen los educandos.

LA PERSPECTIVA DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA EDUCACIÓN BÁSICA EN MÉXICO

Uno de los documentos que sustentaron el Modelo Educativo 2016 describió los fines de la educación en el siglo XXI, donde claramente se priorizan las competencias cognitivas y socio-emocionales que hemos referido en el presente artículo. Estos fines destacan aspectos relacionados con la comunicación, la oralidad, la escritura, el uso de lenguas originarias o del inglés, la comprensión de textos, así como el empleo del pensamiento hipotético, lógico y matemático para resolver problemas cotidianos y complejos; la capacidad de análisis, de síntesis y argumentación; la capacidad crítica, reflexiva, creativa, curiosa y exigente; la capacidad para informarse tanto de procesos naturales como sociales, así como de la ciencia y la tecnología para comprender el entorno. Finalmente señala que la educación de este siglo debe formar de manera competente y responsable a los educandos en el uso de las TIC, sosteniendo el deseo de seguir aprendiendo a lo largo de la vida de manera autónoma.

Estos fines trazaron la búsqueda y las emergencias educativas para un tiempo que deberá probar en ocho décadas la formación y el empoderamiento de una nueva ciudadanía cuyo desarrollo hace evidente un sistema social integral, un entorno sustentable y sustancialmente humano.

Parece sencillo, pero la tarea supone un camino permanente y coherente de ejercitación de capacidades socio-cognitivas, que comienzan en edad preescolar; se trata de conservar una lógica de formación integral e integrada (al educando y a su entorno; al sujeto y a la vida) que atienda en lo cotidiano los procesos antes que los productos; en tiempos curriculares, que incluyan la interdisciplina y la transversalidad, no la réplica temática de las asignaturas que se disocia de los intereses del aprendiz o de sus facultades para comprender el entorno desde su experiencia.

El perfil de egreso de la educación obligatoria en México está acorde a los fines de la educación para el siglo XXI. Estos once ámbitos son sugerentes para desplegar dinámicas, tareas, proyectos y estrategias que potencien las capacidades para la vida en el presente y en el mañana:

- Lenguaje y comunicación
- Pensamiento matemático
- Exploración y comprensión del mundo natural y social
- Pensamiento crítico y solución de problemas
- Habilidades socioemocionales y proyecto de vida
- Colaboración y trabajo en equipo
- Convivencia y ciudadanía
- Apreciación y expresión artísticas
- Atención al cuerpo y la salud
- Cuidado del medioambiente
- Habilidades digitales ¹⁷⁰

El pensamiento científico no es exclusivo de la dimensión relacionada con la exploración del mundo natural y social, es propia de todas éstas. La construcción de conocimientos puede producirse desde actividades metódicas orientadas a estos escenarios, pero también partiendo de las capacidades

.....
170. “Aprendizajes clave para la educación integral”; SEP (2017). Consultado en: <https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/descargables/biblioteca/preescolar/1LpM-Preescolar-DIGITAL.pdf>

de que ya dispone el alumno en estos mismos ámbitos; por ejemplo, será capaz de comprender el valor de la colaboración disponiendo su interés y motivación al trabajo cooperativo, practicando cualidades de escucha y consenso, desempeñando roles de liderazgo o coordinando acciones grupales; así como recuperando experiencias vividas de convivencia en otros ambientes, por citar algunas. La aplicación del pensamiento le favorecerá activar la memoria y evocar sucesos personales sobre la vida común y con ello definir categorías nuevas o conceptualizaciones sobre el trabajo en equipos. El abordaje de los ámbitos se plantea como la construcción de experiencias y conocimientos que de manera personal y colectiva se deducen, se infieren, se prueban, se cuestionan y afirman, no como un grupo de contenidos por exponer, a ser “enseñados” o traducidos por el docente porque en este caso se pierde la probabilidad de significar y transferir lo aprendido. La educación formal requiere para nuestro tiempo aprendices capaces de auto-regular sus procesos, de actuar de manera independiente desplegando los recursos personales de la mente, de la motivación y del espíritu. La tradición escolar que instruye y llena de contenidos la cabeza del alumno ha quedado en el pasado, es obsoleta, y su mayor riesgo es la despersonalización y la alienación. Un sujeto incapaz de producir experiencias y conocimientos en autoría propia, será incapaz de enfrentar y transformar la realidad; desligado del contexto, el individuo se minimiza y atrofia las capacidades que permiten su desarrollo, porque éstas emergen y se afinan en la interacción.

Dewey señalaba que debíamos tener en cuenta, antes del método para pensar, que *pensar* es el método, el método de la experiencia inteligente.¹⁷¹ Este autor planteó cinco etapas en el acto de pensar que ocurrirían frente a un problema que propiamente nos haría pensar:

- Una necesidad sentida
- El análisis de la dificultad
- Las alternativas de solución del problema

.....
171· Maite Larrauri – Max; “La educación según John Dewey”; Libros de frontera, España 2017

- La experimentación de varias soluciones hasta que el examen mental apruebe alguna de ellas
- La acción como la prueba final para la acción propuesta y verificable científicamente

Por su cuenta, las aportaciones de Driver, Guesne y Tiberhien (1989) sobre la caracterización del pensamiento en los niños, han sido útiles en modelos científicos que aprueban las elaboraciones espontáneas que ellos realizan sobre el mundo que los rodea. Sus cuatro fases concentran una lógica apropiada para mediar estrategias de aprendizaje en relación a las ciencias.

- Pensamiento dirigido a la percepción. Los niños basan sus razonamientos, en primera instancia, en las características observables de la situación problemática.
- Enfoque centrado en el cambio. Una característica del pensamiento infantil es centrarse en la secuencia de los hechos y en las modificaciones que ocurren en el transcurso del tiempo, atienden con mayor interés los estados de transición de los hechos o situaciones, que los de equilibrio.
- Razonamiento causal lineal. Al explicar los hechos el razonamiento infantil sigue una secuencia de causa lineal.
- Dependencia del contexto. Referida a la actividad lingüística y pragmática que siguen los niños en el ambiente donde se desenvuelven. Antes que expresarse en conceptos, los niños lo hacen “haciendo”, particularmente en la etapa sensorio-motriz.

La estrategia y la táctica educativa pueden soportarse entonces en la función del pensamiento científico y en el impacto que provoca para el lenguaje y para la conducta infantil; éste representa a su vez la metodología o el *paso a paso* cotidiano en los procesos formativos. Los fines y ámbitos son el punto de llegada, el medio es el sujeto, así como el contexto en el que actúa.

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE SITUADO PARA INDUCIR EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

El aprendizaje situado es una alternativa educativa que abrevia de las pedagogías representativas del siglo xx, que fueron citadas con anterioridad. Los trabajos e investigaciones realizados por Piaget, Dewey, Montessori, Freinet, Ferrer Guardia y Freire, entre otros, iluminan los principios que recupera esta metodología:

El centro de la educación es el aprendiz, sus condiciones, sus recursos propios (lenguaje, pensamiento y emociones; identidad propia e historia), sus experiencias, sus conocimientos previos y todas sus posibilidades de desarrollo, en la consideración de que puede ser acompañado pero nunca manipulado. Cada aprendiz será capaz de elaborar juicios propios y dar respuestas al porqué de los fenómenos; será capaz de activar procesos diversos para comprender la realidad, interpretarla y actuar en ella conscientemente.

La motivación es una disposición personal y voluntaria del educando, los ambientes escolares pueden favorecerla con dinámicas y estrategias que lo impliquen activamente para desplegar los diversos saberes: conocer, convivir, hacer y ser. La motivación tiene su raíz en la estima cognitiva y emocional de cada niño; afirmarlo como persona capaz lo ayudará a autoafirmar lo que es y lo que sabe, condición prioritaria para que pueda aprender.

La autonomía del niño se anima en un trabajo colectivo que lo ayude a superar el egocentrismo, a contrastar y consensar puntos de vista, a resolver en común y a autogobernarse.

Los niños poseen conocimientos previos y experiencias sobre las cuales se construye el aprendizaje, donde el error desempeña un papel constructivo, los errores revelan el modo en que los niños comprenden un problema.

Todo aprendiz será capaz de acercarse y apropiarse de la realidad problematizando con ella, reflexionándola, probando alternativas de solución y transfiriendo aprendizajes a diversos escenarios de la vida práctica que requieran acciones consistentes, pensadas y pertinentes para mejorarla.

“El Aprendizaje Situado es un proceso cognitivo y conductual que permite a un sujeto aprehender la realidad de su entorno para entenderlo epistemológicamente y afirmarlo nuevamente en la realidad con conocimientos aplicados” (Díaz R. y Hernández A.; 2018:65). Es proceso en tanto que sugiere acciones al interior del sujeto relacionadas con la cognición (observación, asociación, análisis, deducción, argumentación, etc.), y acciones al exterior relacionadas con la disposición motivada (plantear en colectivo alternativas de solución y aplicarlas, evaluarlas y comunicarlas).

La posibilidad de que los sujetos *aprehendan* la realidad será factible si construyen el conocimiento desde ella y para ella; esta construcción es conceptual y vivencial, atiende la perspectiva ideológica, pero también la experiencia deducida del entorno; los niveles de esta aprehensión (cognitiva y afectiva) pasan por observarla, sentirla, comprenderla y transformarla. Este camino deriva en un método, en un ciclo educativo que aprovecha las capacidades de los sujetos y sus referentes personales, interrogando y problematizando con lo que ocurre, antes que teorizando.

Paulo Freire (1985: 95) dice al respecto de la problematización: “(...) no es (...) un entretenimiento intelectual, alienado y alienante, una fuga de la acción, un modo de disfrazar la negación de lo real. Inseparable del acto cognoscente, la problematización es, como éste, inseparable de las situaciones concretas. Ésta es la razón por la cual, partiendo de éstas últimas,

cuyo análisis lleva a los sujetos a revisarse en su confrontación con ellas, a rehacer esta confrontación, la problematización implica un retorno, crítico, a la acción.” Problematizar sugiere cuestionar, interrogar y dudar; el uso de la pregunta como vehículo de esta opción tiene gran utilidad y es una estrategia constructiva por excelencia. Sugerir preguntas a los estudiantes o permitir que ellos las hagan tiene un efecto provocador de ideas, de vivencias y búsquedas que nutre ampliamente el perfil de todo aprendiz.

El pensamiento científico puede producirse desde planteamientos hipotéticos o ficticios, pero también en modo situado. Bajo esta prescripción se formulan preguntas derivadas de lo que acontece en la realidad, y de esta manera se estructuran y realizan tareas de investigación, experimentación y evaluación de alternativas.

El ciclo metodológico del aprendizaje situado considera cuatro momentos; cada momento en sí mismo representa estrategias educativas de actividad individual y grupal en las que se emplean como insumos las pre-concepciones, percepciones, apreciaciones, pericias, modo de vida, hábitos, criterios, etc., que pondrá en juego el aprendiz con el uso de la palabra –hablada y escrita– así como de la interacción.

Partir de la realidad. El punto de partida alude a la conciencia de la realidad que somos como sujetos sociales, al sitio específico en que se está, al entorno que nos contiene y a los mundos que habitamos: micro-mundo (familia, escuela, barrio); meso-mundo (ciudad, nación); macro-mundo (continente, planeta). Este primer momento sugiere evocar acontecimientos y manifestaciones específicas de la realidad interrogando tanto las situaciones en déficit como aquellas que tienen manifestaciones positivas o favorables para las personas y las sociedades. Se aplica el pensamiento interrogando.

Analizar y reflexionar. En este segundo momento el pensamiento fluye analizando –de manera inductiva y deductiva– y adentrándose en las causas, motivos, consecuencias y evidencias de las problemáticas. Se investiga

seleccionando información confiable de diversas fuentes y estableciendo previamente los criterios y dimensiones de la búsqueda; se elaboran categorías de concepto, se mapean los datos y contenidos informativos que aportan las diversas disciplinas, y se sigue interrogando con la finalidad de comprender lo que acontece para avanzar en la interpretación –objetiva y subjetiva– de la información. Ganar profundidad para emitir argumentos confiables es tarea de la reflexión. Se opera el pensamiento crítico.

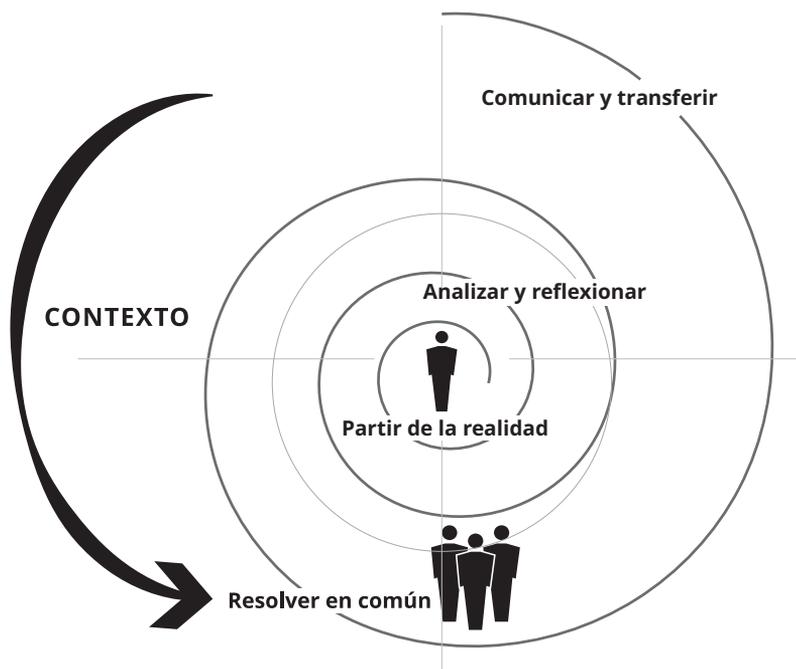
Resolver en común. Es el momento propulsor de la acción. Consiste en aceptar la invitación de pensar en común aquellas alternativas de transformación, de disolución del conflicto, que puedan ponerse en práctica con eficacia para ganar estado de bienestar, de progreso o desarrollo. Es la oportunidad de probar soluciones previstas, habiendo investigado y determinado la ruta de mejora. Este momento activa el pensamiento creativo, la búsqueda de opciones originales o innovadoras; se piensa resolviendo estratégicamente; se piensa en colectivo que entraña el desafío de ganar consenso y equidad en la planeación. Este momento permite también la configuración de proyectos como las comunidades de aprendizaje, cuyo sentido y metas son necesaria y sustancialmente cooperativas.

Comunicar y transferir. Es el momento que integra las nuevas experiencias derivadas de cada momento previo. Para entonces se habrán producido conceptos, ideas y acciones asociadas e integradas al contexto, dando como resultado aprendizajes mayoritariamente significativos y con altas probabilidades de ser transferibles a escenarios diversos de la vida. La oportunidad de expresar aquellas situaciones en las que los aprendices se han implicado para probar transformaciones tienen gran valor, se afirman narrativas veraces nacidas de experiencias personales que potencian el lenguaje y nuevas intersubjetividades; esta estrategia detona también procesos de metacognición y procesos de evaluación; surgirán también preguntas que en este caso aludirán a revisar la aplicación de alternativas,

a los resultados, a la continuidad o cierre de las tareas. Aquí se activan los pensamientos propositivo y prospectivo. Probar alternativas en el presente incita a vislumbrar hechos futuros.

El aprendizaje situado propone un ciclo continuo y constructivo de la experiencia y el conocimiento, donde la pertinencia, la objetividad, la profundidad y sistematización de las acciones preserve sujetos conscientes, cuestionadores, críticos, desapegados de las seguridades y las ideas pre-establecidas, y sobre todo autores de la ciudadanía que este siglo demanda.

El carácter funcional del aprendizaje situado radica en la disposición de cada aprendiz para construir nuevas realidades en un ciclo metodológico que se potencia con otros y gracias a la mediación docente, que dispone



ambientes para aprender a pensar, aprender a aprender y aprender a resolver. La mediación que sitúa los aprendizajes está exenta de imposiciones o de transmisiones teóricas desligadas de la realidad y la experiencia; se aleja del protagonismo de la enseñanza para ser una guía que incentiva las capacidades de cada alumno y el uso del pensamiento y el lenguaje como herramientas de apropiación-transformación de la realidad.

A continuación se desglosan algunos procesos de corte cognitivo y emocional que pueden ser específicos a cada momento del método del aprendizaje situado, o propios de todo el ciclo de construcción. Cabe señalar que éstos y los que se han citado anteriormente en el artículo están relacionados estrechamente con el pensamiento científico; este pensamiento es sustento de cualquier aprendizaje; aun asumiendo que su lugar natural son las ciencias, el mecanismo de esta función cognitiva se aplica a cualquier dimensión de la vida.

PARTIR DE LA REALIDAD

- Organizar información a nivel mental
- Codificar y enunciar lingüísticamente de manera afirmativa e interrogativa
- Elaborar preguntas, dudas o cuestionamientos sobre los hechos y la información, o sobre la propia experiencia
- Evocar, expresar y asociar ideas, datos, hechos o sucesos del entorno
- Inferir sucesos, hechos o acontecimientos del entorno
- Interpretar –objetiva y subjetivamente– eventos, situaciones y hechos
- Atender selectivamente, escuchar activamente
- Problematicar – plantear un problema, identificar algunas de sus manifestaciones, sus causas, consecuencias, riesgos, repercusiones personales y colectivas, cuestionar
- Compartir experiencias e interesarse
- Permitir la mediación del experto

ANALIZAR Y REFLEXIONAR

- Plantear hipótesis sobre eventos específicos
- Indagar, investigar y deducir razones sobre hechos o datos desde criterios específicos
- Desmenuzar causas y consecuencias de sucesos o eventos
- Relacionar datos de diversas fuentes de información
- Mapear datos, ideas e información
- Aplicar categorías de relación, asociación, comparación e interpretación
- Confirmar la veracidad de la información
- Construir lingüísticamente de manera escrita: redactar, resumir, argumentar
- Disponerse favorablemente para la búsqueda, mostrar interés e implicación en la tarea
- Mantener el interés en el acceso a información confiable de tipo bibliográfica, hemerográfica, testimonial –impresa o digital
- Profundizar en el modo como ocurren los hechos
- Permitir la mediación del experto

RESOLVER EN COMÚN

- Plantear alternativas
- Sondar decisiones
- Seleccionar estrategias viables para cambiar condiciones
- Sugerir, innovar, crear, imaginar otras opciones
- Operar pensamiento creativo
- Acordar en colectivo
- Asentir y disentir
- Motivarse para generar una práctica
- Alentar el logro de la tarea de principio a fin

- Mediar y liderar
- Permitir la mediación del experto

COMUNICAR Y TRANSFERIR

- Integrar experiencias
- Participar a otros lo vivido
- Afirmar conocimiento – autorregular
- Equilibrar experiencia y conocimiento
- Expresar argumentos
- Generar metacognición
- Elaborar respuestas precisas
- Aplicar en otros escenarios los saberes (movilizar)
- Significar lo vivido
- Permitir la mediación del experto

Propuestas como la del aprendizaje situado se enmarcan en la pedagogía de los procesos, es decir, en acciones educativas cuyos impulsos son:

- Cada sujeto aprendiz representa en sí mismo una entidad de realidad; sus recursos son las capacidades de que dispone y que transitarán de condiciones incipientes a expertas; su brújula es el pensamiento que puede ser mediado, acompañado y fortalecido con estrategias cognitivas y motivacionales.
- El contexto es la plataforma y el horizonte para el desarrollo; la realidad de dicho entorno nos interpela continuamente porque somos parte de ella, estamos en ella y se constituye en materia de problematización, de reflexión y de transformación.
- La mediación es la guía que potencia y proyecta las capacidades del aprendiz, la construcción pertinente del conocimiento, la derivación de experiencias novedosas nacidas de la confrontación y comprensión de la realidad.

CONCLUSIONES

La posibilidad de acompañar la definición y fortaleza del **pensamiento científico** en la infancia es posible desde estrategias situadas; su práctica cobra fuerza si el móvil de la realidad y sus diversas manifestaciones favorecen los procesos que lo determinan, particularmente si se estudian a profundidad asuntos del entorno elegidos por el propio estudiante; en la diversidad de dimensiones que presenta la realidad subyacen las distintas asignaturas que los currículos escolares han estructurado. El entorno presenta manifestaciones físicas, químicas, culturales, numéricas, biológicas, físicas, artísticas, etc., que se dan asociadamente e interrelacionadas; a diferencia de los planes de estudio en las escuelas que seccionan las disciplinas, en la realidad estas dimensiones se intersectan explicitando la manera como convendría estudiarlas e investigarlas en las aulas; de esta manera el pensamiento científico operaría con mayor lógica y favorecería respuestas consistentes para la mente infantil, cuya condición natural es prioritariamente interrogadora. De las preguntas que espontáneamente pronuncian los niños sobre lo que observan y viven nace el pensamiento científico que puede ser acompañado e inducido pedagógicamente con principios y estrategias movilizados desde el entorno.

Edgar Morín (1999:94) ha señalado que el “bien pensar” es el modo de pensamiento “que permite aprehender en conjunto el texto y el contexto, el ser y su entorno, lo local y lo global, lo multidimensional, en resumen, lo complejo, es decir, las condiciones del comportamiento humano. Él nos permite comprender igualmente las condiciones objetivas y subjetivas”.

Podemos aspirar a la práctica adecuada del “bien pensar” como hábito que consigue asir fuertemente lo que somos y el dónde estamos, si bien la antesala de esta cualidad será el trabajo educativo consistente, en pro del pensamiento científico y en la coyuntura de la infancia, que es la etapa propicia para su simiente. El bien pensar es tarea metódica factible de producir aportaciones científicas para la humanidad. La circunstancia histórica que enfrentamos en el presente es motivo de sobra para atender educativamente esta misión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Bunge, Mario (1981); *La ciencia, su método y su filosofía*; Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires

Cuadernos de Pedagogía (2000); *Pedagogías del siglo xx*; CISSPRAXIS Editorial, Barcelona

Díaz Rosales, María Alejandra y Hernández Avendaño, Juan Luis (2018); *Aprendizaje situado. Transformar la realidad educando*; 3ª. edición, Talleres de Bunegit S.A. de C.V., Puebla

Dabdoub Alvarado Lilian y Díaz Rosales, Alejandra (2003); *Activación del pensamiento 4. Recursos didácticos*; Santillana, México

Driver, Rosalind; Guesne, Edith; Tiberghien, André y Manzano, Pablo (1992); *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*; Ediciones Morata, España

Freire, Paulo (1985); *¿Extensión o comunicación?, la concientización en el medio rural*; Siglo XXI, México

Gallego Torres, Adriana Patricia, Castro Montaña, J. Edgar y Milena Rey, Johana (2008); *El pensamiento científico en los niños y las niñas: algunas consideraciones e implicaciones*; Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá, Colombia); consultado en: <http://cmaps.ucr.ac.cr/rid=1RXS8VTTV-1JVfJRL-3L8/pensamiento%20cientifico.pdf>

Giry, Marcel (2002); *Aprender a razonar, aprender a pensar*; Siglo XXI Editores, México

Jaramillo Naranjo Lilian Mercedes y Puga Peña, Luis Alberto (2016); *El pensamiento lógico-abstracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación*; consultado en: <https://www.redalyc.org/pdf/4418/441849209001.pdf>

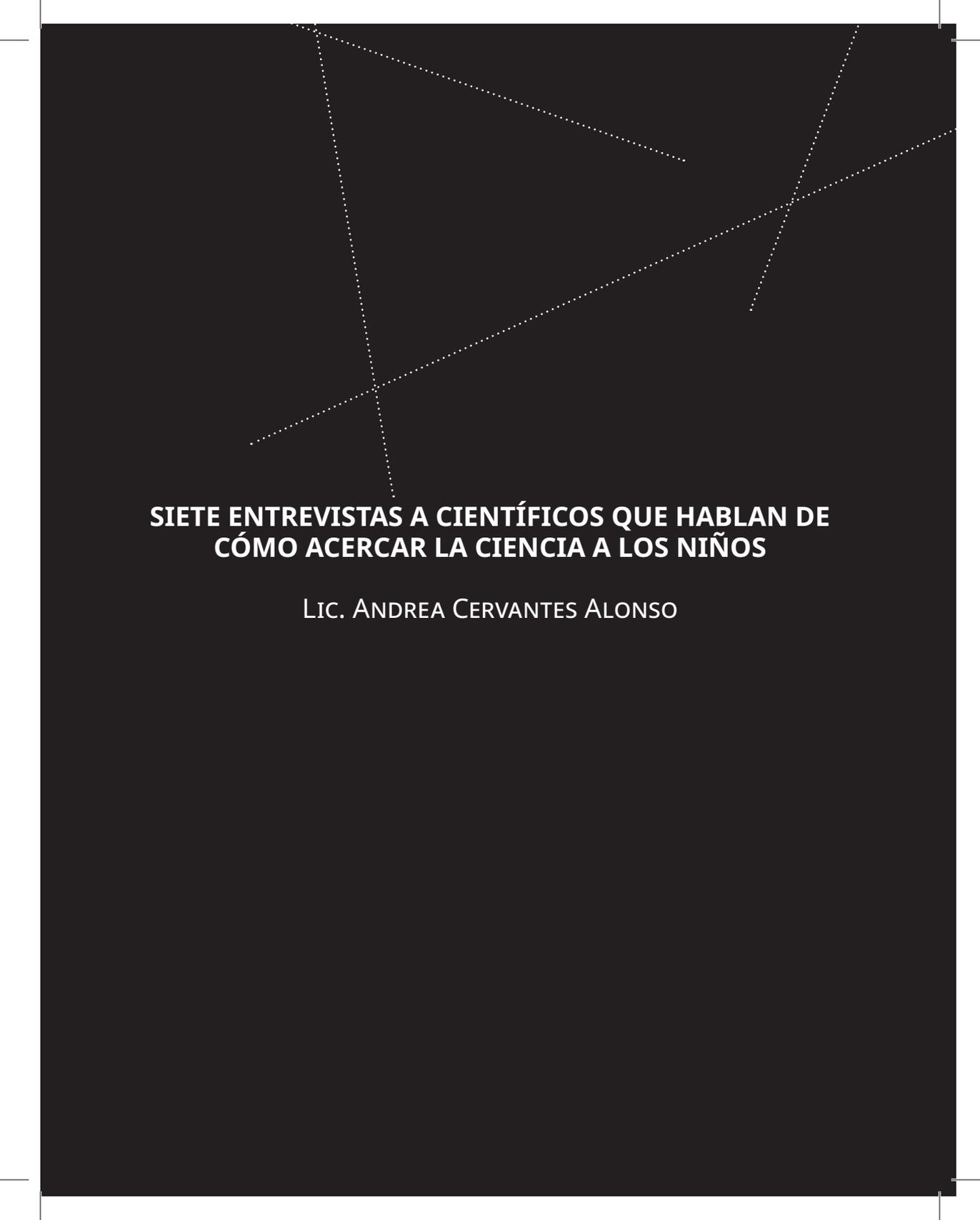
Larrauri, Maite (2017); *La educación según John Dewey*; Libros de frontera, España

Macedo, Beatriz (2016); *Educación científica*; UNESCO, Uruguay

Morin, Edgar (1999); *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*; Correo de la Unesco, México

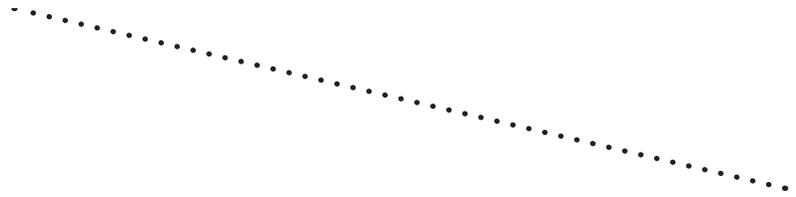
Orrú, Silvia Ester (2003); *Reuven Feuerstein y la teoría de la modificabilidad cognitiva estructural*; Facultades Integradas de la Fundación de Enseñanza Octavio Bastos. Brasil. Revista de Educación, núm. 332, consultado en: <http://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:84088205-2787-4667-8b63-48486ac735ae/re3320311443-pdf.pdf>

SEP (2016); Fines de la educación para el siglo XXI consultado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114503/Los_Fines_de_la_Educacion_n_en_el_Siglo_XXI.PDF



**SIETE ENTREVISTAS A CIENTÍFICOS QUE HABLAN DE
CÓMO ACERCAR LA CIENCIA A LOS NIÑOS**

LIC. ANDREA CERVANTES ALONSO



ENTREVISTA 1

Dr. Mario Molina, experto en el tema científico-pedagógico

Nació en la Ciudad de México en 1943 y es Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (1965); posteriormente realizó estudios de posgrado en la Universidad de Friburgo, Alemania (1967), y recibió un doctorado en Físicoquímica de la Universidad de California, Berkeley, en Estados Unidos (1972).

Es un pionero y uno de los principales investigadores a nivel mundial de la Química Atmosférica. Fue coautor junto con F.S. Rowland en 1974, del artículo original prediciendo el adelgazamiento de la capa de ozono como consecuencia de la emisión de ciertos gases industriales, los clorofluorocarbonos (CFC), que les mereció el Premio Nobel de Química. Asimismo, sus investigaciones y publicaciones sobre el tema condujeron al Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, el primer tratado internacional que ha enfrentado con efectividad un problema ambiental de escala global y de origen antropogénico.

El profesor Molina y su grupo de investigación publicaron una serie de artículos entre 1976 y 1986 que identificaron las propiedades químicas de compuestos que juegan un papel esencial en la descomposición del ozono de la estratósfera. Subsecuentemente demostraron en el laboratorio la existencia de una nueva clase de reacciones químicas que ocurren en la superficie de partículas de hielo, incluyendo aquellas que están presentes en la atmósfera. También propusieron y demostraron en el laboratorio una

nueva secuencia de reacciones catalíticas que explican la mayor parte de la destrucción del ozono en la estratosfera polar.

Fue profesor en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en el periodo 1989-2004; profesor e investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México entre 1967 y 1968; de la Universidad de California, Irvine, entre 1975 y 1979, y del Laboratorio de Propulsión a Chorro del Instituto Tecnológico de California (CALTECH) en el periodo 1982 a 1989.

El Profesor Molina es miembro de la Academia Nacional de Ciencias y del Instituto de Medicina de los Estados Unidos, y durante ocho años fue uno de los 21 científicos que formaron parte del Consejo de Asesores de Ciencia y Tecnología del presidente Barack Obama (PCAST); previamente había estado en el mismo Consejo del presidente Bill Clinton.

Igualmente, el Profesor Molina es miembro distinguido de la Pontificia Academia de las Ciencias del Vaticano, del Colegio Nacional, la Academia Mexicana de Ciencias y la Academia Mexicana de Ingeniería, entre otras. Por su labor y contribución a la Ciencia ha recibido numerosos galardones, incluyendo más de 40 doctorados *Honoris Causa*, el Premio Tyler de Energía y Ecología en 1983, el Premio Sasakawa de las Naciones Unidas, en 1999, el Premio Nobel de Química en 1995, el Premio Campeones de la Tierra que otorga Naciones Unidas y es el primer mexicano en recibir la Medalla Presidencial de la Libertad de Estados Unidos.

Actualmente, el Profesor Molina es investigador de la Universidad de California en San Diego (UCSD), donde forma parte del Departamento de Química y Bioquímica y del Instituto de Oceanografía SCRIPPS, una de las instituciones líderes en la investigación de los fenómenos asociados al Cambio Climático.

En México preside, desde 2005, un centro de investigación y promoción de políticas públicas que lleva su nombre, donde realiza estudios estratégicos sobre energía y medio ambiente, particularmente en los campos de cambio climático y calidad del aire.

Recientemente, el Dr. Molina ha enfocado gran parte de su labor a la política de la ciencia conectada con el creciente problema del cambio

climático e impulsado acciones globales a favor del desarrollo sustentable a la par de un desarrollo económico vigoroso.

P: Yo soy Andrea Cervantes Alonso y vengo del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla.

R: Del estado de Puebla.

P: Sí, vengo del estado de Puebla y estamos elaborando un proyecto acerca de las bases para la inducción y desarrollo del pensamiento científico en el niño. Entonces, creemos que su aportación va a ser muy valiosa por el aspecto científico.

R: Sí.

P: Entonces, bueno, voy a empezar con las preguntas. ¿Por qué estimular las ciencias en el niño?

R: Bueno, lo que es importante es enseñarle ciencias al niño porque es la manera más clara de pensar, de sacar conclusiones basadas en la evidencia y eso es lo que queremos transmitirles a los niños, que la ciencia es una cosa lógica, que es una manera de pensar y que desde niños es importante que aprendan cómo funcionan y cómo podemos separar lo que es ciencia de lo que son simplemente creencias, así que ésta es la parte importante para enseñarles desde la más temprana edad.

P: ¿Cuál es la intervención del pensamiento científico en la educación de nuestro país?

R: En nuestro país yo creo que estamos retrasados, como en muchas sociedades pues a esto no se le ha dado la importancia que tiene y por tradición, un poco por historia, en lugar de enseñarle a pensar al niño, se le enseña pues toda una serie de materias enfatizando la memorización en vez de la racionalización, y en México estamos haciendo un esfuerzo para que las nuevas generaciones sí tengan esa capacidad de entender la

ciencia, pero sí estamos atrasados en la manera como se enseña normalmente en las escuelas.

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un ser humano cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Influye de manera que tenga que funcionar de un modo racional. Aquí aclaro que es todo un campo, un campo muy importante y que reconocemos que la ciencia es esta parte muy importante de la enseñanza para un niño, pero no es suficiente. También tenemos que enseñarle al niño cuestiones de ética, de responsabilidad social que de nuevo son cosas que se aprenden en la práctica y no nada más memorizando. Entonces, por eso ha habido pues una gran confluencia entre la enseñanza de la ciencia como tal y al mismo tiempo la enseñanza de la responsabilidad social de trabajar en colaboración, y por eso lo que es muy importante enfatizar es que la manera de enseñarles ciencia a los niños es haciendo que ellos hagan experimentos, es lo que llamamos educación activa. De nuevo por contraste con simplemente memorización, aunque fuera una explicación de buena de parte de los maestros, cuando realmente aprenden los niños es cuando están haciendo las cosas y de ahí el énfasis en la enseñanza activa, que tiene además esta otra enorme ventaja de entrenarlos a funcionar de manera responsable.

P: Igual viendo la perspectiva que tiene la sociedad de este pensamiento científico, ¿de qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico en un niño en nuestra sociedad?

R: Lo importante es que, repito, lo importante es que los niños aprenden a pensar, aprenden a pensar de una manera racional, aprenden el método científico y esto pues también les ayuda en las otras materias que estén aprendiendo, que puede ser historia. Por supuesto, hay materias que tienen que memorizar como las tablas de multiplicar en matemáticas, etc., pero lo ideal es que además, cuando por ejemplo aprendan matemáticas, lo hagan

pensando con esa misma base, y ésa es la importancia que tiene crear ciudadanos que funcionen bien en una sociedad, que puedan colaborar entre ellos y busquen un mejoramiento de la sociedad en general.

P: Desde su experiencia científica, ¿cuál o cuáles son las barreras a las que se enfrenta nuestra sociedad en el desarrollo del pensamiento científico en el niño?

R: Pues las barreras más importantes son a las que nos referimos antes, y es la tradición cultural que está muy arraigada de seguir enseñando como se enseñaba desde hace siglos, que es simplemente que el maestro o la maestra estén recitando, por ejemplo, cuestiones relacionadas con la ciencia o con la historia, con la idea de que el niño simplemente los oiga y que memorice lo que tiene. La expectativa de que se vaya a preguntar en los exámenes, independientemente de que sea racional, de que le entienda o de que tenga sentido, ésa es la barrera principal porque está muy arraigada, no en los niños que están aprendiendo, sino en la manera de enseñar, en la manera en la que se prepara a los maestros, con la idea de que los niños tienen que portarse bien, tienen que estar sentados y no hacer nada, simplemente oír y memorizar. Esa actitud es la que es difícil de cambiar, pero, evidentemente es lo que estamos tratando de cambiar y hay evidencia muy clara viendo cómo aprenden los niños y viendo los resultados de estas distintas formas de aprender, de la enorme superioridad de este método que llamamos ciencia activa. O sea que no nada más es cuestión de opinión y vamos a probar a ver si funciona. Esto está ampliamente demostrado en muchas sociedades, está demostrado en países asiáticos, europeos, en nuestro continente en Estados Unidos, México, Latinoamérica, con niños de todo el mundo. Ya sabemos que esto funciona muy bien y quizás lo que puedo agregar es que, como complemento, este cambio se originó al examinar cómo aprenden los niños desde el punto de vista científico, o sea la ciencia de la educación, y esto lo hicieron para empezar academias de ciencia. Hubo un movimiento muy importante con la academia de ciencia en Estados Unidos con una

publicación de: “¿Cómo aprende la gente?”, pero al mismo tiempo en Francia hubo un movimiento parecido y pues los dos se combinaron para tratar de cambiar de manera radical la enseñanza de la ciencia y en general el aprendizaje desde las escuelas primarias hasta las universidades.

P: Vamos a tocar el punto de formación docente. ¿Cuál sería la tarea del docente para impulsar las bases del pensamiento científico desde el inicio de educación básica?

R: Si, bueno, hay que entrenar y educar al docente a que su trabajo importante pues no es dictar cosas que memoriza el niño, sino estimular a los niños, trabajar con ellos. Por ejemplo, niños pequeños para aprender ciencia hacen experimentos que ya están, hay muchos que ya están diseñados pero que se pueden mejorar o cambiar, pero son experimentos relativamente sencillos, el costo de los materiales es mínimo, pero los niños hacen cosas. Entonces, la tarea del maestro es asegurarse de que estén formando equipos, discutiendo entre ellos a ver cómo funcionan las cosas, en la medida en que ellos inventen el conocimiento. Ésa es una manera muy importante para profundizar este modo racional de pensar. Entonces, el docente tiene que estar muy consciente de esta tarea, que es muy distinta a la de simplemente pararse enfrente de niños que estén todos bien callados y bien portados y de leer el contenido de su curso. Tienen que trabajar activamente con los niños y estimular su trabajo en equipo.

P: ¿Cree que se debería fortalecer la formación docente en las ciencias en nuestro país?

E: Si, además tenemos una situación que era de esperarse en nuestro país, y sobre todo en países en desarrollo, pero, en muchos países también: que ha sido tan débil la enseñanza de la ciencia con estos aspectos de memorizar, que muchos maestros no han entendido la ciencia y la están enseñando. Pueden leer, pero no entienden lo que están enseñando. Entonces, es muy

importante para que los maestros puedan ayudar a los niños a entender que ellos sí tengan este conocimiento científico muy claro, y no es, insisto, memorizar hechos de la ciencia, sino entender la parte racional, que eso es lo que puedan explicar a los niños y, claro, hay cierto vocabulario, ciertas maneras de pensar cosas que al oír las sí implican a la memoria, pero no es la parte esencial o fundamental.

P: En el ámbito de la enseñanza desde su labor científica-educativa, ¿ha observado abundancia o ausencia del pensamiento científico en el ser humano?

R: En general la observación en nuestras culturas es más bien ausencia, al extremo de que inclusive los maestros que enseñan ciencia, muchas veces no han entendido bien ciencias básicas. Así que sí está muy claro que en general hay una falta de pensamiento científico y es interesante ver cómo la estrategia principal es que los niños aprendan ciencia haciendo ciencia y ya hay mucha experiencia. ¿Qué tipo de ciencia pueden hacer? ¿Qué tipo de experimentos pueden hacer? No necesitan ser experimentos sofisticados, no necesitan usar equipo costoso porque pues esto ya ha evolucionado. Y es muy importante que ellos mismos experimenten, pero que además trabajen en equipo, que lo discutan con sus compañeros y que aprendan a oír otras opiniones, etc. Lo ideal es que continúen con este sistema de enseñanza, no sólo en la enseñanza básica primaria, sino en la secundaria, preparatorias y hasta en la universidad, y ya a nivel universitario pueden tener acceso a investigación real, que puede ser ya mucho más costosa, etc., porque ya ellos participan o pueden participar, que es lo importante, como colaboradores en la investigación científica. Y de nuevo, no nada más sentándose a oír a un profesor para ver qué dice y memorizar cosas. Es interesante que a nivel universitario lo importante también es hacer discusiones en equipo, trabajar en equipo y asegurarse de que están entendiendo a la ciencia de una manera básica.

P: En cuestión del currículum, ¿cómo debería ser el currículum a fin de incluir las bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la educación de nuestro país?

R: Aquí lo importante del currículum es que incluya las ciencias básicas. Otro de los defectos de la enseñanza convencional, muchas veces es tener un currículum enorme y tener muchos capítulos y que memoricen miles de cosas. Lo importante es que los niños estén haciendo ciencia. Y hasta en las universidades, si nos vamos al otro extremo, lo importante no es tanto qué es lo que está en el currículum, sino que los estudiantes aprendan a aprender, porque ya está cambiando la ciencia y la aplicación, sus aplicaciones en ingeniería, sobre todo con todas las transformaciones que tenemos también con el mundo digital y el acceso a computadoras y al internet, etc. Entonces, las aplicaciones cambian a tal velocidad, que es importante que los niños hayan aprendido a seguir aprendiendo, en lugar de tener una lista enorme de cosas que deben de haber memorizado. Por supuesto, hay elementos importantes básicos de la ciencia: ¿Cómo funciona la naturaleza? ¿Por qué tenemos todos los animales y plantas que tenemos? Eso es un poco ya más complicado, pero es una manera de involucrar el respeto por la naturaleza, al grado de que lo que se ha observado es que muchas veces son los niños los que en sus familias y en sus casas imponen un respeto hacia el medio ambiente. Precisamente, porque han aprendido de esta manera activa de la que estamos hablando.

P: ¿Considera que los jóvenes y alumnos universitarios de nuestro país han adquirido los conocimientos y las habilidades necesarias del pensamiento científico?

E: No todos. Tenemos ya casi medio millón de niños, por ejemplo, en ciencias, perdón, en educación básica, que sí han estado aprendiendo con estos métodos, pero, la mayoría no. Entonces, lo que queremos es que esto se adapte como la manera oficial de aprender y no nada más que sea como lo hemos hecho hasta ahora, casi como un experimento, pero

un experimento de tal magnitud que ya no estamos inventando. Pero sí, la mayoría todavía no ha tenido este acceso, y, repito, a pesar de eso, a algunas personas de esta mayoría les gusta a pesar de todo esto, le gusta la ciencia y van a ser científicos, pues muchas veces pueden recuperarse y aprender cuando ya estén haciendo ciencia en las universidades. Pero lo ideal es que ya lleguen preparados.

P: Sí, con bases sólidas.

R: Y con bases sólidas es mucho más sencillo meterse cada vez más a la ciencia, y lo importantel (esto es un punto clave) es que en una democracia como la que tenemos aquí en México y en muchos países, se necesitan ciudadanos que entiendan cómo funciona la sociedad. Ciudadanos que estén suficientemente alertas para en una democracia seleccionar a líderes que también entiendan cómo funciona todo de manera racional. Entonces, es muy importante para el futuro que la sociedad evolucione y que esté mejor preparada, y porque estamos viendo desgraciadamente problemas enormes en muchos países del planeta que reflejan, no diría yo la falta de aprendizaje de la ciencia, pero sí la falta de racionalidad de la gente. La idea es que entienda uno cómo funciona la sociedad. Pero, ¿por qué? Para que no sea nada más cuestión de creencias o de ver quién hace más propaganda.

P: Entonces, ¿cuál es el papel de los científicos en la historia humana?

R: El papel fue relativamente menor hasta hace varios siglos, cuando los científicos empezaron a explicar, por ejemplo, cómo funciona el sistema solar. Si nuestro planeta le da vueltas al sol o era el sol el que le daba vueltas a nuestro planeta, eso era más bien que no tenía implicaciones en la práctica, pero sí en los medios intelectuales, que era una fracción muy pequeña, muy muy pequeña de la sociedad. El cambio enorme se produjo a partir de la revolución industrial, cuando la ciencia empezó a tener implicaciones en la vida diaria y dejaron de funcionar las carrozas y caballos para tener automóviles. Eso es parte de la revolución industrial y parte del desarrollo

de la ciencia. Pero el desarrollo gigantesco fue a partir del siglo xx porque eso ha influido de manera fundamental en cómo funciona la sociedad. Un ejemplo clásico es que la expectativa media de vida se ha duplicado, y eso es resultado de la ciencia. La ciencia ha tenido muchos problemas, pero ha tenido avances gigantescos, como el hecho de que una buena parte de la población del planeta tenga ya un teléfono celular, que eso es ciencia avanzada, es física del estado sólido con mecánica cuántica, etc. Cosas que apenas se empezaron a entender a principios del siglo xx y que ya tienen influencia enorme en lo que consideramos calidad de vida: tener electricidad, tener luz en la noche, que los niños puedan leer o que puedan ver televisión, etc. Todo eso es relativamente reciente, o sea que el impacto gigantesco de la ciencia es relativamente reciente, pero es de gran magnitud y no cabe duda de que la estamos describiendo, entendiéndola, etc. Ya es parte de la cultura universal. Cualquier individuo que se considere culto hoy en día no nada más sabe historia y arte, etc., sino también conoce algo de ciencia.

P: ¿Qué proyectos educativos fomenta el Centro Mario Molina?

R: Por fortuna hemos podido trabajar con la Secretaría de Educación Pública y estamos enfatizando sobre todo la enseñanza en escuelas secundarias y en preparatorias. Decidimos crear algunos cursos de cambio climático, que es un problema que tiene la sociedad hoy en día, el problema ambiental más serio que tiene la sociedad, pero es un poco como una excusa para asegurarnos de que los jóvenes estén entendiendo las ciencias básicas y poder además educar a los maestros, así que eso es lo que estamos haciendo. Ya desde hace años hemos estado colaborando con otras organizaciones. Hay una organización que se llama Inobec. Yo formaba parte del grupo que los asesora, digamos, y ese grupo más bien se concentró en la enseñanza a nivel de educación básica, en las escuelas primarias y trabajando también con el gobierno vía la Secretaría de Educación Pública mostrándoles estos nuevos métodos. Lo que estamos haciendo nosotros en la actualidad en nuestro Centro es continuar en la siguiente etapa de educación, pero tenemos

todos la tarea de que esto se generalice. Tenemos miles de estudiantes de secundaria y preparatoria ya con parte de nuestro programa, cientos de maestros que están haciendo esto. Pero la idea es que esto se formalice y que sea la manera en que se enseñe aquí en nuestro país. Una tarea pendiente es asegurarse de que esto también se haga a nivel universitario porque sí hay un movimiento muy importante en las mejores universidades del planeta de implementar estos métodos de enseñanza que tienen curiosamente mucho en común con los métodos de los niños de primaria: que de nuevo los alumnos trabajen en grupos y que discutan entre ellos y contribuyan con su creatividad a entender de una manera profunda el funcionamiento de la ciencia.

P: Que abarque, entonces, todas las áreas de humanidades, además de ciencias, ingenierías.

R: Exacto. Además, la ciencia es la manera en cómo empezó esto, por el método científico de observar cómo aprenden, cómo funciona la mente humana. Realmente es la manera en que todas las materias deberían de aprenderse.

P: Para finalizar, ¿qué mensaje les daría a los niños y jóvenes mexicanos que tienen este interés por la ciencia?

R: El primer mensaje para los niños y los jóvenes es que la ciencia es divertidísima. Cuando los niños hacen ciencia se pueden entusiasmar muchísimo, más que si solo tienen que memorizarlo. La memorización es molesta, pues realmente no saben ciencia. La cantidad de niños a los que les gusta la ciencia aumenta muchísimo cuando se enseña de esta manera. Y el mensaje importante es gozarlo, hacerlo con gusto. Y el mensaje para los jóvenes es que encuentren la parte de la ciencia que les guste mucho. Y que lo hagan con mucha pasión porque ésa es la manera en cómo van a ser más productivos.



ENTREVISTA 2

Dra. María Obdulia Sánchez Guadarrama, investigadora científica en educación superior

Actualmente es Investigadora de tiempo completo en el Departamento de Química Inorgánica en la Facultad de Ciencias Químicas en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

2014-2016: Estancia Posdoctoral en el Laboratorio 3A del Dr. Herbert Höpfl Bachner del Centro de Investigaciones Químicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (Cuernavaca, Morelos).

Título del Proyecto: *Co-cristalización: Una innovadora alternativa para la resolución de racematos - el caso del Praziquantel.*

2008-2014: Doctorado en Ciencias Químicas, Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (México, D. F.).

Título de tesis: Síntesis de compuestos carbonílicos de renio con ligantes imidodifosfínicos.

2005-2007: Maestría en Ciencias Químicas, Facultad Química, Universidad Nacional Autónoma de México (México, D. F.).

Título de tesis: Síntesis y estudio biológico de compuestos de coordinación de cobalto (II), cobre (II) y zinc (II) con derivados bencimidazólicos.

2002-2003: Tesis de Licenciatura, Centro de Investigaciones Químicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (Cuernavaca, Morelos).

Título de tesis: Preparación y análisis estructural de nuevos compuestos de boro a partir de ácidos arilborónicos y bases de schiff derivadas de la 2,4-pentanodiona y el salicilaldehído (tipo N_2O_2 y NO_2).

Algunas de sus publicaciones en revistas internacionales con arbitraje son las siguientes:

- New boronates prepared from 2,4-pentanedione derived ligands of the NO_2 and N_2O_2 type-comparison to the complexes obtained from the corresponding salicylaldehyde derivatives, Mario Sánchez, Obdulia Sánchez, Herbert Höpfl, Maria-Eugenia Ochoa, Dolores Castillo, Norberto Farfán, Susana Rojas Lima, *J. Organomet. Chem.* 2004, 689, 811-822.
- Cytotoxic activity, X-ray crystal structures and spectroscopic characterization of cobalt (II), copper (II) and zinc (II) coordination compounds with 2-substituted benzimidazoles, Obdulia Sánchez-Guadarrama, Horacio López-Sandoval, Francisco Sánchez-Bartez, Isabel García-Mora, Herbert Höpfl and Norah Barba-Behrens *J. Inorg. Biochem.* 2009, 103, 1204.
- Sus líneas de investigación son las siguientes:
- Síntesis, estudios espectroscópicos, estructurales y biológicos de compuestos órgano metálicos del grupo 7 (Mn, Re) en bajos estados de oxidación.
- Obtención de compuestos órgano metálicos quirales de carbonilos de Mn y Re renio con potenciales aplicaciones en catálisis.
- Nuevos compuestos de coordinación de metales de la primera serie de transición: síntesis, aspectos estructurales y estudio de su actividad biológica.
- Diseño de ensambles supramoleculares basados en compuestos órgano metálicos del grupo 7 (Mn, Re).
- Desarrollo de fases co-cristalinas de moléculas órgano metálicas de interés farmacéutico y en ciencias de los materiales.

P: ¿Por qué estimular las ciencias en el ser humano?

M: Ok, bueno, si somos un tanto conscientes de nuestro entorno, todo, la mayoría de lo que nos rodea y de lo que incluso usamos en nuestra vida cotidiana, tiene bases científicas. Me refiero a que todo, por ejemplo, todo mueble, nuestra ropa, incluso nuestro cuerpo, lleva a cabo un proceso químico. Entonces, desde ese punto de vista, ya enfocado por ejemplo en forma

particular en la ciencia, la Química está dentro de la ciencia, entre otras áreas, y por tanto, fomentar o saber de ciencia nos pone en perspectiva o nos siembra una conciencia con la humanidad de que realmente casi todo lo que nos rodea es ciencia. El estudio de la naturaleza al final de cuentas es también parte de la ciencia. Si bien como seres humanos las relaciones interpersonales y los sentimientos son importantes, también comprender nuestro entorno es importante. Por eso es importante tener conciencia o generar conciencia de ¿Qué es ciencia?, ¿Cómo me puede ayudar?, ¿Qué impacto tiene en mí como persona?

P: ¿Cuál es la intervención del pensamiento científico en la educación de nuestro país? ¿Crees que haya esta intervención del pensamiento científico cuando educamos a los niños, jóvenes, adolescentes?

R: Desde ese punto de vista, de manera implícita sí lo tenemos, porque, como te decía, en nuestra vida cotidiana hay mucha ciencia implícita. No obstante, de repente no nos lo hacen notar. Entonces, por ejemplo, en los niños o en los adolescentes o conforme vamos escalando en nuestros grados académicos, vamos tomando más conciencia de eso. De niños nos pueden poner a observar algo y decir a ver bueno ¿qué piensas? O incluso inducir al niño a elaborarse una hipótesis a partir de sus observaciones y después llevarlo a que experimente y llegue a unos resultados. Entonces, sí tenemos realmente esa cultura, aunque no necesariamente es la que podríamos desear como científicos. Pero en nuestra vida cotidiana inducimos al niño a que tome conciencia científica desde que le decimos: “*Mira este animalito, ¿ya viste cómo se mueve?*”, etc. Claro, nos falta de manera educativa a nivel básico inducir más este pensamiento científico.

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un ser humano cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Yo creo que es de gran impacto porque ya tienes más conciencia de todo. Por ejemplo, conociendo a un animalito que puede sentir dolor, o que incluso podríamos hasta aceptar que unos pueden tener unos sentimientos

un tanto elaborados, ya como humanos nos impacta, entre otras cosas, ver cómo funcionan el agua, nuestro cuerpo, etc. Sí tiene un impacto importante en la humanidad, o de nosotros como humanos en nuestro desarrollo posterior para así tomar una conciencia de algún proceso científico, incluso de nuestro propio cuerpo.

P: Desde tu experiencia, ¿cuál es el papel de los científicos en la vida humana?

R: Puede sonar muy redundante, pero, como te decía, sí hay un juego, más bien hay un papel muy importante de los científicos en la humanidad. Desde desarrollar medicamentos, explorar fuera de la Tierra, buscar qué hay, en nuestra vida cotidiana implementar procesos industriales, elaborar productos para tener un entorno, por ejemplo, desde el punto de vista del confort en casa o en el trabajo, etc. Yo creo que sin ciencia no habría mucho avance en nuestra vida cotidiana en cuestión de estar mejor, te decía, desde la confortabilidad de nuestro ambiente laboral, en nuestro entorno y sobre todo en todo lo que podemos usar o ver: las pantallas de teléfono, en nuestra casa el microondas, etc. Todo tiene una base científica.

P: ¿De qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico en un niño en nuestra sociedad? ¿Qué ventajas tendría ya a futuro en nuestra sociedad?

R: El desarrollo de un conocimiento científico de un niño es de gran importancia porque lo empiezas a enseñar a que tenga conciencia de lo que te acabo de decir. El que tenga un celular o un iPod o una televisión a su alcance, no es algo de una generación espontánea, sino más bien fue el proceso de investigaciones científicas. El que tenga un fármaco, incluso para salir de una gripe, es porque ya hubo un proceso de investigación detrás de eso. Entonces, el niño empieza a formar sus ideas un tanto más maduras en torno a esto. Por eso sí es importante desarrollar su conocimiento científico o estimular este tipo de conciencia. Porque yo pongo ejemplos de este estilo, pero hasta en nuestra vida personal, lo que hacemos al final de cuentas es

aplicar un método científico. Tú observas a una persona, puedes ver cómo actúa, y con base en eso puedes elaborar una hipótesis de me puede caer bien o no, puedo convivir o no y después tratarla, hacer el experimento y después llegar a un resultado. Pero como ya te decía, si todos estos pasos están implícitos en nuestra vida cotidiana, a veces no somos conscientes de ellos. Entonces, empezar a generar esa conciencia científica en un niño es importante porque a él incluso lo ayuda a madurar y a elegir en caso ya adulto, una actividad en qué desarrollarse, posiblemente hasta sea un científico brillante, un Premio Nobel. Pero si no estimulamos ese conocimiento científico desde edad temprana, es imposible llegar a una conclusión.

P: ¿Crees que el currículum tome en cuenta el pensamiento científico en la educación básica de nuestro país?

R: Yo creo que dependerá del área donde te encuentres. Por ejemplo, en nuestra área científica normalmente se considera. En las económicas y sociales... no estoy muy segura, posiblemente en algunos aspectos se considere, pero no sé, tal vez podría decir que no.

P: Desde tu experiencia en esta rama de la Facultad de Ciencias Químicas ¿sí se aplica?

R: Sí, claro, en este aspecto sí.

P: Considerando que desde tu área sí y en las otras puede ser que no, ¿qué propondrías o cómo debería de ser el currículum para incluir este desarrollo del pensamiento científico en la educación de nuestro país, o por qué deberían tenerlo las otras áreas?

R: Como te decía, al final de cuentas todo es resultado de un método científico, aunque no lo tengamos bien explícito o estipulado tal cual. Por ejemplo, en las socioeconómicas el resultado de una economía o de usar un modelo económico u otro, tendrá que ver precisamente con esto de observar, hacer una hipótesis, implementarlo, llegar a un resultado y ver si funciona. Entonces, es importante tener en cuenta esto porque incluso como profesionistas

nos ayudaría a desarrollarnos mucho más o tener incluso propuestas innovadoras en nuestra área de la que sea.

P: En tu experiencia, ¿los alumnos al iniciar la universidad cuentan con las suficientes bases científicas?

R: Una buena parte sí porque ya incluso desde la prepa, o desde el grado anterior, están un tanto direccionados a esta área. Sin embargo, hay personas que en último momento cambian, y a lo mejor es donde no están tan desarrolladas dichas bases, pero casi en la gran mayoría sí. No obstante, a pesar de que ya vienen un tanto encarrilados, por decirlo de esa forma, a veces les cuesta un poco que les caiga el veinte para que lleguen de verdad a desarrollar un método científico. Sobre todo en la parte experimental. Aquí, como es química, hay un parte teórica y una parte experimental. Entonces, en la experimental, que es donde más normalmente lo deberíamos aplicar, les cuesta un poco. Sin embargo, yo creo que sí ya vienen la gran mayoría con estas bases.

P: Siendo docente-investigadora, ¿cómo propondrías hacer una planeación didáctica para fomentar este pensamiento científico en los niños?

R: He participado en algunas ferias donde acuden chicos desde kínder hasta universidad o incluso posgrado. Normalmente los niños traen una curiosidad implícita y ahí, de repente, yo, que no había tenido mucha experiencia en trabajar con niños adolescentes o con más chiquitos porque a veces pensamos que nos cuesta, descubro que es al contrario: los niños son curiosos. Entonces, aprovecha esa curiosidad para implementar o para precisamente desarrollar o potencializar ese conocimiento científico. Normalmente, como Química-Inorgánica, llevo un taller de cristalitos, formar cristales y a los niños les atrae mucho eso porque los cristales, por su naturaleza propia, brillan y normalmente algo que brilla nos llama la atención. Les explicas cómo se lleva a cabo ese proceso y aparte la gran mayoría lo entiende, y así estimulas ese tipo de pensamiento científico. Hay un juego, “Mi alegría”, con un experimento: formar mis cristales o cristalizando, algo por el estilo, y lo podemos hacer en casa muy sencillo, y en ellos precisamente podemos

así potencializar este interés científico. Hay otras muchas actividades que puedes implementar en niños, donde llevas a cabo ese proceso del método científico. Normalmente el método científico empieza con observaciones, elaboración de hipótesis, experimentación, conclusión y hay que repetirlo, de manera general. A los niños constantemente se les está aplicando, aunque no se les está diciendo. Se les pone a observar una figura en el cuadrito este que tenemos de preescolar, incluso desde antes de preescolar, donde hay unas formas. Precisamente en una va a pasar y en otras no, si es un cuadrito va a pasar por el cuadrito, si es un rectángulo, no va a pasar por el cuadrito, si es un círculo va a pasar por el círculo, y así. El niño al principio no sabe cómo, pero si nosotros lo vamos guiando, posteriormente él ya va a saber que por el círculo va a pasar la pelotita, y así sucesivamente. Hay muchas didácticas que podríamos implementar y solo hay que tener un poquito de imaginación o incluso innovar. Plantar un árbol es lo mismo, llevamos un proceso, pero vamos por el árbol, lo vamos a plantar, vamos a esperar, vamos a elaborar una hipótesis: ¿Crecerá, no crecerá?, ¿En cuánto tiempo?, ¿Le tendré que poner agua o no? etc. Entonces, sí realmente hay varias didácticas que no necesariamente tendríamos que llevar en laboratorio de química para que se desarrollen. Muchos ejemplos son como los que te he comentado. No sé, a lo mejor desde que estoy pintando algo, vamos a ver: “Vamos a hacer un dibujo, vamos a implementar este método y vamos a decir, por ejemplo: ¿Qué te gusta? Observa: ¿Qué te gustaría pintar? Vamos a pintar. ¿Te saldrá bonito o no? ¿Te gustará o no te gustará?, etc.” Todo es nada más yo creo que adoptarlo, adaptarlo y posteriormente explicarlo para que quede claro. Porque si no, muchas de las veces dices: “Bueno y ¿como para qué me sirve?” Pero hay una gran área de oportunidad en esa parte, y desde ahí ya los niños empiezan a tener atracción por algo.

P: ¿Cuál sería la tarea del maestro para impulsar las bases del pensamiento científico desde el inicio de educación básica?

R: Yo creo que antes de ir al niño tendríamos que hablar con el maestro, tendríamos que educar al maestro de preescolar o de primaria y orientarlo

en esta forma de pensar. Es decir, ok, por ejemplo, tú explicas muchas cosas, pero tendríamos que educar al profe o al maestro antes que al niño. Una vez que el maestro ya llega con esta perspectiva, creo que el niño la adopta y tenemos un desarrollo científico en niños. Es un tanto difícil porque a veces, si no estamos muy inmiscuidos en un área científica, pensamos que es difícil, pensamos que es complicado. Algunos ejemplos de los que te he dicho realmente no son complicados y están implícitos en su didáctica, en su docencia a diario. Yo creo que nada más es orientar un poco al maestro o un mucho para que él ya pueda hacerlo con los niños de manera natural, ni siquiera necesitamos dinámicas muy elaboradas.

P: ¿Como orientar al docente a fin de que motive a los niños a ser curiosos, observadores y a que hagan preguntas?

R: Vamos a aplicar el método científico y a explicar ¿Por qué es ciencia? Posiblemente uno piense que los niños no lo van a interiorizar, pero a veces uno subestima mucho a los niños, y los niños nos ganan. Entonces, empezar desde pequeños a estimularlos es muy importante.

P: ¿Se debería entonces fortalecer la formación docente en las ciencias para impulsar este pensamiento científico?

R: Sí. Normalmente pienso y digo que con un curso o con un minicurso posiblemente cada periodo es suficiente. Yo creo que tampoco sería adecuado decir te tienes que aventar una maestría. Yo creo que simplemente hay que estimular y elaborar un complemento a su formación para que pueda llevar a cabo esta tarea.

P: Para terminar, desde tu experiencia ¿cuáles han sido las barreras o las problemáticas a las que se enfrenta el desarrollo del pensamiento científico en nuestra sociedad mexicana?

R: Ahora que te mencionaba lo de las ferias de las ciencias en que de repente he participado, te decía que los chicos de prepa ya llegan un tanto influenciados: “¿Qué va usted a hacer?” O “¿Qué nos va a enseñar?”, “No, pues,

Química”, “¡Ay no, está difícil!” Entonces en la secundaria, por ejemplo, hay una buena parte donde en lugar de desarrollar el conocimiento científico o de estimularlo, al contrario, como que se les frena o incluso se les empieza a transmitir miedo, de que es difícil, de que es tan difícil que no lo van a poder lograr. Pero si a un maestro le das un cursito de didáctica o de método científico aplicado a su didáctica, a su dinámica cotidiana, posiblemente empieza a interesar a los niños de que la ciencia es lo que te decía, lo que nos rodea, lo que nos permite tener un mueble, lo que nos permite ver colores, lo que nos permite entender fenómenos, etc. Y no tanto como de: “*Apréndete estas ecuaciones y si no, no pasas, adiós*”. Yo creo que a eso le tenemos miedo, más que otra cosa. Como idiosincrasia mexicana tenemos esos miedos. Puede sonar muy redundante y todo, pero llegamos a un punto donde decimos: “No, yo no voy a poder porque pues no.” Al contrario: “Decir sí sí vas a poder y haz todo lo posible para que suceda.” Entonces, eso nos falta, yo creo es lo que nos frena, es lo que no nos permite ser excelentes. Podemos ser buenos o medio buenos, pero no llegamos a ser excelentes, precisamente por eso, por esos miedos que tenemos o nos transmiten o nos fomentan, cuando debería de ser lo contrario. Pero eso viene incluso desde casa. De repente nuestra familia, nuestros papás, nuestro con quien convivamos, dice: “Te va a hacer mal”, “no lo toques”, “ten cuidado, va a explotar o algo”, y ni siquiera sabemos si eso es cierto. Entonces, creo que nos falta eso, arriesgarnos, quitarnos esos miedos.

E: Esa cultura.

M: Fomentada y arraigada que tenemos. Los niños llegan aquí y no quieren agarrar el material porque a lo mejor se les va a romper, pero porque alguien más le dijo: “Si lo rompes, lo pagas”, y entonces no quieren que pase eso porque no lo quieren romper y no lo quieren pagar. Es algo tan trivial. Y a veces decimos: “¿Agárralo y rómpelo si quieres”, pero ya aprendiste algo ¿no? Y ni modo, todo conocimiento tiene que pasar por ese proceso, si lo estás viendo y no lo tomas podrás pensar, imaginarte, decir que puede suceder

algo, pero no lo estás sabiendo porque no lo estás haciendo. Yo creo que nos falta esa parte, quitarnos miedos y sí desarrollar más esa parte de fomentar a los chicos a irse a un área científica. Les va a costar, no digo que es fácil, es un tanto complicado con respecto a otras áreas, pero no es imposible, todo es muy posible, siempre y cuando se lo propongan.



ENTREVISTA 3

Dr. Eric Vázquez Jáuregui, experto en el tema sobre el pensamiento científico

Investigador en la Universidad Nacional Autónoma de México en el Instituto de Física. Sus líneas de investigación son:

- Detección directa de materia oscura
- Física de astro partículas en laboratorios subterráneos
- Física experimental de neutrinos

Sus áreas de conocimiento son: el astro partículas, física nuclear y de radiaciones.

Algunos proyectos en los que ha participado son:

- Materia Oscura: Instrumentation Development to Observe the Invisible, 2018-2020.
- Laboratorio de ultra baja radioactividad para detectores de neutrinos y materia oscura, 2018-2018, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Análisis y simulación de ruidos de fondo en experimentos de neutrinos y de búsqueda de materia oscura, 2018-2019, y Dirección General de Asuntos del Personal Académico.
- La Frontera de la Intensidad después del Descubrimiento del Bosón de Higgs, 2016-2019, y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Búsqueda de materia oscura con los experimentos PICO y DEAP, 2016-2017, Dirección General de Asuntos del Personal Académico.
- Estos son algunos artículos en los que ha colaborado:

- DEAP-3600 Collaboration, First results from the DEAP-3600 dark matter search with argon at SNOLAB, Physical Review Letters, agosto de 2018; 121(7), 071801
- Amole, C; Ardid, M; Arnquist, IJ; Vázquez- Jáuregui, E, Dark Matter Search Results from the PICO-60C (3)F(8) Bubble Chamber, Physical Review Letters, junio de 2017; 25(118), 251301
- PCIO Collaboration, Dark Matter Search Results from the PICO-2L C3F8 Bubble Chamber, Physical Review Letters, junio de 2015; 114(23), 231302
- Ian Lawson, Nigel Smith and Eric Vázquez Jauregui, The SNOLAB Deep Underground Research Facility and Its Science Program, Nuclear Physics News, mayo de 2013; 23:1(2013), 5-9

P: Vamos a adentrarnos acerca del pensamiento científico en el niño, pero también en el ser humano. Vamos a hablar un poco acerca de formación docente, del ámbito escolar. ¿Qué se piensa de las ciencias en la sociedad, en la escuela? Lo que tú has vivido, queremos que tú nos cuentes tus experiencias y también tus conocimientos en esta área que tú conoces.

R: Ok vamos a empezar.

P: ¿Por qué es importante estimular las ciencias en el ser humano?

R: Bueno, yo creo que hay tres partes fundamentales de por qué es importante que el ser humano realice ciencia, y, bueno, están relacionadas con lo que nos hace humanos, aunque para mí son solo dos cosas: una es la ciencia y otra son las artes. Eso es lo único que nos va a diferenciar de cualquier especie en este planeta, ésas son las dos máximas expresiones del ser humano. Yo soy científico y trato obviamente de promover la parte científica. Ahora, ¿por qué en el ser humano? La primera: la ciencia es parte de la curiosidad, es parte de preguntarnos: ¿Por qué el universo? o ¿Por qué la naturaleza se comporta de esa forma? Eso, el simple hecho de hacernos esas preguntas e intentar responderlas es totalmente válido para poder realizar ciencia. Obviamente tú me podrías preguntar, bueno, y: ¿Eso de qué sirve? Y yo te puedo preguntar lo mismo: ¿De qué sirve una orquesta

sinfónica? Entonces, son las máximas expresiones del ser humano y eso es válido para que nosotros lo podamos hacer. La segunda: se hace ciencia porque a partir de ahí nosotros desarrollamos tecnología e innovación y eso mejora la calidad de vida del ser humano. Hay muchos ejemplos, desde las vacunas, que simplemente son el resultado de investigaciones científicas, o, si queremos ser algo más cercano a lo que yo hago, la física de partículas, donde se desarrolló el World Wide Web, el www, algo que revolucionó básicamente todo lo que hacemos en este planeta. Esas aplicaciones, eso que mejora la calidad de vida e incrementa la esperanza de vida y muchísimos beneficios que tenemos, vienen a partir de la ciencia. Y tercera: es la inspiración a los jóvenes, a los niños y el decirles tú puedes a partir de preguntas que tengas sobre la naturaleza, puedes vivir, puedes hacer una carrera, vivir bien y hacer lo que te apasiona, básicamente con beneficios a la sociedad.

P: ¿Cuál es la intervención del pensamiento científico en la educación de nuestro país? A manera general, lo que tú has visto. ¿Crees que haya esta intervención en la educación?

R: Yo creo que es muy reducido, es prácticamente nulo, generalmente aquellos que nos dedicamos a las ciencias es por uno o dos maestros que hicieron algo especial en la clase y eso nos motivó para ser científicos. Pero, realmente un programa dedicado donde los jóvenes reciban una componente científica, no lo está, y la forma más fácil de medir esto que te estoy diciendo es ver cómo se comportan los adultos. No recibieron ninguna educación, ninguna base científica, ninguna educación científica y sabemos que nuestro país está plagado de creencias, en charlatanería, en muchísimas cosas que no tienen ningún fundamento científico, desde la homeopatía, pasando por creer en fantasmas, ovnis, todo eso pues está basado en no tener una parte, una componente de educación científica desde la niñez y desde la adolescencia.

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un ser humano cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Yo creo que por un lado se vuelve más crítico de todo lo que acontece a su alrededor, ya no toma las cosas como vienen, ni las acepta, sino que las cuestiona, eso es algo como tener una mente abierta, como lo que llaman el *open mind*, y el *open mind* no quiere decir que recibas toda la información y aceptes todas las sugerencias. No, significa que tú recibas un comentario, una información, seas crítico de ella, investigues para ver si es válido o no es válido y en caso de que no sea válido lo rechaces, pero otro punto importante es que, si es válido pero va en contra de lo que tú crees, puedas cambiarlo y eso es muy complicado, y eso te lo da una base científica. Uno cree o la gente cree que el científico es alguien que lo sabe todo, y no, es alguien que basa lo que conoce sobre la naturaleza en información, pero válida, que se puede contrastar, que se puede evaluar, que se pueden hacer experimentos y no importa lo que uno crea. Yo puedo creer que el mundo lo creó un ser mágico y todo esto, y puedo tener esa información muy arraigada, pero una vez que desarrolles un pensamiento científico, entonces dices: “A ver, voy a cuestionar esto”, y aun cuando para mí esté muy arraigado en toda la educación que hemos recibido, yo debo de tener la mente abierta para decir: “A ver la información que tengo, todo esto no contrasta, lo puedo validar”, y entonces yo puedo cambiar y decir: “Es cierto, esto no es así”. Eso es básicamente lo que te aporta el conocimiento científico, ser crítico y tener una mente abierta. Pero sí para la entrevista quiero aclarar qué es una mente abierta, porque muchas veces uno cree que una mente abierta es la que recibe cualquier opinión y cualquier comentario, o sea, es válido que tú expreses tu opinión, pero de eso a que tenga validez, es diferente. La opinión debe venir de un experto y esa opinión está basada en conocimiento e información, desarrollado a través del método científico, y entonces eso sí tiene validez. Y bueno, uno como persona es lo que debe de hacer: criticar y, basado en información, ver si es correcto o no y tener la capacidad de cambiarlo.

P: ¿De qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico si se desarrolla desde niño, y a futuro, en nuestra sociedad?

R: De entrada, el hecho de que la gente recibiera un pensamiento científico desde la niñez, la haría más crítica. Lo que estoy diciendo es que dejaría de creer en cosas que no tienen ningún fundamento, y hasta salvaría vidas porque alguien que no recibió un pensamiento científico y se deja envolver por homeopatía o por curaciones mágicas; todo eso, pues, lo cuestionaría y ya no recibiría eso tan fácilmente, entonces, eso traería beneficios para la personas, para vivir más, para verse beneficiada y para criticar lo que acontece a su alrededor y en cualquier ámbito, desde social, cultural, político. Eso le daría un mejor razonamiento, bueno podría tener un mejor razonamiento sobre lo que acontece a su alrededor. Ésa es mi opinión sobre si alguien recibiera desde niño el pensamiento científico.

P: ¿Cuál es papel de los científicos en la vida humana?

R: Yo creo que la labor que tenemos es mejorar las condiciones de vida de la sociedad, ya sea por medio de la investigación básica o por medio de investigación aplicada; es resolver problemas que involucran al ser humano. Ésa debe de ser una de las misiones principales. Siendo un poco egoísta, uno inicia siendo científico porque le gusta, o sea, hay algo en la naturaleza que te llama la atención, hay un problema, te gustan las propiedades de materiales, te gusta estudiar el Universo, la astrofísica, o te gusta estudiar las partículas fundamentales, y en ese sentido es como un inicio egoísta porque es algo que a mí me interesa, me gusta aprender sobre esa naturaleza, pero ya conforme uno va envolviéndose en el ambiente pues uno empieza a desarrollar esto. Creo que lo que estoy haciendo debe de ser útil a la sociedad y ése es el punto principal: es algo que me gusta, es algo que me apasiona, para lo que soy bueno, que lo puedo hacer, que paso mucho tiempo trabajando en ello y que contribuye al beneficio del ser humano, de cualquier forma, no tiene que ser algo aplicado, puede ser investigación básica que después puede dar alguna tecnología o alguna innovación útil para hacer.

P: Desde tu experiencia, ¿cuál o cuáles son las barreras a las que enfrenta nuestra sociedad en el desarrollo de este pensamiento científico en el ser humano, en la sociedad mexicana?

R: Aquí en México hay muy poca gente preparada, y me refiero a los maestros que están con los niños para poder desarrollar ese pensamiento científico. Y se podría capacitar a los maestros, pero no hay planes para ir poco a poco metiendo en los planes de las actividades con los niños la parte científica. A lo mejor sí hay algunas excepciones, algún maestro que da un poco más de lo que realmente hace la gran mayoría, pero yo creo que no hay un plan, yo no veo, salvo los libros en que se tocan algunos temas, no hay un plan dedicado donde diga “esta parte de la ciencia debe de ir pegada a la educación desde el jardín de los niños, la primaria, hasta que salgan de la preparatoria”. Eso es lo que yo siento que haría falta, que se le diera un mayor peso a la ciencia, y también a las artes, pero la parte científica es la que yo desarrollo y creo que debería de tener un mejor plan para la educación en México, y eso yo no lo veo.

P: Ahora vamos a hablar sobre tu experiencia como docente. ¿Los alumnos, cuando inician la universidad, cuentan con las suficientes bases científicas?

R: Yo creo que la gran mayoría de la población de estudiantes no. Muchos de los que entran a carreras científicas las tienen, pero porque hicieron algo más, se preocuparon porque querían hacer ciencia y entonces se pusieron a trabajar más en tener esas bases. O las aprenden en los primeros años de la carrera, pero creo que no hay esa base científica que está basada de hecho en las matemáticas. Pero entender mucho la parte de matemáticas, eso no se tiene, y la prueba de esto son los lugares en los cuales México sale evaluado siempre, cuando se hacen exámenes sobre la capacidad de los alumnos en hacer matemáticas. Entonces, esas bases definitivamente no se tienen. Aquellos que hacen ciencia, aquellos que se van a una universidad a estudiar una licenciatura en Física, en Matemáticas, en Química, en Biología, por ejemplo, es porque algo más hicieron, algo más desarrollaron,

algo más buscaron para poder tener al menos el mínimo y poder dar un salto a hacer una carrera científica.

P: ¿Qué estrategia propondrías para enseñar contenidos con pensamiento científico en el aula?

R: Yo creo que hacer experimentos, de física, de química, de biología. En la parte de matemáticas, bueno, problemas tipo acertijos. Pero en la parte de física, química y biología serían experimentos. Sería mostrarles a los niños una vez a la semana, o tal vez una vez cada dos semanas o un par de veces al mes, no sé cuál sería la mejor propuesta, un experimento donde viera el niño cómo funciona un aspecto de la naturaleza, de algo muy sencillo, desde un prisma al ver cómo se separa la luz en los diferentes colores. Eso iba a despertar la curiosidad, preguntar: “¿Por qué está pasando esto?” El dejarlos hacer preguntas, el simplemente mostrarles el experimento y que ellos pregunten: “¿Por qué pasa eso?” Y que ellos se vayan interesando en todos los fenómenos interesantes que hay en la naturaleza. Pero sí, mi propuesta para poderles transmitir a los niños la parte científica, para el pensamiento ese, es hacer experimentos; es lo mejor, olvídate de resolver en el pizarrón algunas ecuaciones o problemas o mostrarles fotos, nada, es una vez llevarles un experimento, que vean ellos algo muy interesante, y eso va a ayudar muchísimo.

P: ¿Cómo desarrollarías también la habilidad científica, y además la habilidad?

R: Yo creo que si se involucraran en la parte de estos experimentos la habilidad la iban a desarrollar porque ellos iban a empezar a hacer preguntas, y con base en esas preguntas iban a investigar y a encontrar las respuestas de algún experto o en algún libro, lo que es básicamente una de las partes fundamentales de esta habilidad. ¿Cómo es que pasa este fenómeno? ¿Cómo es que funciona esto? Y yo voy e investigo y puedo hacer experimentos. Yo creo que el hecho de recibir esta parte de estos experimentos, iba a dar

tarde o temprano un lugar a la habilidad de manera natural, y ya luego la parte formal, donde sería la parte del desarrollo matemático. Para trabajar en la física la base son las matemáticas. Entonces, ahora sí se necesitaría un programa para poder desarrollar la parte matemática. Y una de las primeras acciones sería quitarse el tabú de que es complicado y hasta tratar de hacerlo atractivo, divertido para ellos, con aplicaciones, con cosas tangibles que ellos puedan ver, medir, que estén a su alrededor. Eso es lo que yo creo. Yo creo que surgiría esa habilidad a partir de despertarles el interés. Cuando tú no tienes una habilidad, pero un tema te apasiona mucho, tú lo buscas, tú investigas, y esa habilidad la vas desarrollando, no es algo que traigas innato, sino que la vas desarrollando.

P: ¿Cuál sería la tarea del maestro para impulsar estas bases del pensamiento científico desde que inicia educación básica?

R: Yo creo que dejarles a los niños la libertad de preguntar y no ponerles proyectos donde tengan que seguir paso a paso una receta. Muchas veces platicamos que todos los que somos científicos lo somos porque somos todavía niños que nos preguntamos algo, vemos algo de la naturaleza, nos preguntamos y lo intentamos resolver. Pero el sistema en los niños va acabando, va apagando esa curiosidad. ¿Por qué? Porque en los libros y en la mayoría de los ejercicios que resuelven son pasos: Paso uno, haga esto; paso dos, haga esto; paso, tres resuelva esto. Es como una receta y no dejan que el niño desarrolle simplemente esa habilidad innata que trae, la de preguntarse, de ver algo y decir: “¡Ah caray, esto es lo que está pasando!”. Y no se le da tiempo al niño entonces. Yo creo que la responsabilidad del maestro es, por un lado, tener la capacidad de hacer algún experimento sobre ciencia, sobre física, química, biología; y por otro, no traerlo como una receta, sino dejar que el niño empiece a hacer preguntas y lo vaya guiando para resolver esas preguntas. Eso yo creo que sería lo más importante, no dejar que se apague, no dejar que cuando haga una pregunta se corte todo, sino dejar que ellos vayan preguntando, básicamente.

P: ¿Se debería entonces fortalecer la formación docente en las ciencias para impulsar el pensamiento científico?

R: Sí, definitivamente. Desconozco cómo son los cursos a los que van los maestros, pero creo que valdría la pena en todas estas sesiones que tienen, estas de consejo, o en alguna de estas preparaciones que tienen antes de que empiece el ciclo escolar, una sesión dedicada a la ciencia, no tomaría mucho tiempo. Alguien que vaya y les explique o alguien que se asigne y les explique en una mesa dos experimentos. Lo que tiene que hacer es dejar que el niño pregunte, mostrarle esto, que él lo haga también y que empiece a preguntar, y tú que lo vayas guiando para que él encuentre las respuestas. Yo creo que eso sería más o menos lo que el docente podría hacer. Pero es muy complicado coordinar estas actividades para todo un estado, para todo un país. Se necesitaría un plan definido.

P: ¿Por qué te dedicas a la ciencia? ¿Qué te impulsó a estudiar, a investigar, a ser científico?

R: La historia detrás de esto es cuando yo estaba en la prepa. Me gustaba mucho observar el cielo, ver las estrellas y saber que había más, y preguntarme qué había ahí, y ése fue el detonante de la curiosidad. Y luego me gustaron mucho las matemáticas, todo lo que resolvíamos en la prepa me gustó mucho. Y encontré la conexión entre poder explicar fenómenos de la naturaleza por medio de las matemáticas, es decir, el que yo aventara una pelota al aire y que yo pudiera con matemáticas predecir dónde iba a poder estar un segundo, dos segundos, tres segundos después, qué velocidad iba a tener. Eso se me hizo muy bonito. Y así fue como me decidí a hacer ciencia. Fueron esas dos partes, la parte de la matemática de poder describir a la naturaleza, y la parte del Universo. De hecho, ahorita en mi área hago astrofísica de partículas, y esas preguntas de “¿Qué había más allá en las estrellas?”, pues llegué a que no sabemos los componentes del Universo, solo sabemos el cinco por ciento, el noventa y cinco por ciento del Universo es desconocido, y ahí encontré mi vocación para la parte de

la física. Y ahora trabajo en lo que se llama búsqueda de materia oscura, que es el veinticinco por ciento del Universo. Inició todo por la curiosidad, por saber de qué estaba hecho el Universo. Lo que te decía: es un poco egoísta. Al principio uno busca algo que le apasione, y eso fue lo que a mí me apasionó, saber, aprender más del Universo y ver la belleza de un objeto a partir de las matemáticas. Así fue como inició para mí la ciencia.



ENTREVISTA 4

Dra. Luz del Carmen Montes Pacheco, experta en el tema pedagógico relacionado con el tema científico

Doctora en Educación por el programa interinstitucional del Sistema Universitario Jesuita, en el plantel Puebla (2009). Maestra en Calidad de la Educación por la Fundación Universidad de las Américas Puebla (1999). Ing. en Alimentos por la Universidad Autónoma Metropolitana-Izt. (1987). Actualmente Coordinadora del Doctorado Interinstitucional en Educación en la Universidad Iberoamericana Puebla. Con 18 años de antigüedad en esta institución desempeñando diferentes cargos.

Pertenece al Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE) como asociada, a la Red Interuniversitaria de Investigación Educativa Puebla (REDIIEP). Con interés de investigación en formación metodológica de estudiantes y profesores universitarios, práctica docente, investigación de la investigación educativa y formación de profesores. Los proyectos de investigación actuales son: “*Diagnóstico estatal sobre la investigación educativa en Puebla*” y “*Perfil de aspirantes a la LEPRIM en Baja California Sur, Puebla y Veracruz.*”

Experiencia docente en posgrados en educación y en ciencias sociales; en programas de formación y actualización docente; además de programas de licenciatura en las áreas de educación, ingenierías y nutrición.

Directora de tesis de maestría y doctorado en programas de educación. Con experiencia en arbitraje de artículos en proceso de pares ciegos

y evaluadora en los procesos de admisión de los doctorados de Educación y Administración en la Universidad Iberoamericana Puebla. Con aproximadamente 60 artículos de opinión y divulgación publicados de 2009 a la fecha y con tres artículos publicados en revistas arbitradas, dos capítulos de libro, una coordinación de libro y participación en múltiples congresos tanto nacionales como internacionales.

P: Primero, ¿por qué estimular las ciencias en el ser humano?

R: Por muchas razones. Primero porque te permite desarrollar un pensamiento para encontrarle sentido a lo que pasa o buscar explicaciones. Yo digo que trabaja la curiosidad, la motivación por lo que sucede y también contribuyes al desarrollo del pensamiento crítico, que es un pensamiento que te permite decidir qué hacer, en qué creer. Sí, para tomar decisiones me parece que es fundamental en tu vida y para entender el mundo y lo que pasa en él.

P: ¿Cuál es la intervención del pensamiento científico en la educación de nuestro país?

R: Definitivamente, yo creo que en nuestro país no está, no tiene el desarrollo científico que debiera. Pocos estudiantes quieren estudiar ciencias, matemáticas, física, o sea, hay muy pocos jóvenes que se interesan en esas áreas y esto es un indicador de desarrollo científico-tecnológico del país. Nosotros importamos casi todo lo que hay en ciencia y tecnología. Sí, hay desarrollo, hay universidades que tienen mucha investigación, pero es muy poco comparado con otros países. Claro, no se trata solo de una comparación, sino que si queremos un desarrollo social sólido, una de las áreas que tenemos que trabajar es el desarrollo científico y tecnológico. Entonces, hay mucho que hacer ahí, mucho, tenemos que fomentar que los estudiantes quieran estudiar ciencias, las humanidades son importantes, pero, debe haber un balance y una proporción de acuerdo con el desarrollo integral de nuestro país.

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un ser humano cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Yo creo que te permite tomar decisiones más fundamentadas, digamos, que como puedes hacer una lectura de lo que pasa, una lectura del mundo, entonces puedes decir, por ejemplo, toda esta problemática que tenemos sobre el deterioro del medio ambiente, sobre estilos de vida, o sea, el pensamiento científico contribuye a que tomemos decisiones de vida y cambiemos nuestro estilo de vida por una razón científica y no por razones esotéricas, no por lo que dice la gente. Entonces, yo creo que es el tipo de pensamiento que te abre el mundo, a través del cual encuentras las explicaciones, pero puedes tomar decisiones basadas en información, no te crees todo lo que te dicen. Y necesitamos ciudadanos así.

P: ¿De qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico en un niño en nuestra sociedad?

R: Yo creo que para eso, para entender al mundo de otra manera y sobre todo para fundamentar o más bien para desarrollar la curiosidad, la exploración. Hay una frase de uno de mis hijos que me gusta mucho y que le dijo al otro, porque tengo un hijo que estudia matemáticas, y entonces el chico le dijo: “Es que lo padre de estudiar ciencias es que todos los días puedes maravillarte.” Entonces, claro cuando uno está estudiando ciencias pues te maravillan todas las cosas que lees, que entiendes, que te explican. Yo creo que el hecho de que un niño pueda ver la diversidad vegetal, la diversidad animal, lo que sucede en los fenómenos climáticos y lo puedan mirar con unos ojos científicos, hace que crezcas mucho como persona y que te maravilles todos los días de lo que estás viendo. El mundo social es muy interesante y te desarrolla, o también el pensamiento científico, pero, me parece que hay ciertas ciencias que te conectan más con la naturaleza, con lo que sucede, con los fenómenos diarios. Entonces, yo creo que es un buen antecedente para que eventualmente escojan estudiar ciencias en la licenciatura o como profesión.

P: ¿Crees que el currículum toma en cuenta el pensamiento científico en educación básica?

R: No conozco mucho el currículum de área básica, es decir, lo he visto, pero nunca lo he operado y nunca lo he evaluado. Pero yo creo que sí lo toma en cuenta, mi percepción es que a veces saturamos demasiado el currículum porque queremos que aprendan de todo y entonces no hay tiempos para trabajarlo. Por ejemplo, mis hijos estudiaron en una escuela de un modelo que se llama High Scope, en ese tiempo, ahora no sé cómo está la escuela, pero en ese tiempo diario dedicaban al menos una hora o dos horas, ya no me acuerdo, para un proyecto que ellos desarrollaban. Entonces planeaban, ejecutaban y evaluaban lo que ellos quisieran, pero era una actividad diaria. Independientemente del currículum que tuvieran, también trabajan las matemáticas, la física, pero era ese tipo de actividad en que el niño decide qué quiere, decide cómo ejecutarla y luego evalúa como lo está haciendo, es una ruta que todos deberíamos seguir para la vida, no solo para la escuela. Me parece que hay ciertas estrategias, más que contenidos, que pueden trabajarse en educación básica y que contribuyen al desarrollo del pensamiento científico.

P: ¿Cómo debería de ser el currículum para incluir estas bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la educación de nuestro país?

R: Yo creo que así, con estrategias, a lo mejor muy pequeñas o que no quiten mucho espacio, pero, en el que el niño pueda tomar decisiones y pueda fundamentar esas decisiones. De hecho, ya desde hace tiempo está incluido esto de desarrollo de proyectos como estrategia de aprendizaje, pero yo creo que también necesitamos mucha formación de profesores para que ellos puedan delegar esta libertad en el niño. Porque lo que yo he visto en formación de profesores, que creo que vamos a ir para allá, es que al profesor le gusta tener el control de lo que pasa, entonces, transferir ese control es muy difícil.

P: Desde tu práctica educativa en educación superior, ¿has observado una abundancia o ausencia del pensamiento científico en el alumno?

R: Es muy difícil valorar qué tanto hay, pero sí, yo creo que nos estamos quedando cortos, que a los estudiantes, por lo menos puedo decirte de cuando yo di algunas veces un curso de matemáticas para ingenieros de primer semestre, no les gustan las matemáticas. Por eso dices: “¿Por qué estás optando por una ingeniería?” Creo definitivamente que en todos los niveles educativos tenemos que leer sobre ciencia, sobre *¿Qué es la ciencia?* Pasar de este mito. A mí todavía me llegaban pensando que el método científico es el de los cuatro pasos y que sólo hay un método científico para explicar las cosas. Me parece que es un error. Tendríamos que estudiar desde secundaria cómo ha evolucionado el pensamiento en la humanidad. No podemos quedarnos en Galileo, sino tenemos que explorar qué sigue después de Galileo. Yo creo que hace falta eso, leer sobre ciencia, tenemos muchos museos sobre ciencia y explotar más esos recursos que tenemos en educación básica, en la media superior y en la superior. O sea, los estudiantes de licenciatura tienen que aprender a leer o tienen que saber un libro de matemáticas, un libro de química, porque nos estamos quedando cortos y hay que trabajar mucho pues en principio son los profesionales que en el futuro van a resolver los problemas que tengamos. Sí, tenemos que trabajar más en el fomento del desarrollo del pensamiento científico.

P: Va aunado con lo que decías de trabajar por proyectos. ¿Qué estrategias propondrías para enseñar contenidos con pensamiento científico dentro del aula?

M: Trabajo desde hace mucho tiempo el desarrollo de proyectos en todas las materias que doy. Yo creo que el desarrollo de proyectos te permite tener esa mirada desde la ciencia para que expliques qué es lo que sucede. Para que puedas proponer eventualmente cómo hay que mejorar lo que estás viendo. Me parece que no todo tiene que ser investigación. El desarrollo de proyectos busca que niños, jóvenes y estudiantes de licenciatura aprendan

qué es un diseño, cómo se desarrolla un prototipo. Y los profesores tenemos que prepararnos para eso. En mi experiencia ésa es una estrategia, una tarea a la cual los profesores le tienen miedo. Por tanto hay que trabajar con los profesores a fin de que ellos desarrollen esas habilidades para el acompañamiento de los estudiantes, para que deleguen y les den más libertad de seleccionar, de decidir, de qué hacer. Uno tiene que ser ahí un acompañante para ellos. Hay que trabajar desde el currículum hasta la formación. Finalmente, es una parte importante el currículum, pero la formación de profesores en desarrollo de proyectos lo es más y hay mucho que hacer ahí.

P: Entonces, ¿cuál sería la tarea del maestro para impulsar en los estudiantes las bases del pensamiento científico desde el inicio de educación básica?

R: Yo creo que darles la libertad para eso, para que tomen decisiones. En esta área de la que te platicaba yo que tenían mis hijos, los profesores lo que hacían solo era acompañarlos, preguntarles: ¿Cuál es tu plan? ¿Cómo lo vas a ejecutar? ¿En cuánto tiempo? ¿Cómo vas a ver si funciona? En realidad, no es difícil, es decir, solo hay de veras que transferir la responsabilidad, pero no dejándolos completamente solos, sino acompañándolos, siendo un mediador y un facilitador. Me parece que eso no lo hemos aprendido en México todavía. Está mucho en el discurso, pero todavía los profesores no estamos preparados para eso. Además, eso es muy difícil porque tú le puedes dar una estrategia a un profesor: mira, haz esto, haz aquello, pero cuando está con los estudiantes, quitarse el poder es muy difícil. Es un asunto de convicción, de preparación psicológica, pero sobre todo de convicción para poder. Los profesores debemos de estar conscientes de que ése es el mejor camino para que un estudiante desarrolle su mente.

P: ¿Se debería entonces fortalecer la formación docente en las ciencias para impulsar el pensamiento científico, y cómo?

R: Sí, definitivamente. Creo que en muchos casos los profesores no estamos preparados para eso. Hay que prepararnos. La mejor manera de

prepararnos entre nosotros es grupalmente, porque un curso no sirve de nada. Grupalmente la investigación-acción es la mejor manera de hacerlo, y trabajar estas estrategias con los profesores para que después ellos lo hagan con sus alumnos. Es una cadena. Tenemos también que cambiar el estilo de formación docente porque un profesor que tiene una licenciatura en primaria o en secundaria con especialidad en Matemáticas, lo que he visto es que tienen la misma preparación que no queremos, o sea, la misma ruta que no queremos, es decir, la repetición, la memorización, el privilegio de los algoritmos, y no esta exploración y comprensión del mundo, no la comprensión de las matemáticas a partir de lo que sucede, sino, a partir de las reglas que existen desde hace mucho tiempo. Hay que mirar un fenómeno desde las matemáticas, la biología, la física o las ciencias sociales. Me parece que nuestra formación de profesores no está plantada ahí. Está plantada en un modelo tradicional. Así los forman y luego quieren que sean muy innovadores y muy activos y que sean mediadores con los estudiantes, cuando ellos fueron formados toda su trayectoria escolar con un esquema tradicional. Su formación inicial con una formación tradicional. Entonces, de dónde van a tener herramientas para cambiar su método de enseñanza con los niños. Estamos mal desde el principio.

P: Desde tu experiencia, ¿cuál o cuáles son las problemáticas del pensamiento científico a las que se enfrenta nuestra sociedad?

R: Yo creo que en general somos una sociedad muy acrítica. Creemos lo que nos dicen, no cuestionamos, muchas veces tomamos decisiones con el estómago y no con la mente. Tenemos que trabajar más sobre tomar decisiones de vida, decisiones profesionales, con base en una serie de premisas que nos permitan tomar una decisión informada. Tenemos mucha manipulación de los medios. No somos un país en el que se lea mucho, en el que se estudie mucho. Necesitamos trabajar una cultura de información que vaya más allá de internet, más bien de cómo proceso esa información y qué me están diciendo los medios para poder tomar una decisión y además

acudir a más que los medios. Es decir, creo que todavía somos una cultura bastante acrítica. Y lo otro es que no levantamos la mano, o sea, nos retiramos o nos callamos, pero no decimos lo que pensamos y no decimos lo que queremos y por qué lo queremos. Nos hace falta mucho por caminar como país, como pueblo.



ENTREVISTA 5

Mtro. José Rafael de Regil Vélez, docente y experto en el área pedagógica

Maestro en Educación Humanista y Desarrollo Humanizante. Licenciatura en Filosofía y créditos concluidos en Periodismo.

Ha sido docente en bachillerato, licenciatura y posgrados desde 1988, en áreas de Filosofía, de Educación, Comunicación, Publicidad, Periodismo y en asignaturas de formación humanista.

Ha colaborado en instituciones como Instituto Salesiano de Estudios Superiores, Universidad Pontificia de México, Universidad de la Comunicación, Universidad Iberoamericana Cd. de México, Universidad Salesiana, Universidad Iberoamericana Puebla, Instituto de Estudios Universitarios y Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Hasta hace poco tiempo realizó labores docentes en la formación de estudiantes y profesores de la Preparatoria Ibero Puebla, la licenciatura de procesos educativos de la Universidad Iberoamericana Puebla, los posgrados de profesionalización docentes de la UPAEP y en UPAEP on line, CEUNI y Universidad Mesoamericana, y en la formación de personal y docentes de diversas instituciones en diferentes niveles educativos.

En la administración universitaria fue el líder de proyecto en la fundación del Instituto Salesiano de Estudios Superiores y también coordinador de su licenciatura en filosofía; coordinador del grupo de licenciatura en Filosofía a distancia de la Universidad del Valle de Atemajac en el Distrito Federal. También, coordinó el equipo que diseñó la Fundación del Instituto

Filosófico Tomás de Aquino, en León, Guanajuato. Fue académico de tiempo en formación humanista en el equipo encargado de proyectos editoriales y publicaciones (Universidad Iberoamericana Ciudad de México), Vicerrector de Servicios Educativo Pastorales (Universidad Salesiana); Director del Centro de Pastoral Universitaria, del Centro de Formación Humanista y asistente de rectoría (Universidad Iberoamericana Puebla).

En el 2007 y por siete años y medio asumió la tarea de ser el Director Fundador de la Preparatoria Ibero Tlaxcala. Después apoyó como Coordinador de Formación y Evaluación de Profesores de la Coordinación Ejecutiva de las Preparatorias Ibero de la Universidad Iberoamericana Puebla.

En esta misma universidad, a la que llegó en 1998, fue Coordinador de Formación Ignaciana en la Preparatoria Ibero Puebla.

P: ¿Cuál es o cuál debería de ser el papel del pensamiento científico en el niño?

R: Habría que pensar no en el niño, sino en el ser humano, pensando que el niño ya es un humano que se está formando como humano y que la formación del humano no termina nunca. Yo creo que el ser humano es muy complejo, que tiene que enfrentarse a la realidad en la que esté inmerso de una manera u otra, y en esa manera u otra hay distintas posibilidades. Una es una manera de ver a la realidad muy ingenua, esto es, en lo que me han dicho, lo que parece, y si yo no encuentro respuestas se lo atribuyo a seres imaginarios, a cosas así, lo cual me permite a mí quedarme tranquilo, pero no necesariamente me permite conformar la realidad o adaptarme a ella, lo que se necesite. Me parece que la actitud científica, no solo el pensamiento, sino la actitud científica, permite ver cómo se alterna esto que es muy espontáneo: la manera normal o cotidiana de ver la realidad, con algo más profundo, para descubrir que no solo es lo que siempre ha sido o porque sea así, sino que son las causas de las propias cosas. Entonces, si se poncha la llanta de mi carro yo supongo que es porque algún objeto rompió el hule y no porque Dios quiso que en este momento me sucediera. O si

perdí el matrimonio no es por mala suerte, posiblemente hayan sucedido ciertos factores que hayan imposibilitado la relación de las personas y la comunicación que esto supone. El pensamiento científico lo que permite es ir dando razón de las cosas por sus causas, por las causas que tienen que ver en cómo funciona la realidad por sí misma, porque hay causas de otra índole, son causas tecnológicas, son causas de origen que son más filosóficas. Ahora para eso hay que definir ciencia, y la ciencia es la explicación de las cosas por sus causas a través de métodos establecidos o métodos que se establecen y con pretensiones de sistematización en una visión integrada de la realidad. Lo que consideramos comúnmente como pensamiento científico es un pensamiento que está en permanente construcción porque ante las preguntas de la realidad las respuestas duran internas para encontrar una mejor respuesta. Cuando encontramos una mejor respuesta dejamos de lado las que hemos ido obteniendo. Al pensamiento filosófico también hay que verlo como pensamiento científico, porque también da razón de las cosas por sus causas y pretende que nunca haya respuestas establecidas y que las preguntas empiecen. En cambio en las ciencias las respuestas siempre son nuevas. Con estas dos perspectivas: la filosófica, la científica-experencial, el ser humano puede lidiar con la realidad de una manera mucho más (voy a utilizar una palabra que tal vez no debería pero que nos da en este momento una mejor respuesta) funcional, o sea que funcionen mejor las cosas, en última instancia una vida que es el ser humano y que el mundo pueda ser mundo y que haya un equilibrio entre lo que soy yo y lo que son los demás y lo que es la realidad en la que yo vivo. ¿Por qué es importante? Por eso, porque te pone las bases. Ahora quisiera decir, y es importante en la medida que desde chico se van poniendo las bases para un punto central de las ciencias, que es la matematización de la realidad, poder pensar las cosas, más allá de los dedos y del sentido común, generar datos que nos sirvan para prevenir, digamos, la diabetes. De otra manera, para poder establecer las áreas de mejora de un modo más sistemático, más claro y todo eso, es por el proceso de la matematización, y la matematización va siendo como

forma de pensar la realidad y una manera de actuar conforme desde chico vas trabajando en ella. Y a la gente que nunca ha sistematizado la realidad, le cuesta mucho trabajo pensar más allá de repetir autores, que eso es pensamiento científico y esto simplemente repetición de lo que los demás han dicho. El pensamiento científico requiere una curiosidad, una capacidad de preguntarse, y entre más chico sea cultivado, será mejor como actitudinal.

P: ¿Por qué estimular las ciencias en el niño?

R: Pues por lo que ya comenté: porque es una manera de crecer y relacionarte con la realidad, o sea, es muy difícil que a los treinta y cinco años empieces a relacionarte con la realidad de manera menos ingenua si nunca has preguntado cosas o si tu etapa de preguntar se acabó a los siete años, cuando ya te dijeron “Deja de preguntar”, o cuando solo preguntas de manera superficial. o cuando no eres capaz de crear y recrear métodos. Entonces, entre más chico comiences es mejor. El asunto sería un asunto didáctico: ¿cómo comienzas?

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un niño cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Primero, influye en darle herramientas de criticidad, o sea, del explicarse el por qué y el para qué de las cosas. Influye en la medida en que es capaz de manejar diversas fuentes de información para crear su propia idea, y esa idea hay que contrastarla con la realidad de lo que está hablando. Entonces, para todos nos resulta más fácil creerle a nuestra mamá, creerle a la iglesia, creerles a nuestros maestros. Pero el niño en la medida que va teniendo un pensamiento más autónomo, más inquisitivo, va logrando una visión diferente del mundo. Ahora, no solo se necesita pensar en científico, también se requiere una sensibilidad tecnológica, entendiendo la tecnología como la aplicación de lo científico en la vida cotidiana. ¿Por qué? Porque en realidad no se trata del pensamiento científico, se trata de vivir lo más humanamente posible, y lo más humanamente posible implica una manera

de interactuar con la realidad, que puede ser muy elemental o puede ser un poco más compleja y más asertiva.

P: ¿Este pensamiento tiene alguna relevancia personal para su promoción en la educación de un niño?

R: Sí, por supuesto. La relevancia de darle herramientas para relacionarse con el mundo por ti mismo de una manera más crítica, fundamentada, sistemática.

P: ¿Cuál es el papel de los científicos en la historia humana?

R: Dudar de las cosas, buscar respuestas, buscar respuestas para la vida humana, no solo para la explicación por si misma de las cosas, y eso pone las bases para actuar de una manera diferente. Por ejemplo, hoy podríamos estudiar ciertas cosas de salud porque hubo un lugar donde se crearon condiciones para que otros hicieran tecnología, como las vacunas, y hoy podamos cuidarnos y vacunarnos. Hay gente, y ése es un buen ejemplo, que dice que las vacunas no sirven para nada. En Europa están teniendo un problemón espantoso por falta de capacidad de discernimiento científico o de visión científica. No tienes tú que ser científico, pero tienes que poder dialogar con el trabajo de los científicos, y los científicos lo que hacen es eso. Todo científico debería poder difundir la ciencia, y no todos los científicos lo hacen. Creo que hay un papel importante no solo en lo científico, sino en la difusión de la ciencia.

P: ¿De qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico en un niño en nuestra sociedad?

R: Creando condiciones para poder afrontar los desafíos de la realidad en este momento, y en el futuro de otra manera. Por ejemplo, hoy pensamos mucho más ecológicamente o más sustentablemente, y eso es porque hace años a los niños se les ayudó a ver la realidad de una manera diferente. Entonces, se requieren ciertos cambios donde se camine más a la autonomía de las personas, y la formación científica de los niños es importante en esto.

P: Tú que tiene la experiencia en el área de preparatoria, ¿pudiste observar con los alumnos, estos alumnos al iniciar la educación preparatoria, si contaban con las suficientes bases científicas?

R: Sí, pero yo creo que no contaban con ellas. Y creo que no porque incluso sus profesores, aunque tengan una carrera de ciencias, tampoco piensan científicamente. Yo creo que hay un problema de actitud científica muy grande y creo que las escuelas han contribuido en ello. Hoy, si tú no refieres a alguien en algo de lo que tú digas, no sirve. Entonces deja de ser importante lo que se dice para que sea importante quién dices que lo dice. Los profesores de ciencia con licenciatura en Química, que en teoría serían científicos, o licenciatura en Biología, vienen a decirte lo que otros dijeron, no tienen necesariamente una actitud científica. No creo que solo haya que formar en conocimiento científico, más bien en la actitud científica, y una cosa que me parece importante, es el principio de transacción, o sea, dudar de las verdades de las respuestas dadas a las cosas, para poder avanzar en la comprensión del mundo. Pero no vas a dudar si a lo que te dedicas es a reverenciar a quien lo dijo. Yo creo que los niños no llegaron preparados siendo niños ni los profesores siendo profesores. Es un poco difícil que un profesor deje que el chico ensaye sus preguntas y sus respuestas y formule sus hipótesis. Nosotros, como preparatoria, diseñamos una metodología. Se hace a partir de trabajos colaborativos en donde lo que nos interesa es que los chicos encuentren problemas reales y soluciones auténticas mejorando las opiniones que tienen sobre las cosas. O sea, empiezan con ideas muy ingenuas, van adentrándose en el tema, van buscando posibles respuestas cada vez más sensatas, hasta que sean capaces de formular bien la pregunta y una posible respuesta, y entonces van avanzando hasta que logran ir haciendo una superación de la manera de ver el problema y llegar a encontrar una cierta solución. Eso hace que algunas personas tengan una cierta inquietud por encontrar respuestas más sólidas a lo que hacen, aunque creo que es un problema porque en la propia preparatoria, hay gentes que lo dirigen y toman decisiones sin datos, o sea, no son capaces

de problematizar la realidad más allá de su nariz, y eso lo dificulta. Pero, bueno, supongo que es una permanente lucha del ser humano de contentarse con lo establecido y ver la realidad de una manera diferente para dar pasos. Por eso yo decía que va a ser más fácil si desde niño te acostumbras a hablar con datos, te acostumbran a hacerte preguntas.

P: ¿Cómo planear para fomentar esta actitud científica y las bases para la inducción del pensamiento científico en los niños?

R: Con proyectos, con problemas, o sea, permitiendo que los chicos se enfrenten a una problematización y administren un proyecto que permita responder a la problematización. Es un poco la idea del aprendizaje basado en proyectos, que yo creo que es buena idea, y no porque sea una metodología de moda, sino porque el solo repetir información no es tener la capacidad de relacionarte con la realidad.

P: ¿Cuál sería la tarea del maestro para impulsar las bases del pensamiento científico desde el inicio de educación básica?

R: Es muy complejo. Primero el maestro tiene que ser una persona que piense y actúe, que tenga un pensamiento científico. Se supone que hoy, con el nuevo modelo educativo y la nueva escuela mexicana y todo eso, queremos que los ciudadanos sean ciudadanos capaces de preguntarse, problematizar, etc. Pero la verdad es que ni las normales están hechas para eso, ni las universidades en general. Las universidades están hechas para que digan lo que el maestro quiere escuchar, es un problema muy fuerte. Habría que formar al profesor, y creo que una parte importante de la formación de profesores, es lo que se llama: la Gnoseología o la reflexión filosófica sobre conocer: ¿por qué conocer, qué es la verdad, para qué es la verdad, qué es una certeza?, etc., que permiten identificar ciertas ideas que estorban. ¿Como cuáles? Como la relativización, no relatividad, sino la relativización de la verdad, el sentimentalismo de la relación con la realidad, para llegar a un mínimo de ¿qué es conocer?, ¿qué tiene que ver con la fe?

Y de ahí una formación epistemológica más fuerte en el docente, hasta que entienda qué es el conocimiento científico. Por otra parte, se requiere una formación metodológica. La formación metodológica es aplicar todos los métodos, es dime a dónde quieres llegar y dime cuál camino vas a hacer, y si ese camino es estúpido, no vas a llegar, y si no es estúpido, vas a llegar, aunque nadie lo haya dicho. Entonces, es una especie de camino por seguir. Se requiere una formación de ser humano-docente que permita entender para qué pensar científicamente y que dé herramientas para poder hacerlo.

P: Entonces, ¿se debería fortalecer la formación docente en las ciencias para impulsar este pensamiento científico?

R: Se debería intensificar la formación de docentes de una manera científica.



ENTREVISTA 6

Dra. Laura Angélica Bárcenas Pozos, experta en el currículum relacionado con el tema científico

Doctora en Educación, Maestra en Educación Superior y Profesora de Educación Media Básica en la especialidad de Matemáticas. Ha sido profesora de todos los niveles educativos, menos en Jardín de Niños. Es académica de tiempo completo de la Universidad Iberoamericana Puebla desde 1997 con la categoría de Titular 1, en donde ha coordinado el área de Orientación Educativa y de Formación de Profesores, además de haber sido directora del Centro de Procesos Educativos, y más recientemente fue coordinadora del Doctorado Interinstitucional en Educación en esta misma institución, así como la representante del Campo Estratégico de Acción en Modelos y Políticas Educativas.

Actualmente es profesora de la Dirección de Investigación y Posgrado, donde tiene a su cargo la calidad de los posgrados de la Ibero Puebla. Sus líneas de investigación son currículum y modelos educativos, así como sujetos y modelos educativos, aunque los temas sociales urbanos, son su permanente preocupación.

P: ¿Cuál es o cuál debería ser el papel del pensamiento científico en el niño?

R: Yo cre que el pensamiento científico es fomentar la curiosidad, que, pienso, se hace poco en las escuelas, como que en la escuela los profesores tenemos que cumplir un plan curricular y estamos más preocupados por cubrir el plan, que por desarrollar las habilidades que el niño necesita para después tener esa curiosidad científica, esas ganas de indagar, de investigar.

Incluso la forma en que se imparten los cursos, la forma en que se evalúan los cursos, todo es peladito y en la boca. Les damos respuestas hechas y no les damos preguntas que les permitan desarrollar su curiosidad y su nivel de indagación. Así, ellos se van acostumbrando a construir respuestas ya hechas, no a ver por qué suceden las cosas. Hay que despertar esa consciencia científica, que un poco todos tenemos, porque finalmente todo el pensamiento científico se desarrolla por curiosidad: ¿Por qué pasa esto?, ¿Por qué sucede aquello?, ¿Por qué no se puede hacer esto? La curiosidad va haciendo que se genere el conocimiento y el pensamiento científico.

P: ¿Cuál es la situación del pensamiento científico en la educación básica de nuestro país?

R: Yo creo que se piensa que eso solo es para grandes mentes. O sea, que el común del mexicano no tiene por qué desarrollar conocimiento o crear conocimiento, y entonces se deja para gente muy brillante o mentes muy curiosas, como decíamos hace rato, o para investigadores de otros países, porque en México no hay talento para eso. Siempre decimos: “¡Ay, es muy chiquito, cómo va a poder!”, “¡Ay, esto no lo van a entender!” Pero no vamos desarrollando esas habilidades que van a permitir en el futuro que sean capaces.

P: ¿Por qué estimular las ciencias en el niño?

R: Justamente por esto, porque yo creo que necesitamos un capital cultural y un capital científico que nos permita crear nuestros propios recursos, nuestras propias condiciones, para no ser dependientes de otros países. O sea, hay muchas razones para resolver nuestros múltiples problemas. Se habla mucho en México del ingenio del mexicano, y con ese ingenio el mexicano va resolviendo en ámbitos aquí y allá. Ahorita me hiciste pensar en un primo que tengo y que vive en Estados Unidos, pero cuando se fue había acabado de estudiar una carrera técnica y le había costado mucho trabajo salir de la carrera técnica porque era muy inquieto, muy travieso y lo reprobaban constantemente, no porque fuera tonto o tuviera dificultades

para aprender, sino porque no era disciplinado, y entonces no conseguía aquí trabajo y se fue a Estados Unidos, y en Estados Unidos le ha ido súper bien porque tiene una mente que resuelve cosas. Si él se hubiera quedado aquí a lo mejor ya hubiera diseñado algo, trabajado con una maquinaria que resuelva problemas en específico, no sé, él tiene una mente inventiva, inventa aparatos o engranes o cosas que arreglan maquinarias, que les resuelve la vida ahora a los gringos y no a los mexicanos. Y él no cupo en la escuela porque en la escuela se espera que tengas una conducta específica y una forma de ser muy particular para poder encajonarte en lo que la escuela espera, y eso es lo que la escuela básica no ve, como que esas mentes creativas y divergentes no son necesariamente las bien portadas.

P: ¿Cómo influye el pensamiento científico en la vida de un niño cuando tiene las bases y éstas se desarrollan?

R: Pues yo digo que así pasaría lo contrario de con mi primo, o sea, van a saber qué quieren hacer, por ejemplo, querer ser científicos, querer ser inventores, ser creativos, pero desde muy niños van a buscar eso y van a buscar dónde desarrollar sus talentos, pese a que hay muy pocos espacios para que los niños desarrollen sus talentos. Aquí por ejemplo, hace como 20 años, dimos un curso de física y de química para niños, y recientemente lo replicaron aquí nuestros compañeros de ciencias e ingenierías, y fue muy exitoso porque trabajan con principios de física, de química, de biología para desarrollar un pensamiento científico en los niños, y los niños van definiendo si les interesa, si les gusta, pero también se van dando cuenta de que para todo hay una explicación científica, y van aprendiendo todos esos principios físicos, químicos, biológicos que les ayudan a entender cómo funciona la vida, bueno cómo funciona el mundo.

P: Este pensamiento, ¿tiene alguna relevancia personal para su promoción en la educación de un niño?

R: Por supuesto. El pensamiento científico es un conjunto de muchos pensamientos: el pensamiento crítico, el pensamiento creativo, incluso el

pensamiento cuidadoso, y además un pensamiento analítico, un pensamiento más experimental o sintético que va ayudando a los niños a construir este pensamiento científico. Si ellos van, digamos, teniendo las posibilidades de interactuar con la ciencia en un nivel a lo mejor muy básico, ese nivel de pensamiento se va a ir desarrollando y no va a haber temor de que tengo que juntar esto con esto, ni hacer cálculos matemáticos, o sea, van a experimentar y se van a dejar experimentar y vamos a llenar ese vacío que hay ahora de gente que, según ella, piensa que hace experimentos y que va construyendo. Hoy en día con el CONACYT (CONCYTEP) todo eso se va trabajando y se va desarrollando, pero realmente no es hasta que los chicos llegan a la universidad cuando tienen curiosidad o afinidad por estas carreras y se meten a este tipo de programas. Pero la mayoría huye, huye de eso, huye de las matemáticas, todo, cualquier cosa que no tenga matemáticas. Es increíble eso con el pensamiento matemático, pues te da una visión particular de las cosas.

P: ¿Cuál es el papel de los científicos en la historia humana?

R: Son la neta. No quiero decir que los artistas no, o sea, como que es una neta diferente, pero gracias al pensamiento científico hoy vivimos como vivimos, para bien y para mal, porque tenemos celulares, vacunas, cualquier cosa que se te ocurra. Claro, también por eso contaminamos al mundo tremendamente. Pero todo lo que han ido construyendo los científicos en la historia de la humanidad lo estamos disfrutando hoy, desde los plásticos, el petróleo, insisto, el desarrollo de la medicina. Nunca en la vida de la humanidad se había vivido tanto tiempo.

P: ¿De qué forma contribuye el desarrollo del pensamiento científico en un niño en la sociedad?

R: No creo que tenga un impacto directo, pero el impacto va a ser a largo plazo, el impacto va a ser cuando el niño deje de ser niño y se vuelva adulto científico, porque ahí, insisto, va a tener condiciones, recursos, posibilidades, va a resolver problemas específicos del país. Ahí sí ya se va a ver un

efecto. Pero en la infancia, la acción que haga el niño en la sociedad no creo que tenga una repercusión directa o específica en ese momento.

P: ¿Crees que el currículum tome en cuenta el pensamiento científico en educación básica?

R: Creo que los que diseñan el currículum en educación básica buscan que los niños aprendan las condiciones básicas y elementales, y en eso no está considerado el pensamiento científico, aunque sí consideran el pensamiento crítico y el pensamiento creativo, y eso es la base para construir el pensamiento científico. Pero si esto no se maneja bien, no se cuida un buen desarrollo de sus pensamientos, difícilmente se va a desarrollar el pensamiento científico. Entonces, no hay una intencionalidad de desarrollar el pensamiento científico, sino más bien de desarrollar lo crítico y lo creativo para que el chico sobreviva en el futuro y ya.

P: ¿Cómo debería ser entonces el currículum para incluir las bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la educación de nuestro país?

R: Debería incluir la experimentación de cosas básicas. Hay cosas que están en nuestro hogar que podemos combinar y mostrar a los niños: cómo es un solvente o un disolvente, y qué reacción hay cuando se pone bicarbonato en un vaso de agua, y sobre todo observar, la observación es la base del pensamiento científico. Hay que desarrollar esas habilidades básicas: observar, analizar, sintetizar, o sea, preguntar por qué pasa esto. Sembrar un frijolito en algodón: ¿por qué nace la planta? Ir viendo cómo se desarrolla. O sea, hacerlo en un frasco de vidrio y con solo algodón para ir viendo cómo la semilla se va abriendo y germina y todo, puede ayudar a los niños a abrir su pensamiento. Pero ir no solo al final de la plantita, sino ir viendo cómo evoluciona e ir tomando notas y registros de cómo va evolucionando, dibujos, cosas que los niños pueden hacer con cosas muy básicas, con experimentos muy básicos, pero que vayan despertando su cariño o su curiosidad por

el conocimiento, porque finalmente todas nuestras decisiones tienen una relación afectiva y por eso los chicos no quieren estudiar nada que tenga que ver con matemáticas, porque odian las matemáticas. Si mostramos a los niños que eso es una parte interesante, afectiva, significativa en la vida de la humanidad, seguro que les despertará interés.

P: ¿Consideras que los alumnos egresados de educación básica han adquirido los conocimientos y las habilidades necesarias del pensamiento científico?

R: No, por supuesto que no. Bueno, no quiere decir que todos. Yo creo que hay de escuelas a escuelas, de alumnos a alumnos, y que habrá escuelas donde sí lo logren de mejor manera, pero como en el currículum no está explícito, los profesores no piensan que tienen que desarrollar eso. Ahorita nosotros estamos haciendo una investigación con escuelas normales y estamos encuestando a chicos que aspiran a ingresar a la normal, o sea, acaban de salir del bachillerato, y vemos unas deficiencias terribles, en la forma en que redactan, en que escriben, en su nivel de conocimiento. Ya son chicos de 17-18 años, ya no son niños, a veces unos un poco más grandes. Y ves toda la carencia, ni siquiera una buena razón de por qué quieren ingresar a una normal. Entonces se queda uno con el sabor de boca de qué está pasando en el sistema educativo básico que estos chicos no tienen idea de por qué quieren ingresar a una normal, o tal vez es lo único que hay para ellos porque muchos dicen: Pues estoy aspirando a la normal porque no he podido ingresar a la universidad, porque no pasé el examen de no sé qué. Ahí te das cuenta de que es su última opción, o a lo mejor la única que tienen. Es triste.

P: ¿Cuál sería la tarea del maestro para impulsar las bases del pensamiento científico desde el inicio de educación básica?

R: Despertar la curiosidad, o sea, lanzar preguntas. La curiosidad, que la gente dice que no es muy buena, yo digo que, al revés, es muy buena. ¿Por qué sale el Sol? ¿Por qué llueve? ¿Por qué surge la plantita de la tierra?

O sea, fenómenos físicos y químicos que hay en la naturaleza biológica, que tratemos de entender y explicar, hablar de lo científico, cómo Louis Pasteur inventó la pasteurización. O cómo se encontraron las moléculas o las células para hacer antibióticos, que fue un mero accidente, pero que alguien observó y pensó e hizo la conexión pues encontró los antibióticos y gracias a eso ahora podemos extender mucho nuestra vida. Hay que hablar de eso con los niños e ir haciendo experimentos muy básicos con cosas que tenemos todos en nuestras casas y que encuentra uno en internet muy fácilmente para ir desarrollando esa idea de que hay que experimentar porque alguien antes lo hizo y por eso ahora lo sabemos. Pero hay muchas cosas que todavía no sabemos, y hay que seguir descubriendo, experimentando, inventando, para mejorar la vida de los seres humanos, y de todo el planeta.

P: ¿Se debería fortalecer la formación docente en las ciencias para impulsar este pensamiento científico y cómo?

R: Por supuesto que sí. Últimamente, por esta investigación que estamos haciendo en las normales, hemos estado revisando los planes de estudio, particularmente de educación primaria, y el plan es muy interesante y muy completo porque por ejemplo los chicos que van a ser profesores llevan matemáticas, llevan lengua, llevan ciencias naturales, llevan ciencias sociales, o sea, aprenden en mayor profundidad lo que después van a enseñar; pero está muy orientado a lo que tienen que decir los profesores cuando ya sean profesores, o sea, cuando los chicos ya sean profesores: no hay una indagación de los propios chicos acerca de qué más se ha dicho de esto, sino todo está dado en un libro que le van a dar como profesor y tiene que repetir ese libro frente a los alumnos. Ahí se empieza a cortar el pensamiento científico porque ya no hay una idea de ¿qué más se dice de esto?, ¿cómo podemos resolver aquello?, ¿cómo se inventó esto? Podríamos replicar ese intento en la clase. Esas cosas están un poco cohesionadas, y se cohesionaron mucho porque los currículos eran muy extensos porque como el conocimiento ha ido avanzando, se quería meter todo el conocimiento

al currículum y pues entonces ya no daba tiempo de ver los experimentos porque hay que cubrir todo un plan de estudios. A lo mejor habría que permitir que los profesores tomaran decisiones sobre qué abordan con sus alumnos, primero. Segundo: las normales tienen un plan curricular nacional, o sea, todas las normales de educación primaria tienen exactamente el mismo currículum a nivel nacional y eso le da al traste a todo porque les da al traste a los contextos. El profesor de primaria que va a trabajar en una escuela multigrado, tiene la misma formación que un profesor que va a trabajar en una escuela privada en la ciudad, y no les enseñan a tomar las diferentes decisiones que deben de tomar en función de los alumnos que tienen. Y el que más sabe qué requieren sus alumnos es el profesor. Así, el profesor podría decir, particularmente en una escuela multigrado, no solamente *“¡Ah, pues para ver este tema podremos hacer un experimento que vean todos los niños, y luego ya cada quien lo analiza desde su nivel!”*. Eso es un poco complejo. Pero sí, no está considerado, yo no lo veo considerado, al menos hasta ahorita, en ningún plan curricular de formación de profesores. Toda la formación de profesores está orientada a cumplir el currículum de educación básica, y el currículum de educación básica es aprender a leer y escribir, a hacer operaciones aritméticas, un poco del conocimiento del entorno y un poco del conocimiento social, y párale de contar. Pero no para desarrollar estas habilidades que nos van a convertir después en indagadores.



ENTREVISTA 7

Lic. Luciano Pérez Medina, egresado de la licenciatura en Química

Licenciado en Química por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente estudiante del Doctorado en Química en la Universidad de Texas en Dallas.

Al presente, es asistente de maestro para tres laboratorios de Química General a nivel licenciatura en la Universidad de Texas.

Como experiencia en investigación es miembro del Meloni Laboratory de la UTD, que son estudios relacionados con las proteínas alfa-sinucleína (enfermedad de Parkinson) y beta-amiloide (enfermedad de Alzheimer), y el posible rol terapéutico de una metalotineína. Ha sido asistente de medio tiempo en el laboratorio de Química Organometálica de la Facultad de Ciencias Químicas de la BUAP para realizar síntesis y caracterización de ligantes derivados del antraceno para su posterior coordinación con precursores metálicos de renio. También fue asistente de medio tiempo en el laboratorio de Química Biofísica de la Facultad de Ciencias Químicas de la BUAP en la síntesis y caracterización de nanopartículas de plata por el método de Creighton y el estudio de las interacciones no covalentes de las metilxantinas con dos colorantes aromáticos.

Coautor y presentador de los siguientes trabajos: “Estudio por Espectrofotometría UV-VIS de la Hetero-asociación de la cafeína con el azul de metileno y anaranjado de Metilo”, “Reactividad entre Zn7MT-3 y alfa-sinucleína-CU(II): Enfermedad de Parkinson”, “Síntesis de Nanopartículas de

Plata por el Método de Creighton” y “Química no lineal de las reacciones Óxido-Reducción: reacciones oscilantes y nanopartículas metálicas”.

Acreeador de una beca por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para realizar estudios doctorales en el extranjero. Alumno seleccionado para el “2018 UT-México Research Summer Program”. Beca otorgada por la BUAP para cursar asignaturas en la Universidad de Ciencias Aplicadas Emden/Leer como alumno de intercambio. Beca proporcionada por la BUAP a través de la VIEP por ser asistente de medio tiempo en el laboratorio de Química Biofísica.

P: ¿Por qué estimular las ciencias en el ser humano?

R: Yo creo que en sí todos tenemos algo de científicos. Está en la propia naturaleza del ser humano. Nos preguntamos el por qué de las cosas, y esa yo creo que es la pregunta principal. Cualquier ciencia, ya sea social o natural, se inclina por preguntar. Por ejemplo, a una ciencia social le interesa el por qué actúa el hombre de cierta manera, o por qué cumple algunos patrones. Y en las ciencias naturales nos preguntamos el porqué de la naturaleza. Entonces, yo creo que es muy importante que a los niños, desde una temprana edad, se les diga que las ciencias sociales estudian o se enfocan en esta pregunta, y las ciencias naturales se enfocan en esta. Y yo creo que si les damos a los niños las herramientas desde una temprana edad, podemos estimularlos para que de grandes sean exitosos científicos o historiadores o filósofos, por ejemplo.

P: Cuando el ser humano tiene las bases del pensamiento científico desde la niñez y se ha ido desarrollando este pensamiento a lo largo de su educación, cuando son jóvenes, cuando son adultos, ¿cómo influye en su vida cotidiana, tiene algo positivo el que se haya desarrollado este pensamiento científico?

R: Yo creo que hace a un niño o a una niña, a un ser humano, muy crítico, y yo creo que en nuestra sociedad necesitamos tener esas preguntas de los porqués. Si uno se pregunta el porqué de las cosas o por qué la sociedad

es de tal manera, yo creo que impulsamos a próximos pensadores, que son lo que requerimos hoy en día. No sé si sea una buena respuesta, pero me parece que por ahí va.

P: Hablando de los científicos en general, ¿cuál es su papel en lo que vivimos, en la sociedad, cuál es su función principal?

R: Yo diría que una de las cuestiones principales es mejorar la vida del ser humano. Yo creo que también existen, por ejemplo, los biólogos, que se especializan en más especies que solo en el ser humano, pero muy concretamente yo creo que, si tú ves los avances biotecnológicos de quince años para acá, todos se han enfocado en ¿cómo mejorar el maíz?, ¿cómo podemos hacer que el maíz sea más resistente, que aguante plagas, que no se le forme algún hongo. ¿Por qué? Porque necesitamos del maíz para poder alimentar a la población. Entonces, ése es el papel que cumplen los científicos hoy en día: tratar de mejorar la vida del ser humano, y para poder lograrlo, estudian al ser humano.

P: ¿De qué forma contribuiría el desarrollo del pensamiento científico en un niño en nuestra sociedad, en específico en México?

R: Si a unos niños desde que son pequeños se les implementa este tipo de pensamiento; y más que se les implemente, se les acompañe, porque yo creo que es inherente en ellos; si los acompañamos, pues, podemos tener el día de mañana grandes científicos, que son lo que requerimos. Siempre he dicho que todas las licenciaturas son importantes. No me creo más importante que un filósofo o más importante que alguna maestra de primaria. Todos cumplimos un papel importantísimo en la sociedad. Pero a mí sí me parece que las carreras están un poco desequilibradas. Yo creo que se deben diversificar las carreras en México. Por ponerte un ejemplo, de mi clase de la preparatoria te podría decir que un cuarenta por ciento estudió derecho, que es una carrera importante, seguramente yo voy a necesitar de algún abogado como científico. Pero yo creo que sí es importante que

en lugar de que sea un cuarenta por ciento de abogados, un veinte por ciento de ahí, estudiaran ciencias duras. Por ejemplo, yo soy el único de la clase de preparatoria que estudió Química como tal. Alguno que otro estudió Ingeniería Química. Otro de mis mejores amigos estudió Física. Que de una clase de doscientos cincuenta solo dos hayan estudiado Física y Química, se me hace algo pobre.

P: ¿Por qué decidiste estudiar Química?

R: Esa es una pregunta que me hacen mucho. Para serte bien honesto, en tercero de secundaria tuve una maestra que no era muy buena, la verdad es que la química no me gustaba, no le encontraba la importancia. Incluso creo que en un examen saqué como cinco, o sea, me fue fatal. Pero cuando entré a la prepa tuve otro profesor y recuerdo muy bien que tuvimos una clase de los electrolitos en el cuerpo y cómo tienen diferentes funciones para que nuestro organismo funcione de manera adecuada. Desde ese momento me quedé maravillado y empecé no a comprar libros, pero sí a leer páginas de internet: *¿Qué eran las reacciones químicas?*, *¿Cómo la química podía mejorar la vida del ser humano?*, *¿Cómo la química nos dio las baterías, por ejemplo, de los coches?* Desde ese momento me quedé encantado con la química, y en tercero de prepa esa misma maestra que me había dado en secundaria me volvió a dar, y ahora, como ya tenía ese gusto por la química, me gustó mucho su clase.

P: En tu formación escolar, desde preescolar, primaria, secundaria, preparatoria, ¿te dieron las bases y te desarrollaron este gusto por la ciencia?

R: Yo le daría todo el crédito del mundo solamente a este profesor que me dio clases en primero de prepa. Yo creo que en México, bueno, al menos donde yo estudié, a los profesores que dan clases duras les falta más preparación, les falta para ponerles ese gusanito, ese gusto por la ciencia, a los niños, no sé, desde que tienen sus diez años, o ya en la secundaria. Y para decirles que la ciencia no es como la química, que no es solo como lo que

se ve en secundaria con el modelo atómico de Dalton, el modelo atómico de Thomson, eso a una persona de catorce años no le va a llamar la atención. Mejor enséñale cómo la química nos ha dado cosas interesantes, por ejemplo, la crema que se utiliza para los pasteles, que es gas de óxido nitroso, si no me equivoco, que permite que la crema salga de esta manera, porque si utilizáramos dióxido de carbono, la crema se echaría a perder porque se agriaría. Este tipo de cuestiones puedes aplicarlas y creo que son más relevantes que aprendernos la tabla periódica o empezar a ver conceptos como electronegatividad.

P: Claro, que sea vivencial, que los alumnos puedan vivir todo este tipo de reacciones, de experimentos, etc.

R: Sí, y que además tengamos en México a reconocidos científicos. Con eso y con las herramientas que ya tenemos, una profesora, un profesor, podrían poner en su plataforma digital como YouTube experimentos súper interesantes. Por ejemplo, hay uno muy bonito que consiste en poner en una probeta, que es un instrumento, bastante azúcar refinada y después ácido sulfúrico, y se da una reacción espontánea y se empieza a formar carbono a partir del azúcar. Es una reacción. Incluso yo te recomiendo que la busques en YouTube y es súper interesante. Yo creo que eso hace a un niño preguntarse ¿por qué pasa esto? Se empiezan a preguntar ellos solos, y no necesitan de un profesor que les diga “Y ahora, ¿por qué crees que pase?”

P: Hablando de la tarea del profesor, ¿cual considerarías que fuera la tarea ideal del profesor para impulsar las bases del pensamiento científico desde que inicia educación básica, es decir, preescolar, primaria, etc.?

R: En preescolar los niños, y me imagino que tú con tu preparación lo debes de conocer mucho más que yo, empiezan a conocer el mundo de diferentes maneras: lo conocen ya sea por la boca, porque se introducen objetos; o con las manos; van conociendo desde muy pequeños y así es como conocen el mundo. Después, cuando tienen cuatro años, cinco años, se les dan juegos

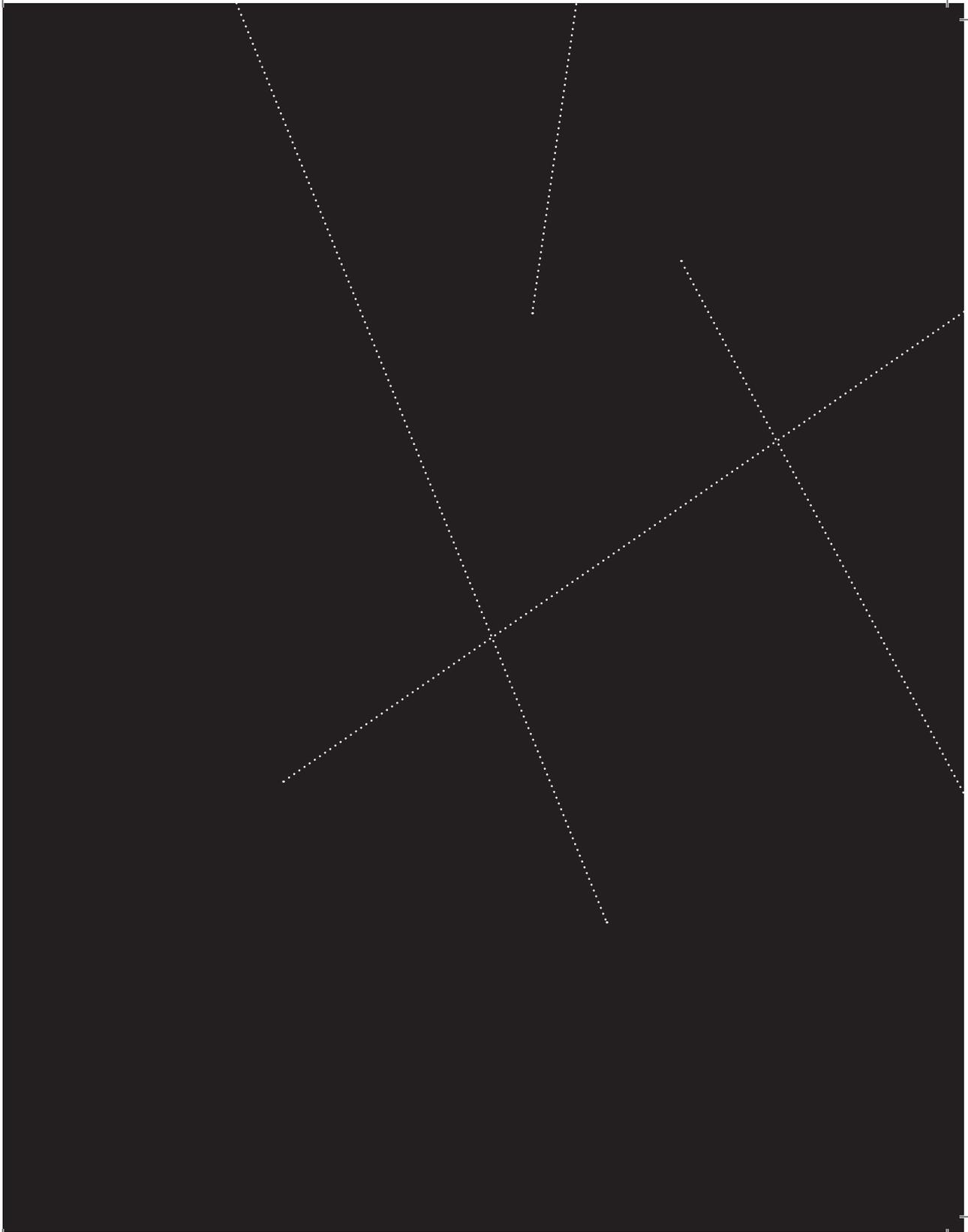
de geometría o se les empiezan a enseñar las figuras tridimensionales. A los niños de primaria, un poco más grandes, lo que se les debe exponer, por ejemplo, es el ciclo del agua, para que se les pregunte por qué creen que el agua se evapore. Entonces van a decir: ¿Y qué es que se evapore el agua? Ah, pues, recuerden cuando sus papás van a cocinar y ponen una olla llena de agua y empieza a salir humo. Hay que darles cosas que tengan a la mano, como puede ser que se hierva el agua... Bueno, hervir el agua se me viene como el ejemplo más sencillo. Pero yo creo que el papel del profesor es despertarles desde esa temprana edad, el impulso a que sean cuestionadores, que pregunten, eso es lo más importante, eso sería lo medular.

P: ¿La escuela te proporcionó las herramientas para impulsar tu pensamiento científico?

R: Yo diría que este profesor sí nos cuestionaba bastante en la preparatoria. Nos preguntaba él por qué de muchas cosas que quizás ya habíamos visto antes en clase y que no las habíamos considerado. Yo le debo de agradecer. Pero también no quiero dejar olvidada a la maestra que estaba encargada de los laboratorios de química. Ella impulsó bastante en mí. Por ejemplo, me enseñó la reacción redox: pasaba de ser morada, y añadíamos otra sustancia y era transparente, algo que para mí parecía magia. Yo decía: pero ¿por qué? ¿Qué es lo que está sucediendo aquí? Y es que la Química es lo maravilloso que tenemos, la química está todos los días, nosotros somos máquinas que funcionamos gracias a reacciones bioquímicas. Hablando muy fríamente, yo creo en los sentimientos y toda esa parte, pero en este momento podemos estar charlando porque ambos estamos respirando y, bueno, la hemoglobina está llevando oxígeno a diferentes partes del cuerpo. Y este tipo de cuestiones son las que a mí se me hacen maravillosas y me dejan impactado. Entonces, yo creo que si un maestro les empieza a decir este tipo de cuestiones, el niño va a decir "Wow, ¡Qué bonita es la naturaleza! ¡Qué bonito es el cuerpo humano!". O sea, en verdad verán que es una maravilla.

P: Claro, porque entonces todo se relaciona con la vida cotidiana, con la realidad que tenemos a nuestro alcance. Por último, desde tu experiencia, ¿cuál o cuáles han sido las barreras a las que se enfrenta nuestra sociedad en el desarrollo del pensamiento científico?

R: Yo creo que, al menos para centrártelo en un nivel de ciencia como tal, hay poca información. Yo creo que no se sabe la oferta. Por ejemplo, tan solo de carreras científicas que existen en el país, yo no sabía, un año antes de estudiarla, que existía la licenciatura en Química. Incluso cuando digo que estudié Química, todo el mundo piensa que estudié Ingeniería Química o Químico Fármaco Biólogo, y no estudié ninguna de las dos. Yo creo que la principal barrera se da desde los siete, ocho años, una edad muy importante para que los niños desarrollen su creatividad. Se tiene un pensamiento un tanto cuadrado en las escuelas en el sentido de que las cosas deben de ser de una manera. Por ejemplo, cuando en clase de matemáticas un niño sacó el mismo resultado y está bien hecho pero usó otro método, el profesor o la profesora le dicen: “No usaste mi método y está mal”, en lugar de preguntarle al niño: “¿Por qué usaste este método?”, “¿Por qué crees que es mejor que el que yo te expliqué?”. Entonces el niño repone: “Ah, porque yo usé esto; en lugar de hacer cinco pasos, hice solo tres”. Y eso determina el futuro del niño. Yo creo que el principal problema lo tenemos desde la primaria. No está muy bien estructurada cuando llevamos conocimiento del medio, cuando llevamos las ciencias naturales. Creo que no tiene una buena estructura. Si desde ese periodo no fomentamos el pensamiento crítico o científico, los niños muy difícilmente van a desarrollarlo a una edad mayor. Para mí la edad medular es la primaria. También los países más avanzados a nivel tecnológico y científico son los que destinan presupuestos importantes a la ciencia. Me parece que en México tenemos a personas sumamente preparadas y capacitadas para impulsar la ciencia, solo que hacen falta más apoyos económicos.



Edición y corrección

Miguel Campos Ramos

Cuidado y diseño editorial

Lorena Juárez Liceaga

Bases para la inducción y el desarrollo del pensamiento científico en la niñez y la preadolescencia se terminó de imprimir en marzo de 2020 por El Errante editor.

La edición consta de 2000 ejemplares