

SEMINARIO
LA CULTURA CIENTÍFICA Y LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA



CONFERENCIA

Formación del estudiante para una vida productiva y creativa en el mundo del siglo XXI

Dr. José Luis Abreu León

17:00 horas - Conferencia
17:45 horas - Receso
18:00 horas - Mesa de trabajo

Jueves 14 de noviembre de 2019
17:00 horas

Auditorio Alfonso Nápoles Gándara
Instituto de Matemáticas, CU

<http://www.sumem.unam.mx/>



<https://arquimedes.matem.unam.mx/2019/FormacionParaElSigloXXI.pdf>

Haber decidido impartir una conferencia sobre la:

FORMACIÓN DEL ESTUDIANTE PARA
UNA VIDA PRODUCTIVA Y CREATIVA¹
EN EL MUNDO DEL SIGLO XXI

puede llevarles a suponer que creo saber cómo va a ser el mundo durante los próximos 80 años y también cómo formar a los jóvenes para una vida productiva y creativa en esas circunstancias.

¡Nada más alejado de la verdad!

¹quiero añadir “*íntegra y solidaria*”

Mi intención es más modesta. Quisiera iniciar una discusión acerca de cuáles deben ser los **objetivos** de la educación en general y de la educación matemática en particular, y cuáles pueden ser algunas estrategias para alcanzarlos.

Creo que la educación debe ser algo más que un trampolín para mejorar el status social y económico.

El objetivo general de la educación debe ser, en mi opinión, preparar a las nuevas generaciones para

contribuir al progreso de la sociedad

y no sólo al *enriquecimiento*² personal.

²ya sea intelectual, moral, cultural, social o económico

El mundo del Siglo XXI

El mundo actual con

1. la concentración extrema de inmensas riquezas en manos de unas minorías temerosas de perder sus privilegios,
2. grandes desigualdades sociales con las mayorías desfavorecidas en busca de estrategias efectivas para disminuirlas,
3. la facilidad con que se pueden usar las tecnologías de la comunicación para organizar tanto movimientos de verdadero progreso social como para manipular a las masas a base de medias verdades en busca de beneficios sectarios o económicos que sólo benefician a las minorías privilegiadas,

son hechos que pronostican un futuro siniestro pero a la vez lleno de oportunidades para construir una sociedad maravillosa.

El mundo del Siglo XXI

El mundo del siglo XXI posee conocimientos y tecnología con las que puede autodestruirse. Pero esos mismos conocimientos y tecnología podrían llevarlo a realizar una *utopía* que nunca antes pudimos imaginar, un verdadero cuento de hadas.

La primera posibilidad puede verse en los noticiarios donde a diario comprobamos el daño que estamos haciendo al medio ambiente, a las instituciones públicas, a la cultura y a las posibilidades de vivir en paz y armonía. Respecto a la segunda posibilidad sugiero la lectura del libro **Utopía para realistas** de Rutger Bregman.

Aunque no podemos predecir si la sociedad logrará salir bien parada de esta encrucijada, estoy convencido de que si lo logra será gracias a la formación de una mayoría de individuos *productivos, creativos, íntegros, solidarios y bien informados*.

¿Qué podemos hacer para encaminar a las futuras generaciones hacia un verdadero progreso social?

Creo que éste debe ser el tema central del seminario.

- ▶ ¿Podemos contribuir de manera efectiva?
- ▶ ¿Qué debemos hacer para lograrlo?
- ▶ ¿Cuáles deben ser los objetivos específicos en la formación de las futuras generaciones?

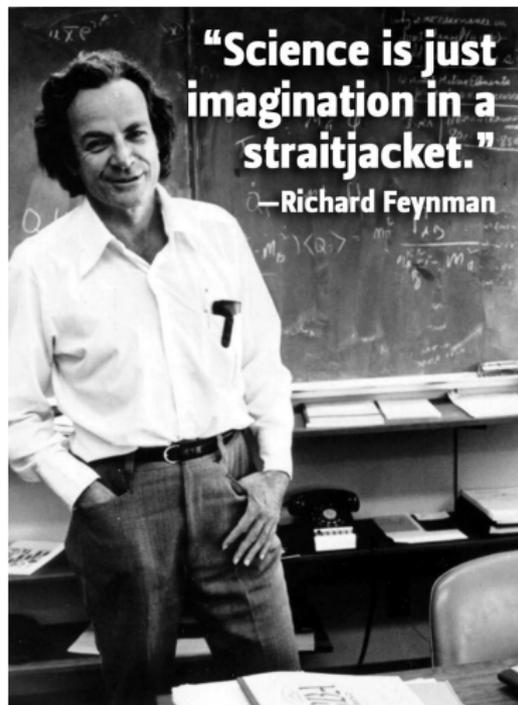
¿Cómo proceder a discutir este tema?

Para estudiar cómo se forman los individuos productivos y creativos que contribuyen al progreso de la sociedad quise estudiar algunos personajes de quienes es bien sabido que así son o fueron y de quienes sabemos algo sobre la educación que recibieron.

Me hubiera gustado poder analizar la educación de ARQUÍMEDES DE SIRACUSA (287 - 212 aec), pero no hay suficiente información al respecto. También me hubiera gustado analizar la formación de MAHATMA GANDHI (1869 - 1948), pero dado que nos convoca el SUMEM, decidí no alejarme tanto de las matemáticas.

Decidí concentrarme en RICHARD FEYNMAN (1918 - 1988).

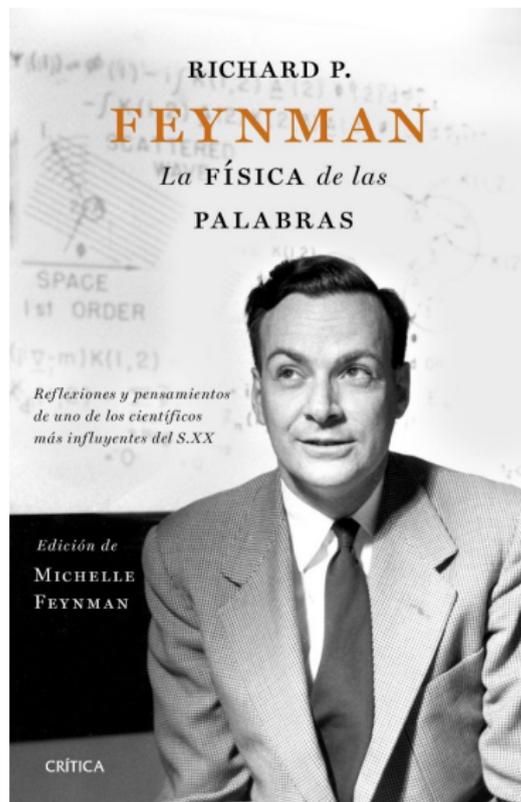
RICHARD FEYNMAN (NYC 1918 - LA 1988)



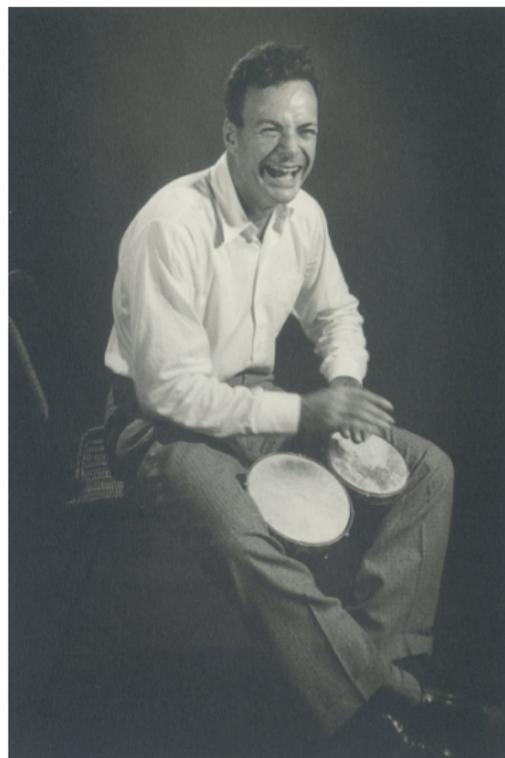
Fue un físico teórico que formuló la mecánica y la electrodinámica cuánticas mediante integrales de camino. Trabajó en la física de partículas. En 1965 recibió el premio Nobel de Física, junto con JULIAN SCHWINGER y SIN-ITIRO TOMONAGA, por sus contribuciones a la electrodinámica cuántica. Desarrolló los llamados *diagramas de Feynman* para representar el comportamiento de las partículas subatómicas. Durante su vida fue uno de los científicos más conocidos del mundo. *Physics World* lo clasificó entre los diez físicos más importantes de toda la historia.

RICHARD FEYNMAN (NYC 1918 - LA 1988)

Participó en el desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial. Fue pionero en los campos de la Computación Cuántica y la Nanotecnología. Fue un divulgador entusiasta de la física a través de los famosos libros rojos *The Feynman Lectures on Physics*, de sus amenas conferencias y de otros libros como: *Surely You are Joking Mr- Feynman!*, *What do you care What Other People Think?*, *Tuva or Bust!*, *Q.E.D.* y *Genius*. En los años 80 fue la persona clave en la investigación del desastre del transbordador espacial Challenger.



RICHARD FEYNMAN (NYC 1918 - LA 1988)



La imagen más famosa de RICHARD FEYNMAN es la que aparece en lo famosos libros rojos en la que está tocando los bongós en una escuela de samba en Brasil. Creo que lo describe mejor que cualquiera de sus biografías. Era alguien que disfrutaba cada momento de la vida porque siempre estaba *intentando resolver un problema o inventando una teoría o tratando de demostrar que era incorrecta*. Era temerario, irreverente, bromista y **racional**.

Algunos datos sobre la fama de RICHARD FEYNMAN

“Si el lector visitara el departamento de física de cualquier universidad del mundo y preguntara a los estudiantes a qué científico aspiran a parecerse, creo que una mayoría diría

RICHARD FEYNMAN.

El segundo lugar lo ocuparía ALBERT EINSTEIN. Yo diría Feynman” (Palabras de BRIAN COX de la Universidad de Manchester en el prefacio del libro *La física de las palabras* de MICHELLE FEYNMAN)

Feynman es un verdadero héroe en la cultura popular. Por ejemplo, se le menciona a él o a sus diagramas, sus libros y hasta su minivan en al menos 8 episodios de **Big Bang Theory**.

La visita de Niels Bohr

Cuando FEYNMAN era apenas un joven estudiante y estaba trabajando en *Los Álamos* en el proyecto de la bomba atómica como un simple ayudante, un día lo llamó el hijo de NIELS BOHR, , un profesor distinguido profesor danés que era el mayor experto en física atómica. Le dijo que su padre quería hablar con él. FEYNMAN se sorprendió de que tal luminaria quisiera visitarlo. Charlaron unas dos horas sobre posibles mejoras que BOHR sugirió para el proyecto de la bomba y FEYNMAN criticó señalando sus fallos, hasta que llegaron a unas ideas que a ambos les parecían adecuadas. Entonces BOHR dijo que ya podían discutir las con los “mayores” y fue a pedirle a la secretaria que reuniera a la plana mayor de *Los Álamos*. Entonces FEYNMAN le preguntó al hijo cómo es que habían ido a verlo precisamente a él. En una visita anterior BOHR le había dicho a su hijo que averiguara quien era ese joven (Feynman) pues le gustaría poder hablar con él ya que evidentemente era

“el único que no le tenía miedo”.

“Mi horrible experiencia en el sistema educativo español”

Hay muchos individuos productivos y creativos dentro y fuera del mundo académico. Y quiero mencionar a algunos *YouTubers* que hacen una excelente labor educativa y de divulgación de la ciencia y la cultura como: *C de Ciencia*, *quantumfracture*, *3Blue1Brown* o *Mathloger*.



JAIME ALTOZANO es uno de ellos. Hace vídeos sobre todos los aspectos de la música y algunas otras cosas. Uno de sus mejores es éste en el que critica (con gran acierto en mi opinión) al sistema educativo español. ¡Ojo al libro rojo!

¿Cómo son los individuos productivos y creativos?

Casi todos los individuos productivos y creativos tienen estas características:

- ▶ Deseo obsesivo por aprender y entender.
- ▶ Gran capacidad de concentración (los hace excéntricos).
- ▶ Desean enriquecer la cultura y mejorar la sociedad.

RICHARD FEYNMAN tenía estas características, las primeras dos muy marcadas. Y por lo poco que sabemos de su vida, ARQUÍMEDES probablemente también las tenía.

Así que nuestra tarea puede concentrarse en investigar si tales características son innatas o adquiridas y en el segundo caso, ¿cómo se pueden adquirir?

¿Los individuos productivos y creativos nacen así o se forman?

Además de que no sabemos si las características de los individuos creativos y productivos son innatas, no nos conviene creer que lo son porque en ese caso nada podríamos hacer para formar tales individuos. Así que vamos a tomar como hipótesis de trabajo que esas características se pueden adquirir o al menos mejorar a lo largo de la vida, *de alguna manera*.

Con el objetivo de descubrir cómo se puede impulsar la creatividad del individuo, vamos a repasar lo que sabemos de la educación de RICHARD FEYNMAN a través de sus propias palabras, sacadas de entrevistas, conferencias y escritos que, gracias al excelente trabajo de recopilación que hizo su hija Michelle, podemos leer en *La física de las palabras*.

El padre de Feynman 1

“No te desesperes ante los libros de texto estándar y aburridos. Simplemente cierra el libro de vez en cuando y piensa en lo que dicen, pero en tus propios términos, como una revelación del espíritu y una maravilla de la naturaleza. Los libros te dan hechos, pero tu imaginación puede proporcionarte vida. Mi padre me enseñó cómo hacerlo cuando yo era un muchachito sobre sus rodillas, ¡y me leía la Enciclopedia Británica!”

Vemos aquí una *relación de cariño* entre padre e hijo, con contacto emocional, intelectual y físico. Vemos la intención de ayudar al hijo a desarrollar la imaginación y adquirir seguridad en su propio intelecto. Y vemos transmisión del respeto a la cultura y tolerancia hacia los defectos de la educación tradicional.

El padre de Feynman 2

“Mi padre me solía llevar al Museo de Historia Natural: este era un lugar magnífico. Contemplábamos los huesos de dinosaurios y cosas como esas... ¡era estupendo!”

“Cuando me hice mayor, me llevaba a recorrer los bosques y me mostraba los animales, los pájaros y todo eso. Me contaba acerca de las estrellas y los átomos y todo lo demás. Me contaba qué es lo que tenían de tan interesante. Tenía una actitud hacia el mundo y sobre la manera de observarlo que yo considero era profundamente científica, para un hombre que no había tenido una formación científica directa.”

Es evidente que el padre dedicaba *tiempo de calidad* al hijo, a motivar su imaginación, a desarrollar su pensamiento racional y crítico, a desarrollar confianza en su capacidad intelectual.

El padre de Feynman 3

“Otra cosa que mi padre me dijo (y que apenas puedo explicar, porque era más una emoción que un relato) fue que la relación entre la circunferencia y el diámetro de todos los círculos era siempre el mismo, con independencia del tamaño. Esto no parecía ser demasiado discutible, pero la relación tenía alguna propiedad maravillosa. Este número tenía un misterio que yo no acababa de comprender cuando era joven, pero fue una gran cosa, y el resultado fue que yo buscaba π en todas partes.”

“Mi padre me había enseñado a venerar π ; a que π me inspirara respeto y asombro. Le gustaba π porque había esa extraña proporción y era una cosa muy simple con un círculo.”

El padre de Feynman 4

“¡Lo entendió! Lo que era muy importante para mi padre no son los hechos, sino el proceso: el significado de todo. Cómo lo descubríamos; ¿cuál es la consecuencia de encontrar esta roca? Con una vívida descripción del hielo, ¡que con toda probabilidad no es exactamente correcta! Quizá la velocidad no era de 25 centímetros al año, sino de tres metros al año; nunca lo supe; él nunca lo supo. Pero no obstante lo describía, de una manera gráfica, y siempre con algún tipo de lección relacionada. Por ejemplo: «¿Cómo piensas que descubrimos estas cosas?».”

“Era racional; le gustaba la mente racional y las cosas que pueden comprenderse pensando.”

El padre de Feynman 5

“Al no tener experiencia con otros padres, no me daba cuenta de lo extraordinario que era. ¿Cómo aprendió los profundos principios de la ciencia y el amor por ella, qué hay detrás de ella, y por qué vale la pena hacer ciencia?”

“Antes de que yo naciera, le dijo a mi madre: «Este chico será un científico». Pero nunca me dijo que yo debería ser un científico. La manera en que me llevó a ello cuando yo era muy pequeño era haciendo preguntas y explicándome cosas.”

Está claro que, además de recibir una educación privilegiada de su padre, Feynman desarrolló una gran admiración y cariño por él, lejos del respeto temeroso que la mayoría de padres obtiene.

Carta que escribió a un estudiante en 1984

Gracias a esa educación Feynman se convirtió en un excelente formador, como podemos comprobar en otras citas.

Es maravilloso que puedas encontrar algo que te guste hacer en tu juventud y que sea lo bastante grande para mantener tu interés a lo largo de toda tu vida adulta. Porque, sea lo que sea, si lo haces lo bastante bien (y así lo harás, si realmente te gusta), la gente te pagará para hacer eso que quieres hacer.

Aquí Feynman enseña que el poder ganarse bien la vida puede ser una consecuencia secundaria de una formación dirigida a realizar los sueños personales.

Paréntesis sobre la calidad de vida por profesiones (Wall Street Journal)



THE BEST AND WORST JOBS

Of 200 Jobs studied, these came out on top -- and at the bottom:

The Best

1. Mathematician
2. Actuary
3. Statistician
4. Biologist
5. Software Engineer
6. Computer Systems Analyst
7. Historian
8. Sociologist
9. Industrial Designer
10. Accountant
11. Economist
12. Philosopher
13. Physicist
14. Parole Officer
15. Meteorologist
16. Medical Laboratory Technician
17. Paralegal Assistant
18. Computer Programmer
19. Motion Picture Editor
20. Astronomer

The Worst

200. Lumberjack
199. Dairy Farmer
198. Taxi Driver
197. Seaman
196. EMT
195. Roofer
194. Garbage Collector
193. Welder
192. Roustabout
191. Ironworker
190. Construction Worker
189. Mail Carrier
188. Sheet Metal Worker
187. Auto Mechanic
186. Butcher
185. Nuclear Decontamination Tech
184. Nurse (LN)
183. Painter
182. Child Care Worker
181. Firefighter

¿Cómo se debe enseñar cualquier cosa y en particular las matemáticas?

Las ideas de Feynman para educar coinciden bastante con las sugerencias del SUMEM respecto a cómo enseñar matemáticas. Enseñar es fomentar el **amor** por el conocimiento.

“El aprecio por lo que se aprende aumenta cuando el estudiante adquiere confianza al verse capaz de aprovechar el pensamiento racional para **enfrentar** y **resolver** *problemas*.”

“Esto exige mantener vivo el ánimo y sortear los pequeños fracasos que se dan al ensayar ideas que no dan buenos resultados, hasta llegar a una que sí funciona.”

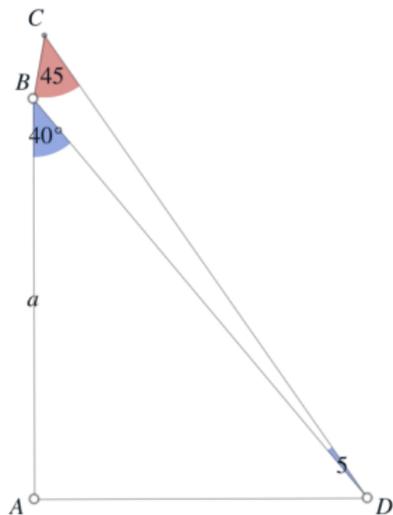
“La labor del profesor es plantear situaciones motivadoras e interesantes y ayudarle a

perseverar hasta lograr el éxito por sí mismo.”

Problema para 5° grado en China

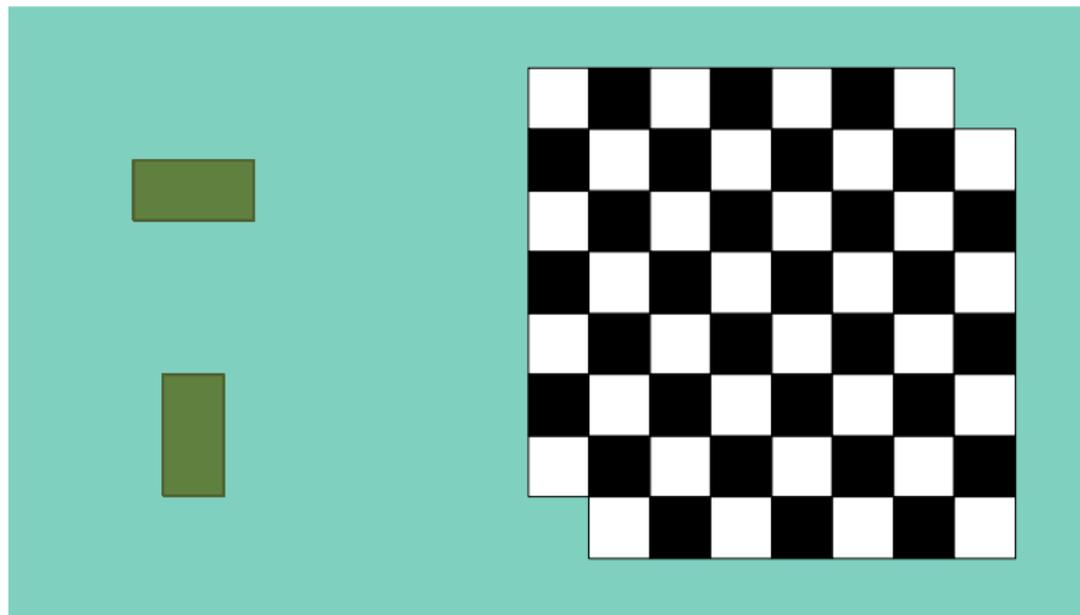
Veamos algunos ejemplos de este tipo de problemas. El primero se plantea en China a los niños de 5° grado.

¿Cuál es el área del cuadrilátero ABCD? Evidentemente los niños que hayan enfrentado y resuelto este problema a la edad de 11 o 12 años, habrán adquirido algo importante. Quienes no lo hayan enfrentado habrán perdido una oportunidad y quienes lo hayan enfrentado pero no lo resolvieron quizás hayan comenzado a hundirse en la miseria de la inseguridad.



Un problema ejemplar

Cubrir el tablero mutilado exactamente con las fichas de dominó.



¿Qué aporta este tipo de problemas para incrementar la creatividad?

Mucho, pero sólo si los estudiantes perseveran hasta resolverlos por sus propios medios.

Por ejemplo, el problema que inventó Feynman en la secundaria requiere de plantear un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas y usar el teorema de Pitágoras. Lograr la solución enseña la utilidad de pensar no sólo en una ecuación, no asustarse porque la ecuación es de segundo grado y reafirma la utilidad del teorema de Pitágoras.

El problema para niños chinos de 5° grado enseña que las transformaciones rígidas pueden ser grandes aliadas si se combinan con el conocimiento de que la suma de los ángulos internos de un triángulo es un ángulo llano.

¿Qué aporta este tipo de problemas para incrementar la creatividad?

El problema de las áreas de colores enseña la utilidad de poder manejar las razones entre áreas y entre lados de dos triángulos contiguos que, por tanto, tienen la misma altura.

El problema del tablero de ajedrez enseña lo increíblemente potente que es el pensamiento matemático y cómo va más allá de la aritmética, la geometría, el álgebra, el cálculo o las “matemáticas avanzadas”. Consiste en inventar estructuras que nos ayuden a entender el problema y eso darnos cuenta que la solución siempre es y debe ser “trivial”.

pero estos beneficios sólo los alcanza quien llega por sí mismo a la solución y luego reflexiona sobre el camino que lo llevó a ella.

A modo de conclusión, repito las conclusiones del SUMEM

El aprecio por lo que se aprende aumenta cuando el estudiante adquiere confianza al verse capaz de aprovechar el pensamiento racional para **enfrentar** y **resolver** *problemas*.

Esto exige mantener vivo el ánimo y sortear los pequeños fracasos que se dan al ensayar ideas que no dan buenos resultados, hasta llegar a una que sí funciona.

La labor del profesor es plantear situaciones motivadoras e interesantes y ayudar al estudiante a

perseverar hasta lograr el éxito por sí mismo.

Aprender es desarrollar aprecio por el conocimiento.

Bibliografía

ABREU, J.L. Y BRACHO, J.,
Una propuesta para mejorar la educación matemática (2016)
<https://arquimedes.matem.unam.mx/jlabreu/UnaPropuesta.pdf>

ABREU LEÓN, J.L., APODACA ALVAREZ, N.P., BRACHO CARPIZO, J., FAUTSCH TAPIA, E., GUEVARA AGUIRRE, M.C., HERNÁNDEZ PÉREZ, D., HERNÁNDEZ ROSALES, M., MARMOLEJO RIVAS, E., MIRANDA VITELA, A.I. Y RAJSBAUM GORODEZKY, S., *Estándares de Matemáticas para el Bachillerato de la UNAM*. UNAM, México 2016.
<https://arquimedes.matem.unam.mx/estandares/Estandares-Bachillerato.pdf>

ABREU, J.L., BAROT, M. Y BRACHO, J., *Matemáticas, Enciclopedia de Conocimientos Fundamentales UNAM - Siglo XXI*, Siglo XXI Editores, 2010.

ABREU, J.L., *Formación del estudiante para una vida productiva y creativa en el mundo del Siglo XXI* (2019)
<https://arquimedes.matem.unam.mx/2019/FormacionParaElSigloXXI.pdf>