

Sobre la (¿in?-)utilidad de las ciencias bá

Kurt Bernardo Wolf

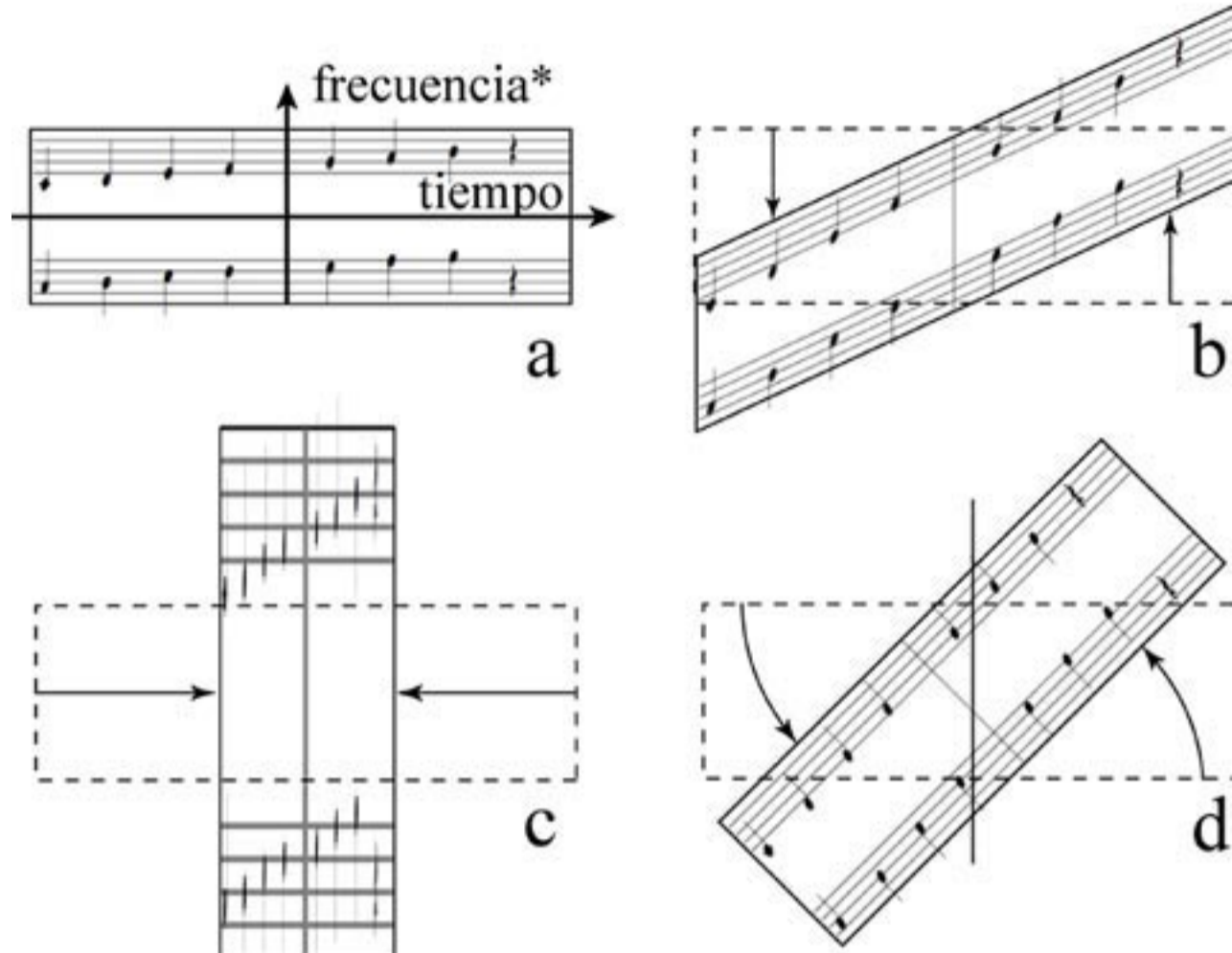
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Un grupo de colegas me invitó a escribir el capítulo introductorio para un libro que será publicado por Springer-Verlag sobre transformaciones canónicas lineales (TCLs), donde debo hacer una síntesis histórica de su descubrimiento y desarrollo. Antes de que el lector vuelva la página del periódico para leer cosas más cotidianas, le pido que acepte mi promesa de no referirme a detalles técnicos; más bien, quiero dar pie a una reflexión concreta sobre el tránsito entre la ciencia básica y la tecnología, para dialogar con aquéllos que insisten en que sólo la investigación científica que produce patentes y dinero debe ser apoyada por el Estado.

Recién había yo regresado a México a principios de 1971 después de terminar mis estudios de doctorado, cuando el Profesor Marcos Moshinsky me invitó a colaborar estudiando las TCLs que recientemente él había introducido en dos artículos con su asociada postdoc-

toral belga Christiane Quesne como un problema básico en la mecánica cuántica [1]: ¿cómo son las transformaciones de un sistema que conservan su principio fundamental de incertidumbre? Aquéllas que lo hacen se llaman *canónicas*, y las más inmediatas son las *lineales*. El trabajo del doctor Moshinsky se hallaba en el contexto de la teoría del decaimiento de núcleos radioactivos por emisión de partículas alfa. Colaboramos en algunos artículos sobre este tema buscando otras transformaciones con la misma propiedad. Para mí esta línea de investigación tenía interés matemático porque unificaba varias técnicas de análisis funcional que se usan en el estudio de la propagación de ondas, difusión de calor y evolución en sistemas cuánticos. Incluí las TCLs en los dos últimos capítulos de un libro sobre transformadas integrales que escribí en 1979 [2].

No teníamos idea entonces que poco antes, en 1970, Stuart Collins había desarrollado las mismas fórmulas en el contexto de la óptica paraxial [3], campo bastante lejano a la física nuclear, como también a la informática. Pero en todas estas



a: El plano de tiempo y frecuencia de una tonada, sujeta a **b:** cizalleo [4], **c:** contracción en tiempo y expansión en frecuencia, y **d:** rotación (transformada fraccional de Fourier). * NOTA: las partituras musicales grafican de hecho tiempo y el logaritmo de la frecuencia. Las figuras sólo intentan ilustrar las TCLs mediante una simplificación conceptual. (Figura por Guillermo Krötzsch, ICF-UNAM.)

áreas las TCLs son fundamentales porque describen el mismo principio de conservación, sea de energía, luz, información, correlación o incertidumbre.

En la figura que acompaña este texto trato de ilustrar las TCLs a las que puede estar sujeta una partitura musical escrita con notas en el plano de tiempo y frecuencia. Cada nota –nótese– ocupa el área de un pequeño círculo –no es un punto. Si sometemos la hoja de música a cizalleo [4], compresión/expansión o rotación como se muestra en la figura, manteniendo cada una de estas áreas constante, la transformación será canónica; como además se mapean líneas rectas en líneas rectas, son lineales. Estas “notas” pueden representar sonidos, haces de luz láser, o estados de un sistema cuántico.

Durante varios años las TCLs permanecieron como tema de interés teórico; pero a partir de 1982, varios ingenieros israelíes [5] y estadounidenses [6] iniciaron su uso como herramienta para modelar procesos optoelectrónicos en holografía, multiplexación de señales, reconocimiento de patrones y enredamiento fotónico. Grupos experimentales en Holanda, Taiwan, Irlanda y varios otros han generado patentes que tienen aplicaciones incluso militares. En

particular, desde mediados de los 90's se desarrolló el análisis digital de TCLs mediante algoritmos rápidos. Sobre éstos principalmente versará el libro para el cual debo escribir la síntesis histórica de sus inicios en los trabajos casi simultáneos de Moshinsky y Quesne [1] y de Collins [3].

El estilo de ambos trabajos no podía ser más diferente, pero debo decir, el de Moshinsky y Quesne me parece mucho más compacto y elegante que el de Collins. Mientras que éste labora trabajosamente con integrales múltiples y no considera casos límite y productos, el de aquéllos plantea dos ecuaciones diferenciales y las resuelve en página y media. En las matemáticas como en el arte, la estética de la claridad minimalista es la cualidad que más se aprecia en una obra.

¿Cuál fue el móvil de Marcos Moshinsky para inventar las TCLs? ¿Obtener una patente? ¿Vender identificadores de voz? ¿Guiar misiles para atinar a ventanas? Pregunté a la Dra. Quesne, quien me dijo que simplemente era un problema que interesaba a Marcos, aún independientemente de ser útil para estudiar la producción de partículas

alfa en núcleos radioactivos. Sobre Collins aún debo investigar más, pero su trabajo de laboratorio le ha permitido registrar 6 patentes en optoelectrónica [6] entre 1981 y 2008. En artículos teóricos y experimentales que me ha tocado arbitrar a través de los años, he visto que cada gremio cita a sus propios favoritos, pero el entendimiento real de las propiedades de las TCLs está entre los primeros. Actualmente, el tratamiento de las TCLs para analizar señales consistentes de un número finito de datos también nos ha separado entre los que nos basamos en métodos matemáticos de simetría, y los que buscan que el procesamiento digital sea rápido.

Hemos nombrado “Óptica Matemática” a los proyectos de investigación que proveen de fondos operativos al pequeño grupo de investigadores y estudiantes en los institutos de Ciencias Físicas y de Matemáticas de la UNAM en Cuernavaca. Nuestro diálogo tiende a ser con colegas del campo teórico siguiendo la tradición de Marcos Moshinsky (de quien fui aprendiz), y con quienes el conocimiento se reparte gratuitamente y con gusto; no sería natural ni ético apropiár-

Números de **EMERGENCIA**

<input type="checkbox"/> Policía Federal Preventiva.....	3 22-02-56 3 22-48-89
<input type="checkbox"/> Policía Ministerial Estatal.....	3 29-15-00
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva Estatal	066
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva Metropolitana	
<input type="checkbox"/> Bomberos de Cuernavaca	
<input type="checkbox"/> Protección Civil de Cuernavaca	
<input type="checkbox"/> Centro de Control Emergencias Civac.....	3 20-50-54
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva de Jiutepec.....	3 21-15-25
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva de Temixco.....	3 26-93-85
<input type="checkbox"/> Bomberos de Temixco.....	3 85-12-98
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva de Emiliano Zapata.....	3 68-28-23
<input type="checkbox"/> Policía Preventiva de Xochitepec.....	3 61-20-93
<input type="checkbox"/> Cruz Roja EMERGENCIAS	065
<input type="checkbox"/> Centro de Respuestas a Emergencias Yautepec.....	735 394 1951
<input type="checkbox"/> ERUM	3 29-11-36
<input type="checkbox"/> Agencia Funeraria Naser Morelos.....	3-11-92-23
	3-11-92-24

ásicas

noslo. La (de hecho, suave) presión que estamos sintiendo de las autoridades para producir patentes [7] me recuerda el chiste que me contó un colega polaco sobre la política soviética de contar los huevos que pone la "gallina-héroe" de un gallinero que debe aumentar su productividad, sin reparar en que salgan estrellados (perdón si hay ofensa). En mi opinión, corresponde a los científicos aplicados estar atentos a los modelos teóricos que puedan ser realizados y aplicados en los nichos tecnológicos, que a su vez puedan ser de interés para las empresas, y éstas dar trabajo a científicos e ingenieros que los lleven a fruición. Para mí es suficiente el gusto que me hayan llamado a escribir el capítulo introductorio del volumen dedicado a las transformadas canónicas lineales.

Referencias:

[1] M Moshinsky y C Quesne, *Linear canonical transformations and their unitary representations*, Journal of Mathematical Physics, Vol. 12, 1772—1776 y 1777—1783 (1971).

[2] KB Wolf, *Integral Transforms in Science and Engineering* (Plenum Publ. Corp., Nueva York, 1979).

[3] SA Collins Jr., *Lens-system diffraction integral written in terms of matrix optics*, Journal of the Optical Society of America, Vol. 60, 1168—1177 (1970).

[4] Damos a "cizalleo" en la subfigura b el significado de una deformación del plano cuyos ejes coordenados se inclinan como las hojas de una cizalla o tijera. (Traducción del término técnico "shear" en inglés.)

[5] M Nazarathy y J Shamir, *First order systems—a canonical operator representation: lossless systems*, Journal of the Optical Society of America A, Vol. 72, 356—364 (1982).

[6] <http://patents.justia.com/inventor/STUARTACOLLINSJR.html>

[7] Discurso del Dr. Marco Adame al inaugurar el 9° Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico. Véase <http://launion.com.mx/images/stories/Hemeroteca%20Virtual/noviembre2011/24-nov.pdf>, página 9.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar:
www.acmor.org.mx



La Ciencia, desde Morelos para el Mundo. Tomo I: Ciencia y Sociedad.

Costo: \$130.00

Puede adquirirse en:
Academia de Ciencias de Morelos, A.C.
Av. Universidad No. 2001,
Centro Internacional de Ciencias, A.C.
Interior No. 06, Campus UNAM-UAEM,
Col. Chamilpa, C.P. 62210,
Cuernavaca, Morelos

Cel: (777) 155 7221
alma.caro@acmor.org.mx

La Ciencia, desde Morelos para el Mundo Tomo I: Ciencia y Sociedad

Una nueva vacuna; un material más fuerte y ligero; un transistor más rápido y pequeño; un algoritmo criptográfico para proteger nuestros datos; una fibra óptica que permita transmitir más información más rápidamente y a una mayor distancia; una fotocelda innovadora que convierta más energía solar en electricidad; un motor más eficiente; una batería eléctrica que dure más; un biocombustible que no compita con la siembra de alimentos; un nuevo plástico biodegradable; un recubrimiento para evitar la corrosión de ductos; un fertilizante que no contamine; un proceso para eliminar residuos tóxicos; un catalizador para limpiar el aire; unas nanopartículas para hacer explotar células cancerosas; un nuevo laser sólido para codificar y leer información ópticamente; un proceso...

No se requeriría mucha imaginación para continuar esa lista y llenar página tras página de ejemplos, enumerando aplicaciones recientes de la ciencia, desarrollos que impactan nuestra vida diaria, que pueden mejorar nuestra calidad de vida, que traen progreso tecnológico, que producen riqueza. Es común repetir que la ciencia produce nuevos conocimientos que traen innovaciones y por ende, potencialmente, nos da bienestar. Además de desarrollos que conducen a aplicaciones, la ciencia produce conocimientos que impactan nuestra forma de percibir a la naturaleza. Hay un acervo de conocimientos que modula el entendimiento de nuestro entorno, que nos enseña el lugar que ocupamos en el universo. Sin embargo, no es el propósito de este volumen mostrar artículos que reseñen los nuevos y sofisticados conocimientos desarrollados por nuestra comunidad ni las innovaciones a que han conducido. Más bien, este volumen contiene una selección de artículos que muestran otras formas en que la ciencia ha impactado a la sociedad.

La ciencia es una manera de interrogar a la naturaleza para obtener nuevos conocimientos. Más aún, la ciencia es una forma de poner a prueba dichos conocimientos para discernir cuáles son incorrectos y eliminarlos rápidamente. La ciencia nos proporciona un criterio de verdad, el más objetivo que hemos logrado construir. Una sociedad con una profunda cultura científica, más que con un acervo de conocimientos científicos, puede liberarse de supuestas autoridades que pretendan dictar su visión de la realidad. Un hecho es verdad o es mentira independientemente del lugar en la sociedad que ocupe quien lo enuncie, dependiendo únicamente de su congruencia con los resultados de experimentos bien planeados, realizados y analizados. La ciencia democratiza el conocimiento, volviéndolo público, publicándolo, suje-

tándolo a la crítica constante que lo revisa y lo fuerza a evolucionar. Construir una cultura científica es especialmente importante en la época actual, en la cual un ejército de especialistas, profesionales del engaño, nos bombardean día y noche con mentiras, empleando para ello los medios masivos de comunicación.

Es sobre esta relación entre cultura científica y sociedad que versan los artículos incluidos en este volumen. En ellos leeremos cómo la falta de esta cultura fomenta la charlatanería y sus efectos perniciosos en la salud y la seguridad de la población, y cómo la ciencia nos prepara para ser autocríticos y desconfiar de los dogmas y de la verdad absoluta. Conoceremos escándalos científicos que tuvieron consecuencias graves entre la población pero que ilustran el poder auto-correctivo de la ciencia. Entenderemos las limitaciones del utilitarismo inmediato y apreciaremos las consecuencias revolucionarias de experimentos aparentemente inútiles. Reflexionaremos sobre el uso responsable de la ciencia, la cual intrínsecamente no es ni buena ni mala. Aprenderemos a conducir la curiosidad infantil a través del juego para desarrollar actitudes científicas. Estudiaremos la racionalidad del ser humano y la psicología de la ciencia, discutiremos el valor del escepticismo y contrastaremos la universalidad de la ciencia con la multiplicidad de creencias religiosas. Entenderemos la importancia de las reuniones y publicaciones para comunicar resultados científicos, la relación entre el lenguaje de la ciencia y la historia de la humanidad, y la importancia de las colaboraciones científicas internacionales. Apreciaremos el arte de la escritura y de la tipografía científica y nos adentraremos en el proceso de publicación, reconociendo el importante papel de editores y árbitros, la relación entre publicación y evaluación científica y la organización de la comunidad científica en un sistema nacional de investigadores. Veremos cómo la cultura de hacer públicos los resultados científicos ha impactado el desarrollo de herramientas computacionales libres además de gratuitas. Entenderemos el papel de los expertos en la comunidad científica y cómo contrasta con el papel de supuestos expertos empleados por políticos para justificar sus decisiones.

Esperamos que al leer los artículos que forman este volumen, el lector adquiera una idea más clara de las muchas y sutiles formas en que la ciencia impacta y enriquece a nuestra sociedad, así como del quehacer y la organización de nuestra comunidad científica, la cual es en sí una parte integral y vital de nuestra sociedad.