

## Editorial

- Mundo académico y mundo profesional
- Descifrando las señales del cuerpo humano
- ¿Por qué el pollito cruzó el camino?
- Percepción de emociones a través de la música
- Sobre las matemáticas



## *Portada:*

Designed by Freepik ([www.freepik.com](http://www.freepik.com))

"Vertical closeup shot of a parrot with red, blue and green feathers"

[https://www.freepik.com/free-photo/vertical-closeup-shot-parrot-with-red-blue-green-feathers\\_8409011.htm](https://www.freepik.com/free-photo/vertical-closeup-shot-parrot-with-red-blue-green-feathers_8409011.htm)

## *Legal:*

**Katra**, Número 2, Volúmen noviembre 2024, es una publicación anual editada por Dr. Salvador Godoy Calderón. Cádiz sur 77, Colonia Insurgentes-Mixcoac, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03920, Ciudad de México, México. Tel. 5554599218. Editor responsable: Dr. Salvador Godoy Calderón. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2022-111717422400-102.

Las opiniones expresadas por los autores de artículos no necesariamente reflejan la postura del editor responsable de esta publicación, ni de los integrantes del Comité Editorial. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

## *Contenido:*

<b>Editorial .....</b>	<b>1</b>
<b>Academia y desarrollo profesional: Una simbiosis necesaria pero incomprendida</b> Víctor Iván González Guevara.....	4
<b>Descifrando las señales del cuerpo humano</b> Blanca Tovar Corona.....	23
<b>¿Por qué el pollito cruzó el camino? Mi experiencia personal como un profesional mexicano en Estados Unidos</b> Héctor Rivera Madrid.....	41
<b>Percepción de emociones a través de la música</b> Nahum Carlos Alexis Rangel .....	51
<b>Sobre las matemáticas. Un punto de vista</b> Germán Téllez Castillo.....	67

# Editorial

**S**in importar cuan fácil o difícil haya sido la consecución de una meta, y sin importar qué tan grandioso o cotidiano haya sido el objetivo cumplido, si se celebra con exceso o durante demasiado tiempo, siempre existe el riesgo de retroceder lo avanzado y volver obsoleto el objetivo alcanzado. Para recordarnos eso está el refrán popular que dice: “Siempre es más fácil llegar que mantenerse”.

Para la revista **Katra**, 2024 ha sido un año importante en el que hemos tenido que reconocer y asumir la realidad de ese refrán. En la última oración del editorial del año anterior dije: “El tiempo dirá de qué forma y con qué nivel de éxito se logrará ese objetivo”; y por supuesto, el tiempo llegó. Preparar la publicación del segundo volumen, resultó ser una experiencia radicalmente diferente de aquella para preparar el volumen inaugural.

Con la publicación del primer volumen, se reunieron las condiciones necesarias para solicitar un número de identificación *ISSN* (*International Standard Serial Number*), el cual se pudo aplicar de forma retroactiva y será el identificador de la revista para todos los volúmenes y números especiales que se publiquen en el futuro.

La puesta en operación del sitio *Web* de **Katra**, permitió visualizar y evaluar algunas de las necesidades, tanto de lectores, como de autores, así como del equipo editorial. Como resultado de esa evaluación se han podido definir algunos objetivos a cumplir en el corto plazo, como el diseño y puesta en operación de la versión para dispositivo móvil del sitio *Web*, la instalación de contadores de acceso para realizar estadísticas de la actividad de lectura de cada artículo y volumen, así como la obligación de satisfacer la curiosidad de los lectores sobre el significado, origen y

contexto del nombre **Katra**, pero principalmente, la necesidad de diseñar y preparar números especiales temáticos.

En general, durante este año y los años por venir, **Katra** deberá desarrollar una personalidad propia, diversificarse y crecer. En cuanto a la diversificación temática, ha sido un gusto poder incluir, en el segundo volumen, algunos artículos con perspectiva no-técnica, pero reflexiva y motivacional, como “*Academia y desarrollo profesional: Una simbiosis necesaria pero incomprendida*”, “*¿Por qué el pollito cruzó el camino? Mi experiencia personal como un profesional mexicano en Estados Unidos*” y “*Percepción de emociones a través de la música*”, los cuales anticipo que serán recibidos con bastante agrado por los lectores.

Preparar números especiales temáticos, es una tarea titánica que deberá comenzar a desarrollarse y continuar durante los siguientes años. En ese contexto y a mediano plazo, se visualizan números especiales en *ecosistemas y especies en extinción, cambio climático y cultural, inteligencia artificial, exploración espacial, geología, paleontología y arqueología*, así como una variedad de otras temáticas que comienzan a acumularse en la lista de pendientes. Haremos nuestro mejor esfuerzo por cristalizar esos proyectos en el menor tiempo posible, pero sin perder la calidad obligada.

Uno de los intereses e intenciones primordiales de **Katra** es seguir operando bajo el principio de publicación por invitación. Aunque esa no sea la forma canónica de operar de una revista, nos permite alejarnos de la influencia que genera el esquema en el que los autores someten sus artículos y dependen de una o más revisiones para obtener una decisión de aceptación o rechazo. Reconocemos plenamente que la sociedad se encuentra en una etapa de numerosos cambios, y que en muchos momentos explota la demanda de medios para expresar ideas y opiniones, sin

embargo, **Katra** no es y no pretende ser una red social; deseamos ser un medio que comunique, eduque, ofrezca perspectiva y resalte la riqueza de la diversidad infinita en infinitas combinaciones.

Desafortunadamente, la perspectiva a futuro, en el corto y mediano plazos, parece mostrar indicios de un recrudecimiento de la política y una restricción sistemática de la libertad de expresión. Enfrentaremos esos problemas si y cuando se presenten. Por lo pronto, para el momento en que se publique el segundo volumen de **Katra**, ya habrá comenzado el proceso de diseño de un primer número temático extra para el año 2025. Y nuevamente, sólo el tiempo evidenciará la calidad de nuestro esfuerzo, así como los cambios y adaptaciones que deberemos asumir para darle vida a un medio de divulgación como **Katra**.

*Dr. Salvador Godoy C.  
Octubre, 2024.*

# Academia y desarrollo profesional: Una simbiosis necesaria pero incomprendida

Víctor Iván González Guevara

[vgonzalez.general@gmail.com](mailto:vgonzalez.general@gmail.com)

Resulta interesante cómo las reflexiones más profundas, sobre circunstancias que en algún momento de la vida fueron relevantes, emergen súbitamente en nuestras vidas a través de situaciones completamente fortuitas. Ese fue mi caso cuando, durante una plática casual, un amigo me mencionó su inquietud por comenzar a estudiar una nueva carrera, a pesar de que ya contaba con una trayectoria profesional de varios años.

No es de extrañar que este inesperado comentario despertara mi interés por entender el motivo de su decisión. Sin embargo, para comprender su situación, es importante poner las cosas en contexto: mi amigo había dedicado su carrera profesional a la enseñanza del idioma inglés para alumnos de bachillerato y ahora deseaba estudiar ingeniería; sin duda, un cambio radical.

En este punto, la pregunta inevitable es: ¿Cuál puede ser el motivo para tomar una decisión tan drástica? En primera instancia, podría pensarse que su interés fue meramente profesional o económico, dado el crecimiento significativo y la alta demanda de ingenieros en campos tecnológicos durante los últimos años. Sin embargo, para mi sorpresa, descubrí que su motivación era puramente académica. Convivir con muchos estudiantes en la etapa de orientación vocacional, había despertado en él una curiosidad profunda por ampliar sus conocimientos, especialmente en el área de computación.

Sin duda alguna, para cualquier persona, una conversación de ese tipo puede poner en jaque muchas de sus creencias, pues en nuestra concepción actual del mundo no parece lógico que alguien, con un empleo ya establecido, pueda poner en pausa su vida profesional por un único propósito: el académico.

Fue justamente, como consecuencia de esa conversación, que regresaron a mi mente algunos recuerdos de mi etapa como estudiante. Aquella etapa en la que, muchos estudiantes, comienzan a cuestionar el valor y la relevancia de los conocimientos que están adquiriendo, así como su posible utilidad para la vida profesional. Y es, precisamente como resultado de esos cuestionamientos y valoraciones, cuando se crea un sistema de creencias sobre el cual se fundamenta el futuro profesional y la visión particular del mundo.

Tal y como mencioné al inicio, un evento fortuito, como aquella plática con mi amigo, detonó en mí un profundo estado de reflexión del que se desprendieron varios cuestionamientos: ¿Cuál es la percepción actual del mundo académico y el mundo profesional? ¿Cuáles son sus características distintivas, las formas en que se interconectan y las implicaciones de dicha interconexión? ¿Cuáles son los principales supuestos y creencias que se asocian a cada uno de ellos?

Quizás, en la búsqueda de respuestas a estas preguntas, se pueda comprender el panorama que implica la dualidad entre el mundo académico y el mundo profesional, que ha cobrado enorme relevancia, al grado de ser un rasgo determinante en la identidad de una persona. Posiblemente, al final de este artículo, se pueda entender el por qué mi amigo tomó la decisión que tomó.

## ***La influencia de la carrera en la identidad personal***

En la sociedad contemporánea, elegir y desarrollar una carrera profesional, es una actividad que ha traspasado su mera función económica e incluso se ha convertido en un componente fundamental de la identidad personal. Es más, tal es el caso que, la profesión que elegimos no solo determina nuestro sustento y estatus social, sino que también moldea nuestra percepción de nosotros mismos y nuestra posición en el mundo. Esa sobreidentificación con la carrera, no sólo se refleja en la dedicación y especialización que cada persona muestra en su campo de conocimiento, sino también en su forma de relacionarla con otros aspectos de su vida, desde las redes sociales hasta su autoestima.

El impacto que ha cobrado la carrera como rasgo de la identidad, se ha visto amplificado por el entorno digital y la cultura contemporánea, en la que el éxito profesional frecuentemente se equipara con el éxito personal y la realización individual. Por lo tanto, no es inusual escuchar comentarios de amigos o conocidos como: "¿No te interesa avanzar en tu carrera? Parece que estás satisfecho con tu situación actual", "Si realmente deseas progresar, deberías dedicar más tiempo y esfuerzo a tu trabajo", o "Parece que estás demasiado cómodo en tu posición actual. ¿No tienes ambiciones más altas?"

Todo esto me lleva a recordar la vida y obra de un gran filósofo del siglo XVII, *Baruch Spinoza*, y una de sus más grandes reflexiones que tuvo lugar años después de haber sido exiliado por su comunidad. ¿Su crimen? Cuestionar el *status quo* de su sociedad. A los 27 años, *Spinoza* reflexionó profundamente sobre la búsqueda de un bien verdadero, uno capaz de proporcionar una alegría continua y suprema, que estuviera más allá de las trivialidades de la vida y de las instituciones establecidas. Es decir, un bien meramente personal. He aquí sus palabras:

*"Después que la experiencia me había enseñado que todas las cosas que suceden con frecuencia en la vida ordinaria son vanas y fútiles, como veía que todas aquellas que eran para mí causa y objeto de temor no contenían en sí mismas ni bien ni mal alguno a no ser en cuanto que mi ánimo fuera afectado por ellas, me decidí, finalmente, a investigar si existía algo que fuera un bien verdadero y capaz de comunicarse, y de tal naturaleza que, por sí solo, rechazados todos los demás afectara al ánimo; más aún, si existiera algo que, hallado y poseído, me hiciera gozar eternamente de una alegría continua y suprema."*

Spinoza, B. (2014). Tratado de la reforma del entendimiento. Principios de filosofía de Descartes. Pensamientos metafísicos. Madrid: Alianza Editorial.

Este pasaje resulta fascinante porque *Spinoza*, con sus propias palabras, pone expone un pensamiento que muchos llegamos a tener con el paso del tiempo, y es que, a medida que experimentamos el mundo, nos damos cuenta de que aquellas cosas a las que les atribuimos valor y que la mayoría persigue – dinero, fama, lujos, poder o éxito – son efímeras y carentes de verdadero valor y significado. Es entonces cuando emerge una pregunta inevitable: ¿Qué camino debería yo seguir? Para un estudiante, una duda más concreta es: ¿Debo optar por una

carrera como ingeniería, para asegurar mi estabilidad económica, o seguir mis intereses y estudiar artes?

*Spinoza* expresa el mismo dilema e incertidumbre que enfrentan muchos jóvenes, y no tan jóvenes, en la misma situación:

*“Me decidí finalmente, porque, a primera vista, parecía imprudente querer dejar una cosa cierta por otra todavía incierta. En efecto, yo veía las ventajas que se derivan del honor y de las riquezas y que me vería forzado a dejar de buscarlos, si quería dedicarme seriamente a algo nuevo y diferente. De ahí que, si la felicidad suprema residía en ellos, yo me privaba necesariamente de ella; y si, por el contrario, no residía en ellos y yo me entregaba exclusivamente a su búsqueda, me privaría igualmente de la felicidad suprema.”*

Spinoza, B. (2014). Tratado de la reforma del entendimiento. Principios de filosofía de Descartes. Pensamientos metafísicos. Madrid: Alianza Editorial.

Aunque *Spinoza*, al igual que todos nosotros, en algún momento se vio obligado a escoger un camino a seguir, la diferencia crucial entre su situación y la nuestra, es lo que él arriesgó. En su época, la vida social estaba completamente mediada por la afiliación religiosa, y todos los medios y recursos disponibles dependían de la pertenencia a una comunidad. Contrariar esa visión del mundo podría traer consigo la expulsión de esa comunidad, con todas las consecuencias que ello implicara.

Actualmente, nuestro sistema social funciona de manera distinta. Aunque contrariar los designios de la mayoría, todavía puede conducir al aislamiento, las consecuencias no son tan radicales como en aquel entonces. Si tomamos la decisión de seguir nuestras convicciones y la vida de artista no resulta ser lo que esperábamos y resulta que las riquezas son el camino indicado, la consecuencia no es más grave que una vida económicamente modesta.

Para *Spinoza*, el sacrificio fue mucho mayor, ya que renunciar al camino de la mayoría, no solo implicaba una vida austera en cuanto a pertenencias, sino también vivir como un paria, un hombre exiliado entre una comunidad de exiliados. Sin embargo, él comprendía las consecuencias a las que se enfrentaba, pues cuando recibió su sentencia, con tan solo 23 años, le comentó a un amigo

suyo: "Bien, esto no me obliga a hacer nada que no hubiera hecho por mi propia voluntad".

Traer a colación a un personaje como *Baruch Spinoza* no es accidental. Su lucha interna y sus decisiones radicales reflejan de manera atemporal los dilemas que muchas personas enfrentan hoy. Su reflexión sobre la búsqueda de la verdadera felicidad nos lleva a una comprensión más profunda de las decisiones que tomamos en nuestras vidas. Para él, ese bien superior está más allá de las recompensas superficiales, los títulos, el *status* y los placeres; está en la formación del espíritu humano y el entendimiento de su relación con el mundo.

Eso resulta especialmente relevante cuando consideramos la dualidad entre el mundo académico y el mundo profesional. Particularmente, porque ambos mundos tienen, como fin último, impulsar el desarrollo humano. Pero, ¿cómo se puede desarrollar la humanidad si aquello que valora es externo a los individuos que la componen? ¿Cómo se desarrolla la humanidad sin formar a los individuos para tener un claro entendimiento del mundo en el que viven?

Ambos mundos presentan sus propios desafíos y recompensas, y la elección entre ellos no es simplemente una cuestión de preferencia personal, sino también una reflexión profunda sobre nuestros valores y objetivos.

## ***¿Qué entendemos por mundo académico y mundo profesional?***

Hasta ahora, hemos explorado cómo la elección de una carrera, puede convertirse en un componente esencial de nuestra identidad. Pero, ¿Qué entendemos realmente por "mundo académico" y "mundo profesional"? ¿Cómo se definen, se diferencian y se interrelacionan estos dos ámbitos? ¿Qué implicaciones tienen para nuestras decisiones y nuestro sentido de propósito?

Para responder a esas preguntas, es crucial desglosar cada uno de los conceptos, identificar sus características distintivas y comprender la forma en que interactúan. Esa exploración nos permitirá entender mejor, tanto el papel que

ambos mundos juegan en nuestras vidas y en el desarrollo de nuestra identidad personal y profesional.

## **Mundo académico**

El mundo académico se entiende comúnmente como el ámbito donde se desarrolla la educación formal y la investigación avanzada. Comprende universidades, escuelas y centros de investigación donde se promueve tanto el aprendizaje teórico como el práctico, así como la generación de conocimiento a través de métodos científicos y humanísticos.

Bajo esa concepción, la educación académica tiene como objetivo que los estudiantes adquieran conocimientos teóricos y desarrollen habilidades críticas que los preparen para enfrentar desafíos en el futuro. Las universidades se esfuerzan por formar individuos capaces de pensar de manera crítica, resolver problemas complejos y contribuir al avance del conocimiento en diversas disciplinas. Dentro del ámbito académico, destacan varios elementos importantes:

1. **Educación formal:** Cubre todo el proceso estructurado de enseñanza y aprendizaje, impartido por profesionales especializados, desde la educación básica hasta la superior.
2. **Investigación y desarrollo:** Incluye la generación de nuevo conocimiento mediante investigaciones originales y la publicación de descubrimientos en revistas académicas evaluadas por expertos.
3. **Curículo y pedagogía:** Se refiere a los planes de estudio diseñados para facilitar un aprendizaje efectivo, así como los métodos de enseñanza y evaluación utilizados para promover la comprensión y el desarrollo intelectual.
4. **Comunidades académicas:** Son redes de académicos, investigadores, estudiantes y profesionales que colaboran en la producción y difusión del conocimiento, contribuyendo al desarrollo de campos específicos del saber.

5. **Instituciones educativas:** Son organizaciones dedicadas a la enseñanza y la investigación, comprometidas con la formación de individuos y la contribución al avance del conocimiento en diversas disciplinas.

## **Mundo profesional**

El mundo profesional se entiende comúnmente como el espacio donde las personas aplican los conocimientos y habilidades, que han adquirido en su educación y formación, para desempeñar roles remunerados en diversas organizaciones y sectores económicos.

En el ámbito profesional, el objetivo es utilizar estos conocimientos para resolver problemas reales, construir una carrera sólida y contribuir al crecimiento económico tanto de las organizaciones como de la sociedad en general. Aquí el enfoque se centra en la acción y la implementación de soluciones prácticas. Entre los aspectos clave que caracterizan el mundo profesional se encuentran:

1. **Carreras y empleos:** Se refiere a las trayectorias laborales y ocupaciones, basadas en sus intereses personales, habilidades y las oportunidades disponibles, que las personas eligen y desarrollan a lo largo de sus vidas.
2. **Competencias y habilidades:** Son las habilidades específicas necesarias para desempeñar eficazmente roles profesionales, que pueden abarcar desde habilidades técnicas hasta competencias interpersonales y cognitivas.
3. **Industrias y sectores:** Representan los diferentes campos de actividad económica donde operan las organizaciones, determinando así el contexto y las oportunidades laborales disponibles.
4. **Organizaciones y empresas:** Son entidades que emplean a individuos para contribuir a sus objetivos y metas organizacionales, proporcionando un entorno de trabajo estructurado y recursos para el desarrollo profesional.

5. **Desarrollo profesional:** Incluye las estrategias y actividades diseñadas para mejorar y avanzar en la carrera profesional, como la formación continua, la obtención de certificaciones y la participación en proyectos relevantes.

## *Relación entre el mundo académico y el profesional*

A lo largo de su vida, muchas personas transitan, tanto por el ámbito académico, como por el profesional. Aunque a menudo se perciben como esferas separadas, estos dos mundos están profundamente interconectados, ejerciendo mutuamente una significativa influencia entre ellos. Idealmente, la relación entre ambos podría verse como una colaboración simbiótica y de mutuo beneficio, donde cada mundo aporta desde su propia perspectiva los medios necesarios para alcanzar un objetivo común: el progreso de la humanidad.

Por un lado, en un contexto ideal, el mundo académico destaca por su capacidad para ofrecer una formación integral del individuo, yendo más allá de las competencias profesionales. La academia contribuye al desarrollo personal y ético, inculcando valores y fomentando una comprensión amplia del mundo y su diversidad cultural y social. Ese enfoque holístico, permite a los estudiantes convertirse en ciudadanos responsables y conscientes, preparados para enfrentar los desafíos globales. Además, el mundo académico se centra en la generación y transmisión de conocimiento teórico y fundamental, proporcionando una base sólida para entender diversos fenómenos y disciplinas. A través del desarrollo de habilidades críticas y analíticas, los estudiantes aprenden a cuestionar, investigar y argumentar de manera lógica y estructurada. La innovación y la investigación también son pilares fundamentales, con las que las instituciones académicas promueven estudios que pueden llevar a descubrimientos y avances tecnológicos, fomentando así la creatividad y la exploración de nuevas ideas.

Por otro lado, el mundo profesional se caracteriza por su enfoque en el desarrollo de habilidades técnicas y específicas, necesarias para desempeñar roles particulares dentro de diversos campos de trabajo. Las empresas y organizaciones brindan oportunidades para que los individuos adquieran y

perfeccionen estas habilidades, asegurando una fuerza laboral altamente capacitada. La experiencia directa en el manejo de responsabilidades, la toma de decisiones y la gestión de proyectos en el ámbito profesional, contribuyen significativamente a la madurez y el desarrollo profesional de los individuos.

Además, el mundo profesional juega un papel esencial en la contribución al crecimiento económico, generando empleo, innovación comercial y desarrollo económico. Estas actividades son fundamentales para el bienestar y la prosperidad de la sociedad en su conjunto, asegurando que el progreso tecnológico y económico se traduzca en mejoras tangibles en la calidad de vida de las personas.

Cuando funcionan en armonía, estos dos mundos contribuyen al desarrollo integral del individuo y de la sociedad. La academia se dedica a formar individuos críticos y éticos, y a expandir el conocimiento; mientras que el ámbito profesional aplica ese conocimiento y habilidades para fomentar el crecimiento económico y la innovación. Esa sinergia impulsa el progreso de la humanidad, asegurando que el desarrollo intelectual y económico vayan de la mano.

Sin embargo, esa es una visión idealizada de la relación y dinámica que estos dos mundos podrían tener. En la realidad, la situación es muy distinta y la relación es objeto de diversas críticas. Una de las críticas más destacadas es la desconexión entre ambos mundos y la falta de sensibilidad de la academia para preparar adecuadamente a los estudiantes para las exigencias del mundo profesional. Esta crítica revela un problema mayor: en lugar de ser una colaboración mutua para el progreso de la humanidad, la relación entre el mundo académico y el profesional a menudo se reduce a ver a la academia como la productora de materia prima que la industria utiliza. Y, pensándolo bien, ¿quién es la materia prima en esta ecuación? Exacto, los estudiantes.

En la práctica, la academia termina subordinada a las necesidades y caprichos de las empresas, cuyo principal interés es obtener mayores ganancias. En ese contexto, el mundo profesional propone la estructura y los requerimientos necesarios para maximizar las ganancias, mientras que el mundo académico se ve

forzado a ajustar sus programas de estudio, métodos, estándares y visión para alinearse con los rápidos cambios que el mundo profesional exige.

El resultado, es un sistema educativo que prioriza la empleabilidad y la capacitación en habilidades técnicas sobre el pensamiento crítico y la formación integral del individuo. Los estudiantes, en lugar de ser preparados para convertirse en ciudadanos éticos e íntegros, son moldeados para satisfacer las necesidades inmediatas del mercado laboral. Esto no solo limita el potencial individual de los estudiantes, sino que también restringe el progreso social y cultural, ya que las perspectivas y los valores más amplios son sacrificados en el altar del beneficio económico de corto plazo.

Los efectos de esa relación, en el mundo real, se pueden ver manifestados en varias de las contradicciones que ensombrecen y deterioran a algunos de los avances tecnocientíficos que, en teoría, tienen como propósito impulsar el progreso de la humanidad. Estos son algunos ejemplos que lo ilustran:

- **Desarrollo de inteligencia artificial vs. desigualdad digital:** Aunque la inteligencia artificial está revolucionando industrias y mejorando la eficiencia de los procesos, una significativa brecha digital deja a muchas personas sin acceso a *internet* o tecnología básica, limitando sus oportunidades educativas y económicas.
- **Industria farmacéutica vs. enfermedades desatendidas:** Las grandes empresas farmacéuticas desarrollan medicamentos innovadores para enfermedades prevalentes en países ricos, mientras que las enfermedades que afectan predominantemente a los países pobres, como la malaria y el dengue, reciben menos atención e inversión.
- **Innovación en energía renovable vs. dependencia de combustibles fósiles:** A pesar de los avances en energías renovables como la solar y la eólica, gran parte del mundo sigue dependiendo del carbón y el petróleo, contribuyendo al cambio climático y sus devastadores efectos en las comunidades vulnerables.

- **Tecnología espacial vs. pobreza extrema:** Mientras que agencias espaciales y empresas privadas invierten miles de millones de dólares en exploración espacial, millones de personas, en la Tierra, viven en pobreza extrema sin acceso a necesidades básicas como agua potable y alimentos.

Los anteriores ejemplos ponen de relieve la forma en que la distorsionada relación entre ambos mundos puede convertirse en una dinámica problemática con consecuencias tangibles y en la que los intereses económicos predominan sobre el verdadero progreso humano.

No obstante, aunque pueda pensarse que la crítica sobre la desconexión entre el mundo académico y el mundo profesional es algo propio de nuestra modernidad, en la literatura existen varias reflexiones sobre este tema y hay una que me parece especialmente relevante, ya que plantea claramente desde cuándo ha tenido lugar el antagonismo entre estos dos grandes mundos. *Leonard Goodwin* en su artículo “*The Academic World and the Business World: A Comparison of Occupational Goals*” nos dice:

*“La orientación materialista de las empresas y la orientación humanista de las instituciones académicas a menudo parecen estar en tensión. Richard Hofstadter señala que este antagonismo ha existido al menos desde el declive del mercantilismo y el auge del industrialismo a principios del siglo XIX. En aquel entonces, la comunidad empresarial consideraba que una educación en artes liberales era una preparación inapropiada para la actividad comercial. Para principios del siglo XX, los componentes prácticos, técnicos o de negocios de la educación universitaria ya habían ganado aceptación.”*

Goodwin, L. (1969). The academic world and the business world: A comparison of occupational goals. *Sociology of Education*, 42(2), 170-184.

*Goodwin*, basándose en *Hofstadter*, contrasta el lado meramente material del ambiente empresarial con el lado humanista de la academia. En donde, por un lado, el primero busca el mayor beneficio económico posible, mientras que el otro se enfoca en el beneficio social y humano. También revela el desprecio de la industria por la formación humanista, considerada como inútil para sus fines. Tanto así que, para el siglo XX, la práctica, la técnica y los conocimientos en negocios adquirieron una mayor relevancia y trascendieron hasta nuestra

actualidad, pues a la fecha, se valoran más los aspectos prácticos y productivos de una persona que su potencial intelectual o humano. *Goodwin* continúa diciendo:

*“Sin embargo, aún persiste una corriente subterránea de desconfianza que separa los mundos académico y empresarial. Los líderes industriales se quejan de que las universidades predisponen a sus estudiantes más brillantes en contra del negocio. ¿Es válida esta acusación? ¿Existen, de hecho, diferencias significativas en los objetivos entre el mundo empresarial y el académico? ¿Adoptan los estudiantes más destacados una visión despectiva del mundo empresarial como resultado de su experiencia universitaria? Dado que la educación superior es un sistema cada vez más significativo dentro de la sociedad estadounidense, especialmente en su relación con el avance ocupacional, lo que sucede con las orientaciones básicas de un estudiante durante su experiencia académica tiene una gran importancia social.”*

Goodwin, L. (1969). The academic world and the business world: A comparison of occupational goals. *Sociology of Education*, 42(2), 170-184.

Este fragmento resulta importante porque en él *Goodwin* plantea un rasgo importante de la desconexión entre el mundo profesional y el académico, a saber, la desconfianza, por parte del entorno empresarial, ante aquello que las universidades pueden inculcar a sus estudiantes más brillantes (para ellos, la mejor materia prima). Esto revela la dinámica que el ambiente empresarial desearía por parte de las universidades, es decir, la formación de personas capacitadas para la producción, sin conciencia crítica. No obstante, al mismo tiempo, *Goodwin* reflexiona sobre el papel que tiene la educación superior en el contexto social, indicando que lo que sucede dentro de las etapas formativas de un estudiante tiene una gran relevancia social.

Es en este punto, al analizar la relación entre estos dos grandes mundos, cuando llegamos a la incomprendión de la simbiosis que debería existir entre ellos. Aunque ambos, en teoría comparten un objetivo común, en la práctica eso no se refleja así. En medio de esta compleja relación entre la academia y el mundo profesional, se olvida con demasiada frecuencia un componente fundamental de ambos: el individuo.

Actualmente, tanto las instituciones educativas como las empresas, parecen concentrarse más en satisfacer las demandas del mercado y maximizar las

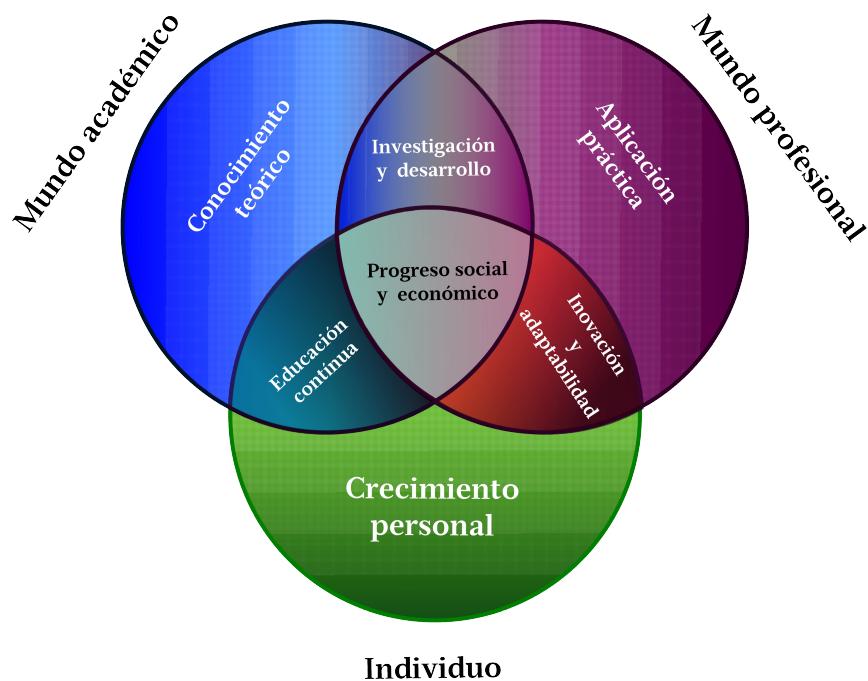
ganancias, descuidando la importancia de desarrollar plenamente a los estudiantes como seres humanos integrales. El enfoque excesivo en la empleabilidad y las habilidades técnicas, deliberadamente ignora que cada estudiante es una persona con aspiraciones, valores y potencial para contribuir a la sociedad de maneras que van más allá de las necesidades económicas inmediatas.

Ese abandono y negligencia con el individuo tiene consecuencias profundas y muy perjudiciales. Al priorizar la formación técnica sobre el pensamiento crítico y la ética, se crean profesionales que pueden ser altamente competentes en sus campos, pero que carecen de una comprensión amplia de su papel en la sociedad. La falta de formación integral, no solo limita el desarrollo personal de los estudiantes, sino que también restringe el potencial de la sociedad para avanzar de manera equilibrada y sostenible. Al desatender la dimensión humana de la educación, tanto la academia como la industria están contribuyendo a una visión reduccionista del progreso, una que valora más las ganancias económicas que el bienestar y el crecimiento holístico de las personas.

Es por ello que, considerar una simbiosis únicamente entre dos mundos, el académico y el profesional, termina siendo una visión incompleta y sesgada, que deja de lado al principal actor que da razón de existir a esos dos mundos: el individuo. Al final, si el objetivo conjunto de ambos mundos es el progreso humano, ¿por qué considerar al individuo, que es quien conforma a la humanidad, fuera de su relación social? Es el individuo quien transcurre su vida entre esos dos mundos y debería ser él quien considere conscientemente la forma adecuada para desenvolverse entre ellos para forjar su propio carácter.

Por lo tanto, considerar la simbiosis de forma bipartita (mundo académico - mundo profesional) es incompleta y no refleja la realidad. Es por ello que considerar una simbiosis tripartita, en la que se incluya al individuo, no solo modela correctamente la situación real, sino que abre el panorama para que cada persona pueda comprender su papel dentro de esta relación.

Para ilustrar ese nuevo concepto de la simbiosis y resaltar la importancia del individuo, a continuación presento un diagrama que muestra cómo el mundo académico y el mundo profesional se intersectan y cómo el individuo se sitúa en el centro de esta interacción.



## ***Supuestos y creencias del mundo académico y el profesional***

Existen varios supuestos y creencias que moldean la manera en que se perciben y valoran la educación y el trabajo. Esos supuestos, aunque ampliamente aceptados, merecen ser cuestionados y reevaluados para comprender mejor sus implicaciones y limitaciones. Los siguientes son tres de los supuestos más prevalentes y su impacto en la sociedad.

### ***La educación como factor de movilidad social***

Uno de los supuestos más arraigados en la sociedad, es que la educación actúa como un poderoso factor de movilidad social, permitiendo a los individuos ascender en la escala socioeconómica. La creencia sostiene que una educación superior abre puertas a mejores oportunidades laborales, y por ende, a una vida

más próspera. Sin embargo, esta idea no se cumple de manera uniforme en todos los contextos.

Aunque la educación formal puede proporcionar ventajas significativas, su capacidad para transformar la vida de una persona está condicionada por una serie de factores externos, como el origen socioeconómico, la red de conexiones y la situación económica de un país. En muchos casos, los individuos provenientes de entornos desfavorecidos, enfrentan barreras adicionales que limitan el impacto positivo de su educación, como la falta de acceso a recursos de calidad, la discriminación en el mercado laboral y la precariedad económica que les impide dedicarse plenamente a sus estudios. Por lo tanto, aunque la educación formal tiene el potencial de ser un motor de movilidad social, su eficacia es relativa y no garantiza un cambio significativo en todas las circunstancias.

### ***La selección de carrera profesional como una inversión***

Otro supuesto común, es que la elección de una carrera profesional debe ser vista como una inversión, en la que los individuos seleccionan sus estudios en función del retorno económico que esperan obtener en el futuro. Este enfoque pragmático lleva a muchas personas a optar por carreras que prometen altos salarios y estabilidad laboral, en lugar de seguir sus verdaderos intereses y pasiones.

Este paradigma puede resultar en una fuerza laboral insatisfecha y desmotivada, compuesta por individuos que, aunque económicamente exitosos, carecen de un sentido de realización personal. Además, la visión de la educación como una mera inversión financiera puede llevar a una sobreoferta de profesionales en ciertas áreas, saturando el mercado y depreciando el valor de esos títulos. Es crucial reconocer que la educación y la elección de carrera no deberían basarse únicamente en cálculos económicos, sino también en el desarrollo integral del individuo y su satisfacción personal.

## ***Los títulos académicos como representación ficticia de superioridad***

El tercer supuesto, es la creencia de que los títulos académicos son una representación exacta de las habilidades y superioridad de una persona. En muchas sociedades, poseer un título universitario es visto como una marca de prestigio y competencia, otorgando a los graduados una cierta superioridad percibida sobre aquellos que no han alcanzado el mismo nivel de educación formal.

No obstante, este supuesto es inherentemente problemático. Los títulos académicos no siempre reflejan las habilidades prácticas, la inteligencia emocional, la creatividad o el carácter de un individuo. Hay muchos casos de personas altamente competentes y exitosas que no poseen títulos universitarios y, por el contrario, casos de individuos con títulos avanzados que carecen de habilidades esenciales para el éxito en el mundo real. Valorar a las personas únicamente por sus credenciales académicas puede llevar a la exclusión de talentos diversos y a la perpetuación de un sistema que prioriza la conformidad sobre la innovación y el pensamiento crítico.

Esos tres supuestos reflejan creencias profundamente arraigadas en nuestra sociedad, pero al cuestionarlos y reevaluarlos, podemos avanzar hacia un sistema educativo y profesional más inclusivo, equitativo y verdaderamente orientado al desarrollo humano integral.

## ***Conclusiones***

La relación entre el mundo académico y el profesional ha sido objeto de una percepción errónea generalizada y en la que se entiende que la academia debe capacitar directamente para el mundo laboral. Esa visión simplista ignora la verdadera esencia de la formación académica y su propósito más amplio. No debemos confundir la formación con la capacitación. Mientras que la capacitación se centra en proporcionar habilidades específicas para desempeñar una actividad particular en un contexto bien definido, la academia se dedica a ofrecer

herramientas y experiencias generalizables, aplicables a cualquier escenario que el individuo pueda enfrentar.

La academia forma para la vida, y es cierto que una de las dimensiones de la vida es la laboral, pero no la única. También es cierto que al elegir una carrera profesional, se elige especializarse en una rama del conocimiento, pero se sobrentiende que esa carrera proporciona también una educación básica que, complementada con la especialidad elegida, proporciona las herramientas necesarias para comprender el mundo desde una perspectiva particular.

Resulta crucial entender a la sociedad humana en su dimensión académico-profesional como una simbiosis de tres elementos: el mundo académico, el mundo profesional y el individuo. Aunque los dos primeros son entidades grandes y complejas con sus propios mecanismos, el individuo es el elemento más importante de esa simbiosis, pues es quien transita entre estos dos mundos.

Es prudente apreciar lo que cada mundo, en su justa medida puede aportar, y también asumir la responsabilidad sobre nuestro papel como individuos al transitar por estos dos mundos. El individuo no puede esperar que los dos mundos se definan completamente según sus expectativas o necesidades. Es absurdo pensar de esa forma. Tampoco puede esperar que la formación se reduzca a la simple capacitación.

En esa simbiosis tripartita, el individuo es el más beneficiado o afectado. Durante el tránsito entre el mundo académico y el profesional se forma el carácter de una persona, y ese proceso no termina nunca. Existen etapas, en las que el individuo puede aprovechar más los recursos de un mundo u otro, dependiendo de sus circunstancias particulares.

Por ello, no es extraño que una persona cambie de profesión, pero debe hacerlo con plena conciencia de la dirección que toma y los retos a los que se enfrentará. No se trata de una simple obsesión, sino de una inclinación documentada. Una persona que toma una decisión tan radical, demuestra un apropiamiento de su

existencia como individuo y una voluntad para ubicarse en su papel en el mundo, sin ser influenciado por tendencias ajenas. Ese es el verdadero significado de "adueñarse de su existencia".

El propósito no lo dictan los mundos académico y profesional; lo dicta el individuo. La relación que el individuo tiene con cada mundo es distinta, y cada mundo también espera algo diferente del individuo y lo condiciona de manera diferente. Por eso, el individuo debe tener claridad sobre su paso por cada uno de esos mundos. Hay quienes lo hacen de forma espléndida que llegan a dominar ese tránsito y pueden alternar entre ambos mundos sin dificultad ni esfuerzo alguno.

Resulta positivo que la academia no coincida exactamente con el mundo laboral, ya que si así fuera, tanto la academia como las personas en ella serían reducidas a simples eslabones en cadenas productivas, con un uso y tiempo de vida determinados; por lo tanto, descartables. La riqueza de la formación académica reside en su capacidad de fomentar un pensamiento crítico, ético y holístico que prepare al individuo, no solo para el mercado laboral, sino para una vida plena y significativa.

Al final, podemos entender por qué mi amigo tomó la decisión de comenzar a estudiar ingeniería. Considero que él llegó a tocar los límites de lo que su carrera profesional podría haber ofrecido y se adueñó de su existencia para embarcarse nuevamente en un recorrido consciente a través del mundo académico. Tomar una decisión así requiere valor y plena conciencia de lo que uno desea y busca para sí mismo como individuo en el mundo. Tal como dijo *Baruch Spinoza* en la frase final de su obra magna:

**"Todo lo excelso es tan difícil como raro".**

*Baruch Spinoza*

## **Para conocer más, consulta:**

- 1) Claves para cerrar la brecha de competencias entre el mundo académico y el laboral.**  
Raúl Salgado. En el blog “Think Big/Empresas”.  
<https://empresas.blogthinkbig.com/claves-para-cerrar-brecha-de-competencias/>
  
- 2) ¿Qué tanto peso tiene en la actualidad un título profesional?**  
Universidad TecMilenio. Septiembre 28, 2020.  
En el blog “Tecmiblog”.  
<https://blog.tecmilenio.mx/articulos/peso-tiene-titulo-profesional-ventajas-terminar-licenciatura>
  
- 3) Factores que dificultan titularse de una universidad mexicana**  
Addy Rodríguez Betanzos, 2014.  
Cuadernos de Investigación Educativa. Universidad ORT Uruguay.  
<https://www.redalyc.org/pdf/4436/443643895008.pdf>
  
- 4) Un título universitario no es garantía para escalar en ingresos**  
Ana Karen García. Septiembre 16, 2019.  
Sitio Web de “El Economista”.  
<https://www.eleconomista.com.mx/politica/Un-titulo-universitario-no-es-garantia-para-escalar-en-ingresos-20190916-0010.html>
  
- 5) México está en pañales para dejar de contratar personal por sus títulos universitarios**  
Gerardo Hernández. Febrero 9, 2023.  
Sitio Web de “El Economista”.  
<https://www.eleconomista.com.mx/capitalhumano/Mexico-esta-en-panales-para-dejar-de-contratar-personal-por-sus-titulos-universitarios-20230209-0016.html>
  
- 6) Encuesta Nacional sobre acceso y permanencia en la educación (ENAPE) 2021**  
Comunicado de prensa Número 709/22, Noviembre, 2022  
Sitio Web de “INEGI”.  
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/ENAPE/ENAPE2021.pdf>

# *Descifrando las señales del cuerpo humano*

No. 2

Vol. 2024

**Blanca Tovar Corona**

[bltovar@ipn.mx](mailto:bltovar@ipn.mx)

Existen diferentes razones por las cuales registrar señales del cuerpo humano de manera no invasiva resulta de gran utilidad. Esto es posible gracias a la combinación de sensores, electrónica y algoritmos que se encargan de transformar datos en gráficas, comandos de control o decisiones para el diagnóstico. Una vez que tenemos los datos digitalizados, podemos utilizarlos con propósitos diversos. Por ejemplo, extraer información que pueda auxiliar a los médicos en el diagnóstico de enfermedades e incluso controlar prótesis o dispositivos por medio de las interfaces cerebro-computadora o como retroalimentación en un videojuego. Pero ¿cuál señal es la mejor para extraer información dependiendo del objetivo que se busca? ¿Cómo se registran las señales de cuerpo? ¿Qué sensores se requieren? ¿Cómo la digitalizo? ¿Cuáles son las técnicas de procesamiento que necesito conocer? ¿Se puede usar inteligencia artificial? ¿Por qué se requieren dispositivos portables o usables? Estas son algunas de las preguntas que se resolverán en el artículo, que pretende dar a conocer el proceso completo para transformar una señal en información útil, desde su adquisición por medio de sensores hasta su forma final, ya sea para visualización, almacenamiento, diagnóstico o control. Se describirán las etapas necesarias con ejemplos gráficos que permitan comprender la importancia de señales ampliamente utilizadas como la *electrocardiografía*.

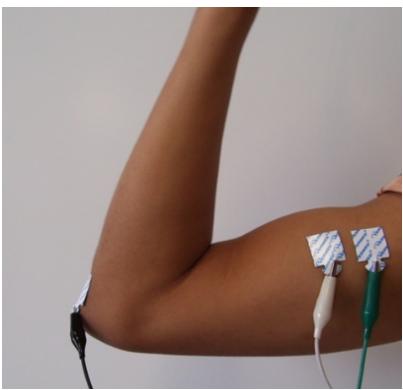
Se mencionará la importancia de los grupos *interdisciplinarios* y la necesidad de conocer tanto los sistemas biológicos como las herramientas matemáticas para procesar los datos y aprender a seleccionarlas.

## *¿Señales en el cuerpo humano?*

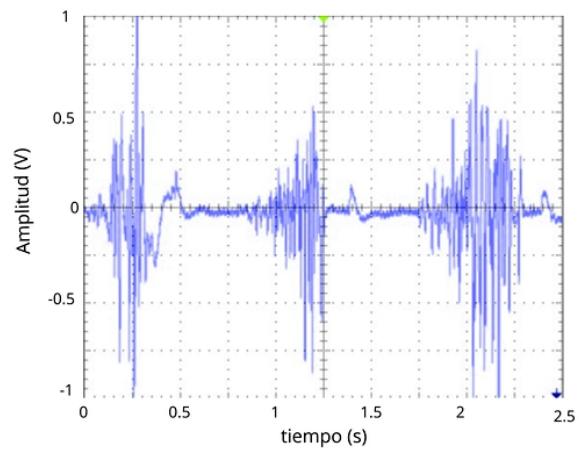
Nuestro cuerpo trabaja todo el tiempo llevando a cabo funciones que nos mantienen vivos y no somos conscientes de la mayoría de ellas, pero, con uso de

tecnología podemos registrarlas y hacerlas visibles para estudiarlas. Dos ejemplos muy claros son nuestra respiración y el latido de nuestro corazón. Los adolescentes y adultos sanos respiramos entre 12 y 20 veces por minuto y, nuestro corazón late de 60 a 100 veces por minuto, dependiendo de la edad y condición física, todo ello sin hacer ningún esfuerzo consciente. Con el uso de dispositivos electrónicos es posible registrar estas señales de nuestro cuerpo, de manera no invasiva, y así proporcionar a los médicos información sobre nuestro estado de salud y complementan sus hallazgos para hacer un diagnóstico, recomendar un tratamiento y dar seguimiento. No invasiva, significa que los sensores o electrodos se colocan sobre la piel y no se introduce ningún dispositivo en el cuerpo. En este artículo solo hablaremos de sistemas no invasivos.

Existen diferentes formas de registrar las señales dependiendo de su origen, es decir, de la forma en que nuestro cuerpo las genera. Nos referiremos a estas señales como señales fisiológicas. Por ejemplo, podemos medir la actividad eléctrica de los músculos, ya sea músculo esquelético o músculo cardiaco. En este caso, se utilizan electrodos de plata con un recubrimiento de cloruro de plata y un gel conductor para hacer un buen contacto con la piel. Esta técnica se llama *electromiografía* y la señal fisiológica que se registra se le llama señal *electromiográfica*. Si queremos medir la actividad del bíceps, colocamos dos electrodos sobre la piel, en donde el bíceps muestra su masa muscular más grande al contraerse, y otro electrodo más como referencia en el codo, sobre el hueso, como se muestra en la Figura 1. Si queremos medir la actividad eléctrica del corazón, podemos colocar dos electrodos sobre la piel, uno a cada lado del pecho y otro más sobre la piel que cubre el hueso de la cadera, en la cresta ilíaca, como referencia. Esta técnica se llama *electrocardiografía* y la señal, *electrocardiograma*. Ambas se abrevian con el acrónimo *ECG*.



(a)



(b)

**Figura 1.** a) Posición de electrodos para medir la actividad eléctrica del bíceps.  
b) Señal amplificada y filtrada de tres contracciones musculares

Pero ¿para qué nos sirven estas señales? En el caso de la señal *electromiográfica*, se puede utilizar para hacer diagnóstico sobre el funcionamiento de los músculos y su conexión con el sistema nervioso. Por ejemplo, después de haber tenido un accidente que dañase, ya sea al músculo o a los nervios que llevan la información para que se mueva. También podría servir para controlar una prótesis para quienes han tenido amputación de mano o antebrazo. En el caso del corazón, es muy importante para dar seguimiento, sobre todo a las personas que padecen cardiopatías que ponen en riesgo su vida, lo cual requiere de un constante monitoreo, ya sea en una cama de cuidados intensivos, durante una cirugía o incluso en la vida diaria. Pero también es muy útil para que los médicos generen un diagnóstico y, otra aplicación podría ser, para dar seguimiento a deportistas y astronautas en sus entrenamientos.

Además, existen otras señales muy útiles y cada una tiene una técnica de registro. Algunas de ellas son: la *electroencefalografía*, para medir la actividad eléctrica del cerebro; la *electrooculografía*, para medir la actividad eléctrica del movimiento de los ojos; la actividad *electrodérmica*, para medir la conductividad de la piel y, la *electrogastrografía*, para medir la actividad eléctrica del estómago. Cada una de ellas proporciona información útil cuando los médicos las interpretan, ya que cada una tiene características diferentes en amplitud, forma y frecuencia. Lo que tienen en común todas las que se han mencionado hasta ahora, es que se pueden

registrar por medio de electrodos superficiales que se colocan sobre la piel, sin ningún riesgo para los pacientes.

En el caso de *electroencefalografía*, los electrodos se colocan en la piel de la frente y en el cuero cabelludo, pero, son más pequeños, en forma de copa y con un recubrimiento de oro. También, se usa una pasta conductora para mejorar la conductividad entre el electrodo y el cuero cabelludo. En la figura 2 se muestra este tipo de electrodos, así como electrodos de plata, con recubrimiento de cloruro de plata, que tienen la misma función que los mostrados en la figura 1. Los electrodos de oro no son desechables, se limpian después de usarlos y se reutilizan mientras su recubrimiento esté en buen estado. En cambio, los electrodos de plata son desechables y tienen un tiempo de uso limitado, dependiendo de la actividad que esté realizando el paciente. Si está en reposo y no hay sudor, se pueden utilizar hasta por 24 horas, pero si se usan en actividad y hay sudor, durarán algunos minutos.



(a)



(b)

Figura 2. Ejemplos de electrodos superficiales.

- a) Electrodos de copa con recubrimiento de oro para electroencefalografía.
- b) Electrodos desechables de plata-cloruro de plata para uso pediátrico, se pueden usar para electrocardiografía y electromiografía.

Además de los electrodos se requiere preparar la señal para que se pueda visualizar o almacenar para su interpretación. Para ello se necesita hacerla más grande, es decir, amplificarla, ya que son señales muy pequeñas, del orden de una milésima de Volt e incluso de una millonésima de Volt. Después, se limpia de ruido, es decir, todo aquello que está fuera del rango en frecuencia que nos interesa. Este ruido puede venir de otra señal del cuerpo o del exterior, incluso, un ruido muy común es el de 60 Hz, que proviene de nuestra línea de

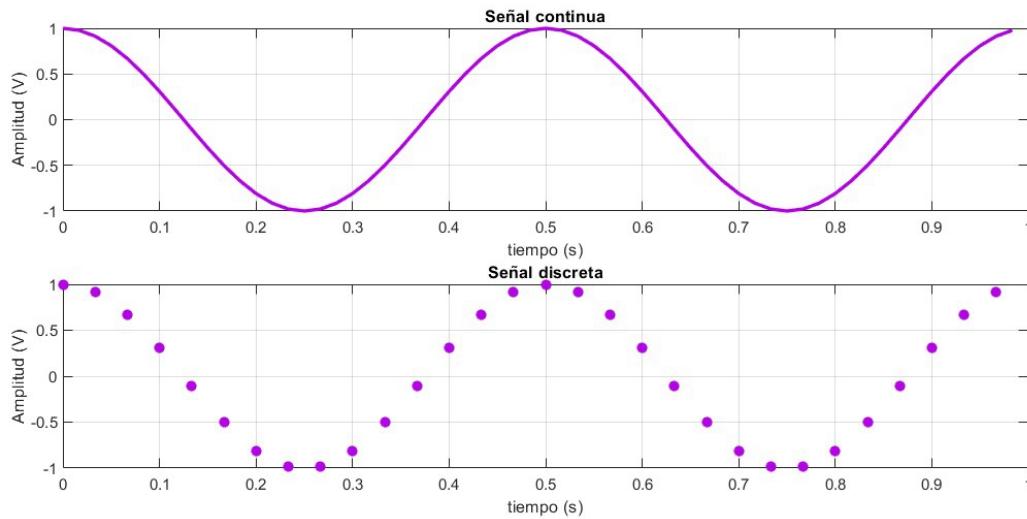
alimentación eléctrica, con la que alimentamos todos nuestros aparatos eléctricos y electrónicos.

Para amplificarlas utilizamos dispositivos electrónicos diseñados específicamente para estas señales fisiológicas, ya que, como mencionamos, son muy pequeñas. Para eliminar el ruido, usamos filtros que dejan pasar las señales que nos interesan y atenúan todo lo demás. Estos filtros también son diseñados especialmente para cada señal, ya que, cada una presenta patrones de diferente duración, forma y amplitud.

Existen otras formas de registrar señales del cuerpo que no son actividad eléctrica, por ejemplo, sonidos, tales como: sonidos respiratorios, sonidos intestinales y sonidos cardiacos. Estos sonidos, los escuchan los médicos de manera rutinaria, usando su estetoscopio, pero, si se registran con un *estetoscopio* electrónico, tiene la ventaja de que se pueden almacenar y ver simultáneamente en una monitor o pantalla de teléfono celular. En estas señales, el sensor no es un electrodo, sino un micrófono que captará las vibraciones y las convertirá en señales eléctricas que, también se amplifican y se filtran para que se puedan visualizar, almacenar y analizar.

## **¿Cómo podemos ver las señales del cuerpo humano?**

Visualizar, fue la primera ventaja que se tuvo al ser posible el registro de las señales fisiológicas, a finales del siglo XIX pasando por varias etapas de rediseño, hasta llegar a los modernos electrocardiógrafos portátiles que existen hoy en día. Con los avances en la tecnología digital y la introducción de computadoras personales, se hizo posible su visualización en los monitores. Esto implica, que la señal analógica, que es una señal continua en el tiempo, sea transformada en una señal discreta, es decir, que, contiene muestras de la señal continua cada determinado tiempo, tan corto, que parece no perderse información. Esto lo hace un convertidor analógico-digital, transformando la señal en datos binarios, es decir, en unos y ceros, que es el lenguaje de las computadoras. En la figura 3 se muestra la comparación de una señal continua y una discreta.



**Figura 3. Comparación de una señal continua (analógica) y una señal discreta.**  
La amplitud se mide en Volts (V) y el tiempo en segundos (s).

En esta figura también podemos revisar el concepto de *frecuencia*, ya que se muestra una señal periódica, es decir, se repite cada determinado tiempo. En este caso, se repite cada medio segundo, por lo tanto, en un segundo tenemos dos ciclos completos. Recordando que la frecuencia se mide en ciclos por segundo o *Hercios* (Hz), entonces esta señal tiene una frecuencia de 2 Hz. Es importante entender este concepto, ya que, es una de las diferencias de las señales fisiológicas, cada una de ellas tiene un rango específico en el que contiene información, y de ello depende el diseño de los filtros para eliminar el rango que no es de interés.

Si la señal tuviera una frecuencia de 3 Hz, veríamos 3 ciclos completos en un segundo, y si fuera de 100 Hz, 100 ciclos completos. Sin embargo, ya no sería práctico contarlos visualmente. Para ello existen herramientas de procesamiento de señales digitales, que, por medio de un algoritmo, podemos calcular las frecuencias que contiene una señal, ya que no contienen una sola frecuencia, sino varias señales de diferentes frecuencias que ocurren simultáneamente y que se suman, presentando patrones distintos, algunas veces muy fáciles de identificar, como es el caso de la *electrocardiografía*. En otros casos, como el de la

*electromiografía*, parecen completamente aleatorios, como se observan en las contracciones registradas de la figura 1.

La transformación de una señal analógica en una señal digital consta en tres etapas. La primera consiste en tomar muestras de la señal continua o analógica. En la figura 3 se observan 30 muestras en un segundo, es decir, se usó una tasa de muestreo de 30 muestras por segundo. Como se observa en la gráfica, entre cada uno de los puntos, no hay señal, esa información se pierde y si no tomamos muestras lo suficientemente cercanas, perderíamos demasiada información y la señal no sería útil. Este es el primer detalle que se debe cuidar al muestrear una señal, seleccionando correctamente la tasa de muestreo y por consecuencia seleccionando el convertidor adecuado, capaz de tomar las muestras tan rápido como se requiera. Al tiempo entre muestras se le llama periodo de muestreo y es constante para la duración del registro.

La segunda etapa consiste en aproximar el valor muestreado al valor más cercano que nos puede dar el convertidor, dependiendo del número de bits. Los convertidores más comunes tienen 8, 10, 12, 16 y 32 bits. A mayor número de bits, mayor es el número de valores que puede transformar. Por ejemplo, un convertidor de 8 bits tiene  $2^8 = 256$  posibles valores; del 0 al 255, donde 0 representa el valor más pequeño y 255 el valor más alto. Si el convertidor trabaja en un rango de -5 V a 5 V, el 0 equivale a -5 V y el 255 a 5 V. El rango en amplitud en el que trabajan los convertidores también es una propiedad que debemos cuidar al seleccionarlos.

La tercera etapa consiste en transformar los valores de las muestras en números binarios, como se muestra en la tabla 1, ejemplificando un convertidor de 8 bits. Esto significa que cada una de las muestras que se tomaron ahora estarán representadas por el número de bits que tiene el convertidor, por lo tanto, entre más bits tiene, requerirá más espacio de almacenamiento cada una de las muestras, es decir, más memoria.

Número decimal	Número binario	Amplitud (V)
0	00000000	-5 V
1	00000001	-4.92
2	00000010	-4.88
3	00000011	-4.84
:	:	:
253	11111101	4.88
254	11111110	4.92
255	11111111	5

**Tabla 1. Ejemplo de conversión de número decimal a número binario para un convertidor de 8 bits con un rango de -5 V a 5 V.**

En resumen, para transformar una señal analógica en digital, debemos seleccionar un convertidor con las capacidades que se requieran, esto es: rango de amplitud, número de bits y, velocidad de muestreo. Y para esto debemos conocer las características de las señales fisiológicas tanto en amplitud como en frecuencia, así como la aplicación que se le dará, para diseñar los amplificadores y filtros correctos. Más adelante hablaremos de características específicas de algunas señales fisiológicas.

Después de la tercera etapa, ya tenemos una señal digital, que podemos visualizar, almacenar y analizar para extraer información por medio de técnicas de procesamiento. En la siguiente sección hablaremos de algunas técnicas que podemos utilizar para extraer información.

## ¿Cómo extraemos información de las señales?

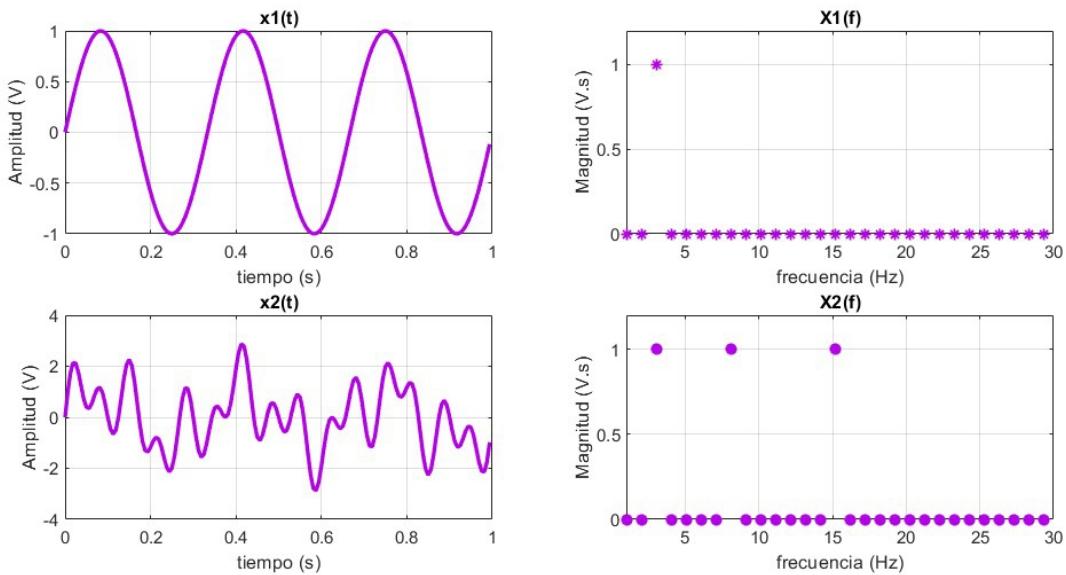
Una de las ventajas de tener las señales en forma digital, es que podemos analizarlas usando algoritmos que lo realizarán de manera automática, ahorrándonos tiempo y encontrando patrones que nos son obvios a simple vista. Además, evitan subjetividad debida a la experiencia, habilidad y destreza de quien interpreta una gráfica por apreciación visual.

Estos algoritmos los podemos implementar si tenemos los conocimientos necesarios, tanto en fundamentos matemáticos como en conocimientos de programación. Pero también existen herramientas computacionales ya desarrolladas para que seamos usuarios de ellas, permitiendo que nos

concentremos en la interpretación de los cálculos. Ejemplos de estos son *MATLAB®* y *Python*, que incluyen bibliotecas específicas para procesamiento de señales, facilitando el análisis de los datos para la extracción de los parámetros que pueden servir en la identificación de anomalías.

En el análisis de las señales se puede partir del cálculo de variables de estadística descriptiva, tales como la media, mediana, moda, varianza desviación estándar, asimetría y curtosis. Pero no siempre es suficiente este análisis y se requiere de otras herramientas. Una muy utilizada es la transformada de *Fourier*, que descompone la señal en sus componentes en frecuencia. Para comprender su funcionamiento podemos hacer una analogía con un prisma que, descompone en colores la luz que pasa a través de él. Cada color tiene una frecuencia en el espectro electromagnético, en el rango visible. En el caso de las señales fisiológicas, no se encuentran en el rango de frecuencias visibles, pero al tenerlas en formato digital, las podemos mostrar en una gráfica y ver su comportamiento, tanto en el dominio del tiempo, como en el dominio de la frecuencia, en la cual se observan las frecuencias presentes, que no se pueden medir a simple vista en el dominio del tiempo.

Pero, ¿por qué necesitamos transformar las señales al dominio de la frecuencia? En el ejemplo que se muestra en la figura 3, es muy fácil calcular la frecuencia de la señal porque es una señal periódica, es decir, se repite exactamente igual cada determinado tiempo, pero cuando se trata de las señales fisiológicas, esto no sucede. En realidad, es una suma de muchas señales de diferentes frecuencias y al combinarse ya no es posible saber, por inspección visual, cuántas señales de diferentes frecuencias están presentes y cuáles dominan. En la figura 4 se muestra un ejemplo de transformación de las señales del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia usando la transformada rápida de *Fourier*, utilizando un comando en *MATLAB®*. Este es un ejemplo de los algoritmos que podemos utilizar sin tener que implementarlos. Se llama transformada rápida porque es un algoritmo eficiente para calcular la transformada discreta de *Fourier*, la versión para datos digitales de la transformada de *Fourier*.



**Figura 4. Señales en el dominio del tiempo (lado izquierdo) y en el dominio de la frecuencia (lado derecho).**

Observamos en la figura 3, en la gráfica superior izquierda, que hay una señal periódica con frecuencia 3 Hz, ya que se repite exactamente igual, 3 veces en un segundo; y a su derecha se encuentra su representación en el dominio de la frecuencia, en donde se aprecia un punto de magnitud 1 exactamente en 3 Hz. Para calcular la frecuencia de esta señal, no necesitamos ninguna herramienta, más que contar los ciclos por segundo, sin embargo, en la señal mostrada en la gráfica inferior izquierda, ya no es posible calcular cuántas y cuáles frecuencias se encuentran presentes en la señal, con solo verla. En cambio, en la gráfica que se encuentra a su derecha apreciamos que hay 3 puntos con magnitud 1. Esto quiere decir que hay 3 señales con diferentes frecuencias que se suman en el tiempo, es decir, que suceden simultáneamente y al sumarse, ya no se ve la repetición de los ciclos, pero en la gráfica podemos ver que están presentes 3 señales de misma amplitud, con frecuencias de 3 Hz, 8 Hz y 15 Hz.

En las señales fisiológicas no solo hay 3 señales de diferentes frecuencias, hay muchas más y la transformada de *Fourier* nos ayuda a extraerlas.

## ***¡El corazón nos da señales!***

Como sabemos, el corazón es un órgano cuya función es bombear sangre a los pulmones para mantener nuestra sangre oxigenada. Esto lo hace recibiendo

sangre de todo nuestro cuerpo, y lo lleva a los pulmones para hacer intercambio de gases y la regresa a nuestro cuerpo. Para comprender este funcionamiento podemos ver al corazón, de forma simplificada, como un sistema electromecánico e hidráulico. Si, tiene su propia instalación eléctrica y un sistema de cuatro cámaras que coordinadamente se llenan y vacían por medio de cuatro válvulas. Recordemos que todo el corazón es un músculo, que se puede contraer y relajar. Un sistema mecánico en perfecta sincronía, que mantiene un fluido en movimiento, la sangre.

El sistema eléctrico consta de un marcapasos que genera impulsos eléctricos que, al pasar por el sistema nervioso, o cableado de corazón, provoca que el músculo cardíaco se contraiga. Este impulso eléctrico comienza en las cámaras superiores del corazón, o aurículas y continúa su propagación hacia las cámaras inferiores o ventrículos. Las aurículas también se llaman cámaras de pre-llenado ya que ellas reciben la sangre del cuerpo o de los pulmones por medio de venas y al contraerse empujan la sangre hacia los ventrículos. Pero primero se tiene que abrir las válvulas que hay entre las aurículas y los ventrículos, gracias a la diferencia de presión que se produce cuando las aurículas se contraen, como exprimiendo el fluido. Al llenarse los ventrículos, ahora las válvulas se ven forzadas a cerrarse, pero ahora el impulso eléctrico ha alcanzado el músculo de los ventrículos. Es el turno de los ventrículos para empujar la sangre hacia las arterias que la llevarán a los pulmones o al cuerpo, una vez que las válvulas que están a la entrada de las arterias se abren. Al bajar la presión en los ventrículos, las válvulas se cerrarán y comenzará de nuevo el ciclo con el llenado de las aurículas.

Entonces, podemos registrar al menos dos señales del corazón: la señal eléctrica o *ECG* y la señal sonora que provoca el abrir y cerrar de las válvulas cardíacas y la turbulencia en la sangre, señal *fonocardiográfica* o *FCG*. La primera, como ya vimos, se puede registrar por medio de electrodos colocados sobre la piel y la segunda, por medio de un estetoscopio electrónico, el cual tiene un micrófono y electrónica para captar el sonido que hace nuestro corazón. La información que proporcionan no es la misma, en cambio, se complementan. Una nos permite conocer el funcionamiento eléctrico y la otra, el mecánico. Al registrarlas de

manera simultánea, se observa su relación, como se muestra en la figura 4.

En esa figura se observa, en la gráfica superior, el registro de 5 segundos de *ECG* en donde se muestran 6 ciclos cardiacos completos; mientras que en la gráfica inferior se muestra el registro simultáneo de un *FCG*. En cada ciclo cardíaco se observan algunas diferencias, lo cual es normal, los ciclos no son idénticos, pero hay formas muy similares que se identifican claramente en ambas gráficas.

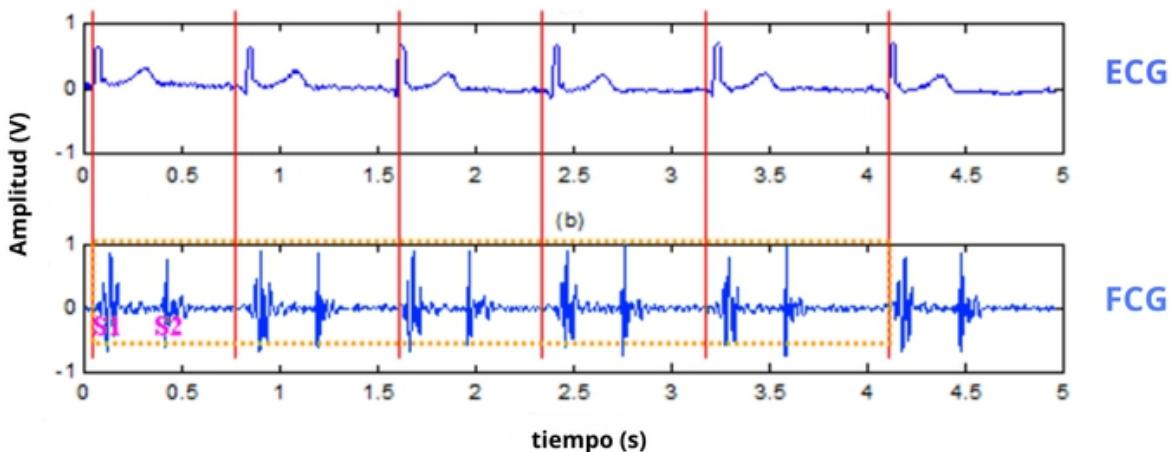


Figura 5. ECG y FCG registrados simultáneamente en un hombre sano de 29 años.

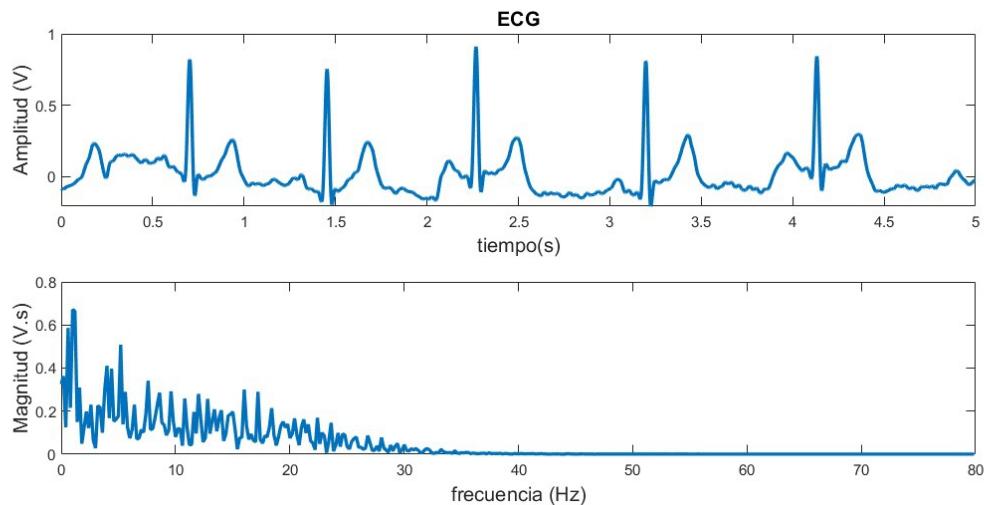
En el ECG se observa un pico muy grande, el cual representa la actividad eléctrica del corazón cuando los ventrículos se contraen, es decir, está expulsando la sangre hacia el cuerpo y hacia los pulmones. El siguiente pico, menos pronunciado y más suave en su forma, representa a los ventrículos relajándose, es decir, llenándose.

En el FCG se observan dos eventos en cada ciclo, señalados en la gráfica en color rosa como S1 y S2. Estos son los dos sonidos que escuchamos en nuestro corazón en cada latido, los cuales coinciden con el vaciado y llenado de los ventrículos en el ciclo cardíaco, que se llaman *sístole* y *diástole* (contracción y relajación).

También se puede observar que, cada ciclo cardíaco dura aproximadamente 0.8 segundos, es decir, menos de un segundo. Esto nos da una frecuencia cardíaca de 75 latidos por minuto (al dividir  $60/0.8$ ). La forma de onda característica del ECG cambia cuando el sistema eléctrico del corazón cambia, puede deformarse o incluso desaparecer alguna de sus partes. En el FCG, al existir problemas

mecánicos, principalmente debidos al mal funcionamiento de las válvulas cardíacas, también se distorsiona la señal y se ven ruidos extras, incluso sin distinguirse claramente los dos sonidos principales. Esto pasa cuando una o más válvulas, no abren o cierran completamente, provocando turbulencia extra en las cavidades del corazón, a estos ruidos extras se les conoce como soplos.

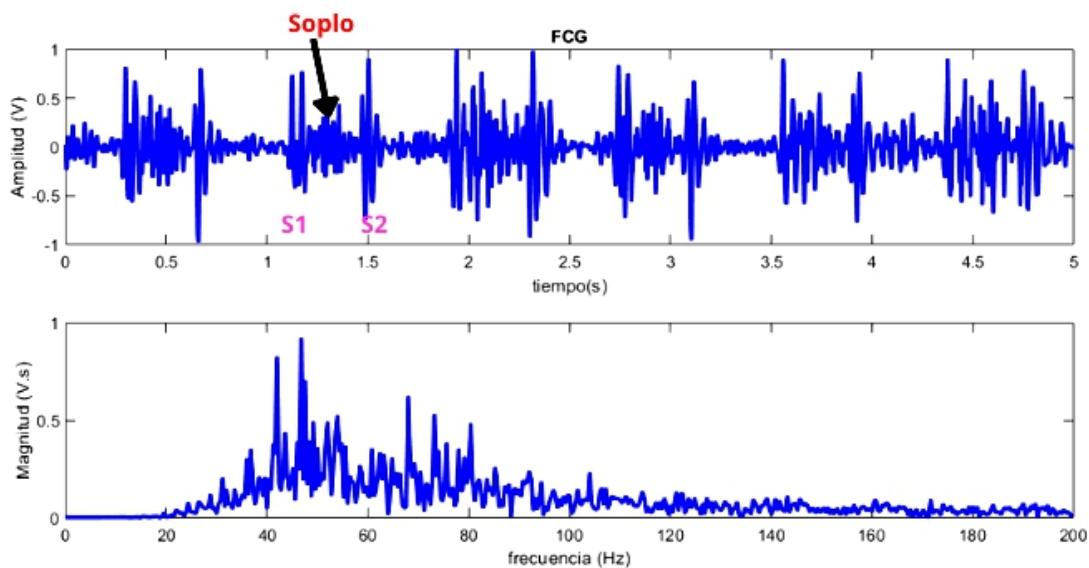
En la figura 5 se observa un registro de 5 segundos de ECG en el dominio del tiempo, en la gráfica superior y, en el dominio de la frecuencia en la gráfica inferior. Vemos de nuevo el patrón característico de la actividad eléctrica del corazón en el dominio del tiempo; y el dominio de la frecuencia se aprecia que es una combinación de señales de diferentes frecuencias, principalmente entre 0.5 Hz y 20 Hz.



**Figura 6. ECG en el dominio del tiempo (gráfica superior) y ECG en el dominio de la frecuencia (gráfica inferior).**

En la figura 7, se observa un registro de 5 segundos de FCG, pero esta vez no es tan obvio ver los ciclos cardíacos en la gráfica del dominio del tiempo (superior) debido a que la señal proviene de un paciente con un soplo cardíaco. Este se encuentra entre S1 y S2, es decir, ocurre durante la sistole, en este caso se debe a que la válvula aórtica no abre completamente, lo que causa mayor turbulencia en la sangre. Haciendo la analogía con una manguera por la cual está pasando líquido, si se opriime, el líquido ya no puede pasar libremente y se escucha un sonido diferente a cuando pasa sin esfuerzo. En la gráfica inferior se observan que

el sonido cardiaco también es una combinación de muchas señales de diferentes frecuencias, principalmente entre 40 y 90 Hz.



**Figura 7. FCG en el dominio del tiempo (gráfica superior) y el FCG en el dominio de la frecuencia (gráfica inferior).**

¿Por qué hablar del corazón y sus señales? Porque las enfermedades cardiovasculares siguen siendo la causa principal de muertes en todo el mundo y muchas de ellas se pueden evitar si se tratan a tiempo, pero todo depende de tener una cultura de prevención, en donde nos hagamos chequeos periódicamente, incluso en jóvenes y niños, ya que existen algunas anomalías de origen genético, que, si no se detectan oportunamente, pueden causar muerte súbita.

## ***Dispositivos portátiles, usables e... ¿inteligentes?***

Las señales que se han mostrado hasta ahora se registraron con un equipo portátil, es decir, que es fácil de transportar, por su tamaño y peso, se puede llevar a diferentes lugares en donde exista corriente eléctrica. Esto permite que los equipos se puedan trasladar a hospitales, clínicas e incluso a los hogares de los pacientes. Pero no son tan pequeños y ligeros para usarlos todo el tiempo en la vida cotidiana. Para ello se requieren dispositivos usables, es decir, que los podemos llevar como una prenda de ropa o accesorio, sin que altere nuestras actividades cotidianas. Un ejemplo de ello son los relojes inteligentes, que se

pueden usar todo el tiempo y registran de manera continua nuestros signos vitales, aunque no de la misma manera que lo hace un ECG, ya que utilizan sensores distintos, que de manera indirecta pueden medir señales como la frecuencia cardiaca, pero no se puede observar la misma forma de una señal ECG y no sirve para el mismo propósito.

En este sentido, aún falta desarrollar dispositivos que midan señales del cuerpo de manera continua, para llevar un registro constante durante la vida cotidiana y así evaluar la salud de los pacientes en todo momento y desde cualquier lugar.

El desarrollo de estos dispositivos requiere del trabajo interdisciplinario de personal especializado tanto en el área médica, ingeniería electrónica, biomédica o biónica y diseño industrial, para generar productos certificados que garanticen el correcto registro de las señales fisiológicas para ser evaluadas por personal médico e incluso para ser analizadas automáticamente usando técnicas de procesamiento de señales y técnicas de inteligencia artificial capaces de detectar anomalías.

Para lograr un dispositivo “inteligente”, se necesita contar con bases de datos que contengan los casos de anomalías que se quieren detectar, no solo de unos cuantos pacientes, sino de cientos de ellos, ya que, hay muchas variables que pueden cambiar entre seres humanos, y lograr que sean robustos, los sistemas inteligentes deben de entrenarse con la mayor cantidad de casos posibles.

Como podrás ver, la generación de un dispositivo de registro y análisis de señales, que sea útil para el monitoreo de la salud, implica tener conocimientos de diversas áreas, como anatomía, fisiología, fisicoquímica, especialidades médicas como la cardiología, materiales, bioinstrumentación, matemáticas, procesamiento de señales, programación, bases de datos e incluso, técnicas de inteligencia artificial. Es por ello que, no es suficiente un equipo de ingenieros o un equipo de médicos, sino, un equipo de personas con diferente formación, para que, combinando su conocimiento, se logren diseños útiles, beneficiando a la población con diagnósticos certeros y de preferencia en el menor tiempo posible, para así mejorar la calidad de vida de todos. Además, con el uso de dispositivos

usables e inteligentes, se promueve que cada uno de nosotros nos hagamos responsables de nuestro estilo de vida, al tener información actualizada, sabiendo que las señales que generamos nos informan de nuestro estado de salud y así tomar decisiones de manera oportuna, evitando que las enfermedades avancen a estados críticos.

¿Te gustaría ayudar a la gente a cuidar de su salud, ya sea mejorando o previniendo? Ahora sabes que lo puedes hacer desde distintas profesiones, todas son importantes y todas aportan a resolver problemas. Aquí solo hemos hablado de algunas técnicas de registro de señales fisiológicas, pero hay muchas más. Por otro lado, existen otros procedimientos para ver el funcionamiento del cuerpo, como son las imágenes o el video, a través de las cuales se pueden ver las partes anatómicas, ya sea en una sola imagen, como las radiografías, o el funcionamiento de algún órgano, también de manera no invasiva, como el ultrasonido. Un ejemplo es el *ecocardiograma*, el cual permite ver el movimiento de las 4 cámaras del corazón y sus correspondientes válvulas, incluso, el flujo de la sangre, pero eso... es otro tema, que trataremos próximamente.

## **Para conocer más, consulta:**

- 1) *Medical Instrumentation: Application and Design, 5th Edition*

*John G. Webster (Editor), Amit J. Nimunkar (Editor)*

*Wiley.*

- 2) *Muerte súbita cardiaca. Estratificación de riesgo, prevención y tratamiento*

Humberto Rodríguez-Reyes, Mayela Muñoz Gutiérrez, Manlio F. Márquez, Gerardo Pozas Garza, Enrique Asensio Lafuente, Fernando Ortíz Galván, Susano Lara Vaca, Vitelio Augusto Mariona Montero.

Archivos de cardiología de México, Elsevier, Vol. 85, Num. 4, Páginas 329-336 (octubre - diciembre 2015), DOI: 10.1016/j.acmx.2015.06.002

- 3) *Dalcame, Grupo de Investigación Biomédica*

*Electrocardiografía:* [\*https://www.dalcame.com/ecg.html\*](https://www.dalcame.com/ecg.html)

*Fonocardiografía:* [\*https://www.dalcame.com/fono.html\*](https://www.dalcame.com/fono.html)

## Glosario de términos

**Amplitud:** En este texto nos referimos a la amplitud de una onda eléctrica, y se mide desde el punto mínimo hasta el punto máximo; su unidad de medida en este caso es Volts.

**Asimetría:** es una medida estadística que nos describe la morfología de la distribución de un conjunto de datos, es decir, si hay sesgo en la forma de su histograma, a la derecha, a la izquierda o si es asimétrico.

**Atenuar:** cuando atenuamos una señal, quiere decir que la reducimos en amplitud, la hacemos más pequeña, es lo opuesto a amplificar.

**Cardiopatías:** son enfermedades que afectan al sistema cardiovascular, es decir, al corazón o vasos sanguíneos (venas, vénulas, arterias, arteriolas y capilares).

**Ciclos:** cuando una onda eléctrica oscila, se llama ciclo al recorrido de la onda desde su inicio hasta antes de que se repita. Al intervalo de tiempo que dura ese ciclo, se le llama periodo.

**Contracción:** en este texto nos referimos a una contracción muscular, es decir, cuando los músculos acortan su tamaño al recibir un estímulo, en este caso, del sistema nervioso. Esto sucede cuando hacemos fuerza para movernos, jalar un objeto, sostener algo pesado o hacer abdominales, por ejemplo. Estos músculos se llaman músculos esqueléticos, ya que son los encargados de hacer que nuestra estructura ósea, o esqueleto, se mueva. El corazón, es un órgano formado por músculo cardíaco que se contrae y dilata para bombear la sangre, es decir, acorta su tamaño para expulsar la sangre y se dilata para dejar entrar la sangre.

**Convertidor analógico digital:** es un dispositivo electrónico que transforma una señal continua o analógica en una señal discreta o digital, para que pueda ser procesada utilizando una computadora, microcontrolador o microprocesador. Las señales de nuestro cuerpo, suceden de manera continua, pero las computadoras solo utilizan datos discretos, es por ello que se necesita un convertidor.

**Curtosis:** es una medida estadística que nos describe la morfología de la distribución de un conjunto de datos, nos dice que tan achatado o apuntado es su histograma.

**Electromiografía:** es una técnica de registro de la actividad eléctrica de los músculos, es decir, la forma en la que responden los músculos a un estímulo del sistema nervioso. Por ello se utiliza para el diagnóstico tanto del sistema muscular como del sistema nervioso.

**Fonocardiografía:** es una técnica de registro de los sonidos del corazón. Consiste en captar los sonidos en el pecho por medio de un micrófono, para transformar los sonidos en señales eléctricas, amplificarlas, filtrarlas y que se pueden digitalizar por medio de un convertidor analógico digital para procesarlas en una computadora, microcontrolador o

microprocesador.

**Frecuencia:** en una onda eléctrica, la frecuencia es el número de veces que se repite en un segundo y se mide en Hertz (ciclos por segundo). Es la inversa del periodo.

**Hercios:** es la unidad de frecuencia en el sistema internacional de unidades. Se abrevia Hz. Y significa ciclos por segundo.

**Músculo cardiaco:** es un tipo de músculo estriado que forma la mayor parte de las paredes del corazón. También se llama miocardio.

**Músculo esquelético:** es un tipo de músculo estriado, unido al esqueleto, que al contraerse y dilatarse provoca el movimiento de nuestro cuerpo, para caminar, parpadear, masticar, etc.

**Señal analógica:** es una señal que varía de forma continua a lo largo del tiempo, es decir existe todo el tiempo.

**Señal discreta:** es una secuencia de números que representa el comportamiento de una variable, pero que ha sido muestrada y existe solo en intervalos periódicos. Si esta señal se cuantifica y se codifica, ya es una señal digital.

**Señal fisiológica:** Es una variable física que contiene información sobre el cuerpo humano, el comportamiento de algún órgano o sistema.

**Tasa de muestreo:** es la cantidad de muestras que se toman por segundo de una señal analógica para convertirla en una señal digital.

# ¿Por qué el pollito cruzó el camino?

## ***Mi experiencia personal como un profesional mexicano en Estados Unidos***

Héctor Rivera Madrid

[hmadrid93@yahoo.com](mailto:hmadrid93@yahoo.com)

### ***¿Quién soy yo?***

Mi nombre es *Héctor Rivera Madrid*, he trabajado en tecnología de información desde 1984, soy egresado de la carrera de electrónica con especialización en sistemas digitales y computadoras por la Universidad Autónoma Metropolitana, hice una maestría en Ciencias de la Computación en la misma institución, soy políglota. Desde 1989 he trabajado con el manejador de base de datos *Oracle* sobre plataforma *Unix*, iniciando con la versión 5.0 hasta recientemente la 23ai. Obtuve la certificación *Oracle Certified Master* en Chicago, Illinois, fui galardonado con el título *Oracle ACE*, y soy autor del libro “*Oracle 10g/11g Data and Database Management Utilities*”, actualmente me encuentro radicando en Estados Unidos donde me desempeño como *DBA (DataBase Administrator)* para el corporativo *RELX* y a continuación presento mi personal punto de vista sobre el vivir y trabajar en Estados Unidos.

### ***Motivación para buscar trabajo en el extranjero***

Por mucho tiempo trabajé como consultor independiente en el área de administración de bases de datos en *Oracle*. Había muchas compañías que tenían a *Oracle* como su manejador de base de datos. Puedo decir que era un negocio bastante rentable que principalmente consistía en visitar a los clientes y trabajar en sus instalaciones. Durante la pandemia de 2009 (gripe A (H1N1)) sucedió algo similar a lo ocurrido durante la pandemia del 2020, básicamente se suspendió la interacción física, y esto canceló muchas oportunidades de negocio presencial. La

consultoría, al igual que muchas otras actividades, colapsó, y con ella, los ingresos. En ese momento mi premisa fue que las economías más fuertes son las que levantan primero, y fue entonces cuando empecé a buscar oportunidades laborales en el extranjero, y como dicen popularmente, el que busca encuentra. De inicio contacté a una empresa basada en *Detroit, Michigan* que estaba buscando personal con mi perfil, y decidí mandar mi solicitud de empleo y mi *curriculum vitae*. Pasé por el proceso de selección y una vez aceptado siguieron los trámites para la visa.

## **Trámites de visa**

Este es un proceso vital para poder ingresar a los Estados Unidos legalmente y poder participar formalmente en la economía. Estados Unidos tiene diferentes opciones de visa, y la opción que mejor funcionó para mí fue a través de la visa *TN* (Trade NAFTA Professionals) , que se creó a partir del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (*TLCAN*) y que entró en vigor en 1994, la cual simplifica y agiliza los trámites para obtener un permiso de trabajo en los Estados Unidos. Solamente ciertas profesiones en demanda califican para esta visa, y se requiere un título universitario, una carta de oferta de trabajo y llenar las formas de solicitud de visa. Una vez que la embajada ha validado la información se emite una visa, y posteriormente es necesario realizar otros trámites. Una vez dentro del país, es muy importante obtener el número de seguridad social, que es el que permite identificar al individuo para efectos fiscales. A partir de ese momento ya se está en condiciones de poder iniciar actividades laborales con la empresa. Estados Unidos, a diferencia de otros países, es más estricto en cuanto al otorgamiento de la visa; es requisito tener una oferta de trabajo y por tanto una empresa que patrocine al solicitante. Otros países, como Canadá, otorgan primero la visa y permiten el ingreso para que el individuo inicie el proceso de búsqueda de una empresa para trabajar dentro del país.

## **Inmigración legal / ilegal**

Cuando la gente considera la posibilidad de migrar a otro país, es requisito contactar con la embajada del país elegido como destino y seguir los procedimientos para obtener la visa y la documentación pertinente. Emigrar a un país de forma ilegal es altamente riesgoso, y en el mejor de los casos, los individuos quedan en un limbo legal donde no existen para el sistema, y eso lleva a toda clase de marginaciones e incertidumbre que puede derivar en la deportación y prohibición de entrar en el futuro, temporal o permanentemente.

## **Trámites secundarios**

En Estados Unidos, particularmente en las grandes urbes, hay muchas opciones de transporte, pero en las ciudades medianas y pequeñas casi no las hay. Por tanto, un vehículo marca una gran diferencia entre moverse o quedarse varado. En Estados Unidos se puede manejar con la licencia mexicana, sin embargo es altamente recomendable obtener la licencia del estado donde se reside, y teniendo la visa de trabajo es posible obtenerla con una vigencia igual a la de la visa.

## **Separación de familia y amigos**

Cuando se toman esta clase de decisiones y se está casado y/o con hijos, debe ser una decisión consensuada. El gobierno americano puede extender la visa para el cónyuge y los hijos. Invariablemente, cambiar de residencia crea un impacto emocional muy fuerte, es enfrentarse a una cultura diferente, la barrera del idioma, comida diferente, etc. Moverse a cualquier país extranjero no es fácil desde ese punto de vista, y los hijos y el cónyuge tienen que pasar también por este proceso de cambio y adaptación. Hay parejas que están dispuestas a esa clase de cambios y hay parejas que no. Siempre es importante mantener una comunicación y una definición de expectativas muy claras.

## **Todo el conocimiento cuenta**

Dicen que “la suerte está en el cruce de las calles Oportunidad y Preparación”. Hace muchos años desarrollé la pasión por dos cosas, aprender a programar y hablar lenguas extranjeras. Nadie me obligó, hice lo que me gustaba hacer, y por muchos años el inglés me sirvió para entender las canciones y leer libros en inglés. En el medio de la informática, la gran mayoría del conocimiento está en inglés, y se mueve tan rápido que, si se espera la traducción, se vuelve obsoleto. Siempre tuve esa ventaja competitiva. Sin embargo, mi primera experiencia laboral en el extranjero no fue en Estados Unidos, sino en países francófonos, y la razón fue porque en algún momento de mi vida tuve la pasión de hablar no solo inglés, sino además francés, italiano, y alemán entre otros. Fue el francés el que me abrió una puerta enorme en Europa, ya que consultores de *Oracle*, que hablen inglés hay muchos, pero consultores bilingües en francés es muy poco frecuente la combinación. Todo el tiempo que puedan invertir en ustedes mismos, un día les reedituará, y tarde o temprano marcará una diferencia competitiva en su favor.

## **Título profesional y experiencia.**

He visto personas que, al terminar la universidad, piensan que se van a comer el mundo, y casi siempre se llevan la decepción de que la demanda en el mundo laboral es diferente. La vieja historia de “eres egresado pero te falta experiencia” es muy frustrante, pero lo más irónico es cuando se logra adquirir mucha experiencia, hay posibilidades de enfrentarse al “tienes demasiada experiencia y estás sobre calificado”. Nunca hay que desanimarse, donde sea, hay que tener sensibilidad sobre el estado del mercado laboral y cuáles son las especialidades con mayor demanda. Todo el peso de conocimiento y experiencia que se pueda acumular será de utilidad. Uno de los profesionales más reconocidos en *Oracle*, *Donald K. Burleson*, autor de más de 20 títulos en *Oracle*, y amigo mío, en sus inicios pasó por lo mismo que todos, no tenía experiencia, él trabajó como voluntario, ese tiempo fue una inversión en su profesión que le reedituaría por el resto de su carrera. Yo también pase por lo mismo, mis inicios en *Oracle* fueron

como servicio social, y no fui contratado inmediatamente, sino hasta tres años después. Para mi ese tiempo fue una inversión que me permite decir que, en términos prácticos, el 70% del conocimiento base que tengo de *Oracle* y *Unix*, lo adquirí en esa época, siendo autodidacta y proactivo. Esta fue una de las mejores inversiones de tiempo que pude hacer en mi vida, ya que al salir como consultor se me abrieron muchísimas puertas, y una cosa siempre lleva a la otra. En el mundo real la experiencia marca la diferencia.

## **Credenciales académicas, experiencia y profesionalismo**

El título de la Universidad me abrió la puerta para poder calificarme como profesional ante la embajada y recibir la visa *TN*, los títulos profesionales me abrieron la puerta para obtener el prestigio internacional, lo que me hizo un candidato contendiente que podía competir con cualquier profesional del mundo. En Estados Unidos el favoritismo no es una política de contratación, las empresas son muy competitivas y buscan a quien pueda entregar resultados. Me contrataron en una empresa que buscaba la solución a problemas muy específicos, que ya se habían convertido en contratiempos insostenibles. Ellos vieron potencial en mí. Los títulos académicos, el prestigio y mi libro, fueron la clave para sobresalir, pero lo que me dio la permanencia fue la capacidad de encontrar el componente que causaba las fallas que hacían que el sistema se congelara en tiempo de alta demanda. Fue demostrar día a día que era capaz de resolver los problemas y entregar soluciones sin excusas.

## **La puerta al mundo**

Lo que me empezó a abrir las puertas al extranjero fue la participación en el foro de usuarios *Oracle*, donde escribía activamente y apoyaba a otros profesionales del área de forma voluntaria. Una cosa lleva a la otra, este foro me dio proyección y mi nombre llegó a muchas partes del mundo y en algún momento sin esperarlo fui contactado por una empresa con sede en el Reino Unido, la que me ofreció un trabajo como consultor, y esto abrió la puerta al extranjero. Escribir en los foros me dio la soltura para redactar artículos técnicos, y en otro momento un editor,

también del Reino Unido me contactó para escribir un libro para ellos. Después de un año de arduo trabajo, de sacrificios personales, de dedicación completa, y aprovechando el aislamiento de la pandemia finalmente en 2009 salió publicado mi libro *Oracle 9i/10g*. Ese libro, tal como me dijo mi editor, sería un gran impulsor en mi carrera profesional. Ese libro, al igual que los contactos clave que hice en los foros de *Oracle*, el trabajo y la trayectoria que acumulé, me hicieron candidato a recibir el *Oracle ACE award*, que junto con el *Oracle Certified Master* me convirtieron en el primero en América Latina en recibir el título de doble *ACE*. Todos los títulos cuentan, y son credenciales que hablan de compromiso y profesionalismo.

## **Mexicanos en el extranjero**

Estados Unidos es la nueva torre de Babel, donde confluyen individuos de todas partes del mundo, y mayoritariamente mexicanos. En Estados Unidos hay más mexicanos después de la Ciudad de México. Esto habla de una cultura creciente y muy influyente. En Estados Unidos el segundo idioma más hablado es el español. Los empresarios norteamericanos han visto que el mercado mexicano es muy grande, y quienes lo ignoran están perdiendo grandes oportunidades de negocio.

## **La discriminación étnica**

Esta es un temor para muchas personas, pero la discriminación existe en todas partes, inclusive en México. Consiste en señalar a individuos de grupos étnicos minoritarios, denigrando sus rasgos físicos o su lengua, con ello se crean estereotipos y los individuos son encasillados en esos estereotipos. Hoy en día, el fenómeno de la globalización ha facilitado que mucha gente, alrededor del mundo, radique en países extranjeros. La gente en las principales ciudades del mundo, como Londres, Nueva York, Toronto, Montreal, etc. están acostumbrados a escuchar multitud de acentos, idiomas extranjeros y diferentes culturas. En lo personal, no he sentido ni discriminación ni xenofobia hacia mí, lo que no significa que no exista. Al final del día la discriminación existe primero en la mente del individuo. Yo no pienso en razas ni diferencias, yo me enfoco en mis valores, en lo

que estoy aportando, en la interacción con los demás, en objetivos y resultados, y eso se refleja.

## **La comida mexicana**

La comida mexicana en Estados Unidos está tropicalizada al gusto norteamericano. No hay que tener muy altas expectativas al respecto, en la ciudad de México nunca vi que sirvieran “*chips and salsa*” como entrada en los restaurantes. Esto también es una influencia *TexMex*. De hecho lo que mucha gente de este lado de la frontera entiende como comida mexicana, muchas veces es *TexMex*. Aún en los restaurantes mexicanos, la comida mexicana sabe diferente, tanto por los ingredientes, como por las recetas, la gente que cocina viene de diferentes partes de México, así que cada cocinero agrega su propia sazón. Probablemente lo más cercano al sabor mexicano está en el área de la frontera sur de Estados Unidos. Para tacos, sólo México.

## **Calidad de vida**

Indiscutiblemente una economía más grande siempre lleva consigo una mejor calidad de vida. Mejores servicios, mejores sistemas legales, más oportunidades. Entre las primeras diferencias que viví fue el tiempo de traslado al trabajo. Mientras que en México mi tiempo era de entre dos y tres horas, sólo de ida, aquí el tiempo era de 10 minutos. Depende mucho de la ciudad donde se viva, en los suburbios los tiempos de traslado son muy cortos, en las grandes ciudades, hay embotellamientos en las horas pico, pero jamás he hecho tres horas en un trayecto de 30 kilómetros, como muchas veces me sucedió en la Ciudad de México. No extraño ese nivel de tránsito. En muchas ciudades las casas no tienen bardas, el acceso es desde la calle y normalmente la puerta de entrada es directa al interior de la casa. No se ven rejas en las ventanas, a excepción de ciertas ciudades y en áreas con alta criminalidad. Esto habla de un nivel razonable de seguridad. Ahora como en todos lados, nunca hay que confiarse. Ocurren delitos como en cualquier parte del mundo, pero el sistema de justicia es expedito. La policía es profesional y no existe la cultura de “la mordida”. El nivel de corrupción

es bajo, lo que permite transparencia y rendición de cuentas, elementos clave para poder tener un sistema funcional y confiable. Los servicios médicos son de primer mundo, pero los costos también, si no se cuenta con seguro médico, los costos son cuantiosos.

## **La cultura del tiempo**

El tiempo es un bien preciado, y cada minuto que pasa es un minuto que jamás regresa. Entender el valor del tiempo crea respeto al tiempo propio y el de los demás. En Estados Unidos la jornada laboral es de 40 horas, la gente normalmente inicia a las 8:00 am en punto, toma almuerzo de 12:00 a 1:00 pm, y termina a las 5:00 pm. Iniciar a la hora significa que antes de esa hora ya se tiene listo todo lo que se necesita para trabajar. No es común que la gente haga socialización durante las horas de trabajo, la interacción es mínima y normalmente sólo durante el almuerzo o las pausas para café. No inician un minuto más tarde ni se quedan un minuto más tarde. Los sábados y domingos son para la familia y actividades personales. La gente está consciente de que se tiene que respetar el tiempo, de otro modo una cita que inicia tarde retrasa los compromisos que siguen.

En México se tiene mucha flexibilidad con el tiempo, lo que produce retrasos y distracciones. Así mismo, la “normalidad” es la de “ponerse la camiseta”, se sabe a qué hora inicia el trabajo, pero no siempre a qué hora termina, y cuando la gente se va a “su hora” es mal visto. Trabajar fines de semana también se vuelve una normalidad. Hoy, México está catalogado como el país donde se trabajan más horas por semana [1], y ojalá esto se viera reflejado en la productividad, sin embargo, es uno de los países en los que la relación de índice de productividad vs hora laborada es bajo, ubicándolo en el lugar 63 de PIB *per capita* [2]. Eso nos dice que “trabajar mucho” no es sinónimo de “producir mucho”. Cuando yo me incorporé a trabajar, al principio llevaba la inercia de trabajar mucho, lo cual es bueno, pero sólo cuando realmente se necesita, no siempre. Es muchísimo más eficiente tener el principio de calidad total que dice: “haz las tareas bien desde el inicio”. Y eso aplica desde la cabeza que realiza la planeación y la logística, hasta el

personal que la ejecuta. Cuando todo el mundo tiene el compromiso, no hay necesidad de sobre explotación de horas laborables.

## **La cultura de trabajo en equipo**

Algo que es absolutamente indispensable para el logro de resultados es trabajar como una sola unidad, y para lograr eso, se requiere un liderazgo que tenga muy claras las metas y los objetivos, que pueda asignarlos a su equipo de trabajo, y que cada miembro asuma su responsabilidad y lleve a cabo la ejecución de sus tareas. Colgarse la medalla cuando las cosas salen bien y señalar con el dedo cuando las cosas salen mal, destruye la moral del equipo. En todos lados hay problemas, pero algo que admiro de mi jefe es que él jamás señaló a nadie como culpable de las fallas; él reunía a los elementos del equipo directamente involucrados en algún problema y decía “arréglenlo”, se enfocaba en buscar soluciones a los problemas, no problemas en las soluciones. Un líder asume la responsabilidad de los errores de su gente, sabe delegar, confía en la capacidad de su personal. Se trata no sólo de tener a la gente más capaz y comprometida, sino también de tener el liderazgo correcto para orientar esos talentos y entregar resultados en tiempo y forma.

## **El trabajo a distancia**

Durante la última pandemia se desarrolló una nueva cultura laboral, que ya de alguna manera se venía presentando en ciertas áreas, aunque no era del todo adoptada, el trabajo a distancia (*Home Office*). Esto abrió una posibilidad para lo que hoy en día se conoce como “*digital nomads*”, individuos que trabajan desde cualquier parte del mundo. En mi equipo de trabajo, desde antes de la pandemia, ya estábamos todos trabajando de forma remota, ya que el líder de proyecto vivía en otro estado, dos analistas trabajaban desde otra ciudad, yo trabajaba en las oficinas y teníamos a otro mexicano trabajando desde México. Esto combina lo mejor de dos mundos, trabajar para una empresa internacional sin tener que pasar por los procesos migratorios y sin desenraizar a la familia.

## ***La nostalgia por el país***

México tiene bellezas, cultura, comida y tradiciones que son únicas en el mundo. Se extraña cuando uno toma la decisión de radicar en el extranjero. Hay gente que no puede lidiar con la nostalgia y después de algún tiempo, ese sentimiento les hace regresar. Cada quien está donde quiere estar, donde se siente cómodo y donde está dispuesto a pagar el precio. Siempre hay ventajas y desventajas. México es mi país de origen, al que amo y al igual que los mexicanos en cualquier parte del mundo, siempre lo llevo en mi corazón y mis recuerdos.

Retomando la pregunta inicial, **¿por qué el pollito cruzó el camino?**, no es sólo un pollo el que cruza el camino, son muchos, y sus motivaciones son muy variadas, lo único que parece ser el común denominador es la búsqueda de mejores condiciones de vida. Lo que podemos concluir, es que todo cambio tiene implicaciones que pueden ir desde simples hasta muy complejas, todo cambio implica un riesgo, pero lo único que es constante en esta vida es el cambio y lo único que en vida tendremos por seguro son los impuestos, fuera de eso siempre existen diferentes grados de incertidumbre. Al final del día, cada quién evalúa qué cambios quiere hacer y el nivel de riesgo que está dispuesto a correr de acuerdo a sus circunstancias y objetivos de vida.

## ***Para conocer más, consulta:***

- 1) Ranked: Average Working Hours by Country**

*Marcos Lu. July 22, 2024.*

*Sitio Web de Visual Capitalist,*

*<https://www.visualcapitalist.com/ranked-average-working-hours-by-country/>*

- 2) Sitio Web de Trading Economics,**

*<https://tradingeconomics.com>*

# Percepción de emociones a través de la música...

Nahum Carlos Alexis Rangel

[rangelcarloss41@gmail.com](mailto:rangelcarloss41@gmail.com)

Alguna vez te has preguntado ¿por qué al escuchar cierto tipo de música experimentamos determinadas emociones? Por un lado, la percepción auditiva es un factor determinante para que los oyentes experimenten ciertas emociones; esto está relacionado con la forma en la que nuestro cerebro procesa el sonido a través de complejas respuestas psicológicas, sin embargo, este no es el único aspecto a considerar. También, es necesario considerar algunos aspectos intrínsecos a la composición musical, como su *estructura melódica* y su *progresión de acordes* en el acompañamiento. El objetivo de este artículo es justamente explorar esos aspectos.

La interacción entre los elementos musicales y las respuestas cerebrales es fundamental en la tradición de la música clásica del mundo occidental.

"Las composiciones que constituyen esta tradición probablemente tienen muchas funciones diferentes, entre las cuales destacan la expresión o comunicación emocional. Por ejemplo, cuando los aficionados a la música clásica asisten a un concierto o cuando reproducen música, ya sea a través de un dispositivo analógico o digital, generalmente esperan ser 'comovidos'. Además, los oyentes a menudo creen que estas reacciones emocionales son lo que el compositor pretendía, viendo la obra como un vehículo para la comunicación emocional"

(Juslin, P. N., & Sloboda, J., Handbook of music and emotion:  
Theory, research, applications, 2011, pp. 33-35).

Esa conexión profunda, entre la estructura musical y la respuesta emocional, subraya la capacidad única de la música para tocar nuestras emociones. Sin embargo, además de los aspectos psicológicos, es importante examinar algunos elementos de la teoría musical, como los conceptos de armonía y consonancia y la estructura melódica de las piezas musicales; consistente en la forma en que se combinan notas, su velocidad, ritmo, intensidad, entre otros aspectos.

La forma en que la música despierta emociones tiene mucho que ver con los elementos que la componen. Las notas y acordes, el ritmo, la manera en que se combinan los sonidos y cómo se van moviendo las melodías a lo largo de una pieza son aspectos que influyen directamente en lo que sentimos al escucharla. Por ejemplo, la elección de escalas que suenan alegres o tristes, los cambios de tonalidad, y cómo se organizan los acordes hacen que una canción pueda transmitir felicidad, nostalgia o tensión. Además, factores como el volumen, el tipo de instrumentos utilizados y su forma de ejecución, también añaden diferentes matices a la experiencia. Pero, ¿cómo logra la música transmitir emociones de una manera tan diversa?

“Una primera teoría sugiere que la música opera como un símbolo o signo, cuyo significado es puramente asociativo y convencional. Aunque no guarda relación natural con una emoción, llega a denotar o referirse a una emoción, y luego a caracterizarla, en virtud de su lugar dentro de un sistema. En esta visión, la música selecciona y transmite algo sobre las emociones a la manera de enunciados lingüísticos; es decir, mediante la combinación de elementos según reglas con la función de generar y comunicar un contenido semántico o proposicional. Los signos musicales, al igual que los lingüísticos, son tanto diferentes como opacos a sus referentes.

No se puede negar que algunos aspectos de la expresividad de la música—por ejemplo, los vínculos entre instrumentos y estados de ánimo, como entre el oboe y los ambientes bucólicos, el órgano y la religiosidad, y la trompeta y la realeza o la belicosidad, parecen ser

arbitrarios y convencionales de maneras que pueden depender de asociaciones históricas. A pesar de estos casos, este último enfoque no es más plausible ni atractivo que el primero. Reduce la expresividad de la música a algo similar a una mera denominación; indica cómo la música podría referirse a una emoción, pero no cómo podría caracterizarla.”

(*Juslin, P. N., & Sloboda, J.*, Handbook of music and emotion: Theory, research, applications, 2011, pp. 33-35).

Las salas de conciertos a menudo están dominadas por formas de música puramente instrumentales, como la sinfonía, el concierto, el cuarteto y la sonata, en las que no hay ni una sola palabra o programa que dé alguna pista sobre el tema que trata realmente la pieza. Además, observar una partitura no ayuda a hacer menos abstracta una composición de música clásica. La notación musical es mucho más precisa, refinada y depurada que cualquier otra forma de expresión artística. Superficialmente, al menos, una partitura tiene más en común con una prueba matemática que con una pintura, un poema o una escultura. Ese nivel de abstracción incluso se aplica a las formas vocales de la música, como la ópera, el oratorio, la cantata y la canción popular, donde las palabras que se cantan ocupan un espacio relativamente pequeño de la página, en comparación con todos esos símbolos, meticulosamente colocados, que indican tono, duración, ritmo, dinámica y otras características esenciales de una composición musical. No es de extrañar que el compositor francés *Claude Debussy* afirmara que:

“La música es la aritmética de los sonidos, así como la óptica es la geometría de la luz’ (Who Said What When, 1991, p. 252). ”

Como se mencionó al principio, el hecho de que la música pueda transmitir emociones, se debe en gran parte a factores específicos de una composición musical, como la estructura melódica y la progresión de acordes de acompañamiento. Pero, ¿cómo influyen estos elementos en las emociones que experimentamos al escuchar música? Para responder a esta pregunta, es necesario comprender primero algunos elementos básicos de la teoría musical.

## El círculo de semitonos

En la tradición musical de occidente, se usan doce semitonos (llamados comúnmente *notas musicales*) para conformar y expresar cualquier fragmento de música, incluyendo composiciones completas. Esos doce semitonos se organizan en una estructura llamada el *círculo de semitonos*, que los ordena en una secuencia cíclica, de forma muy parecida a la organización de las horas en un reloj. El círculo de semitonos se visualiza de la siguiente forma:

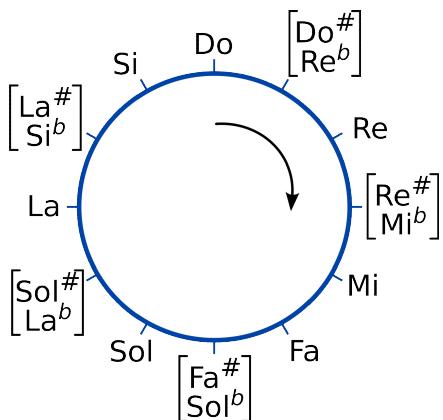


Figura 1. El círculo de semitonos.

Al exterior del círculo se encuentran los nombres de cada semitono (o nota musical), y resulta evidente que algunas de esas notas, marcadas con corchetes, tienen dos nombres. Las notas con doble nombre se conocen como *semitonos alterados* y sus dos nombres responden a dos alteraciones posibles: el *sostenido* y el *bemol*. Las notas cuyo nombre tiene al final un símbolo # son notas alteradas por un sostenido y eso significa que son notas que son medio tono más agudas que la nota anterior en el círculo de semitonos. Esas notas son: Do# (pronunciada *Do sostenido*), Re# (Re sostenido), Fa# (Fa sostenido), Sol# (Sol sostenido) y La# (La sostenido). A su vez, las notas cuyo nombre tiene al final un símbolo b son notas alteradas por un *bemol* y eso significa que son notas medio tono más graves que la nota siguiente en el círculo. Esas notas son: Re<sup>b</sup> (Re bemol), Mi<sup>b</sup> (Mi bemol), Sol<sup>b</sup> (Sol bemol), La<sup>b</sup> (La bemol) y Si<sup>b</sup> (Si bemol).

En el círculo de semitonos se puede observar también que no todas las parejas de notas consecutivas tienen entre ellas una nota alterada. No existe nota alterada entre *Mi* y *Fa*, así como tampoco la hay entre *Si* y *Do*.

## **El concepto de consonancia**

La *teoría de la armonía* es una rama de la música que estudia la formación y la combinación de sonidos. La armonía es fundamental para entender cómo es que se construyen y se relacionan los sonidos musicales. En el contexto de esa teoría, se denomina *consonancia* a una combinación de notas que, al ejecutarse al mismo tiempo, se escuchan bien y generan una sensación de relajación y estabilidad. La consonancia es percibida como una emoción agradable y suele estar asociada con situaciones de reposo. Un ejemplo clásico de consonancia es la combinación de las notas *Do* y *Sol*, que es considerada muy estable y armoniosa.

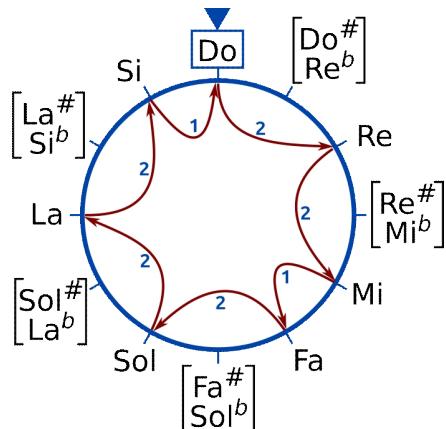
Por el contrario, cuando se emiten al mismo tiempo, combinaciones de notas que no son consonantes, hablamos de una *disonancia*. La disonancia genera tensión en el oyente y una sensación de inestabilidad, lo que le induce ansiedad por una resolución hacia una consonancia. Un ejemplo típico de disonancia es la combinación de las notas *Do* y *Re<sup>b</sup>*.

Ahora bien, si de las notas contenidas en el círculo de semitonos, seleccionamos dos o más y las tocamos al mismo tiempo, resulta que no cualquier conjunto de notas es *consonante*. Para identificar notas consonantes, que puedan servir de guía para la estructura melódica de una pieza musical, se usa el círculo de semitonos y se definen subconjuntos de notas llamados *escalas*.

## **Formación de escalas**

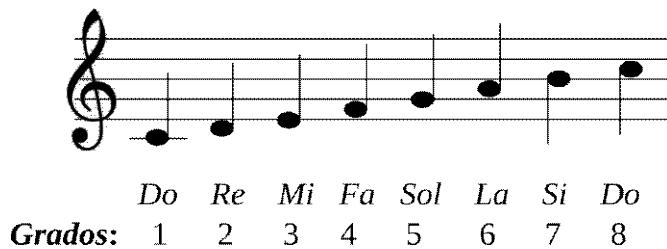
La función de las escalas es servir como base para encontrar notas consonantes. Las escalas se definen recorriendo el círculo de semitonos con diversos *patrones de salto*, en el sentido horario y comenzando en cualquier nota. Todas las notas identificadas por esos saltos, forman parte de la escala. Por ejemplo, las escalas llamadas *mayores* (el tipo de escala más importante), usan siempre el patrón de

saltos (2-2-1-2-2-2-1), a partir de cualquier nota en el círculo. De manera que, si comenzamos en la nota *Do* y saltamos en el sentido horario, tal como indica ese patrón, obtenemos lo siguiente:



**Figura 2. Recorrido del círculo de semitonos con el patrón 2-2-1-2-2-2-1.**

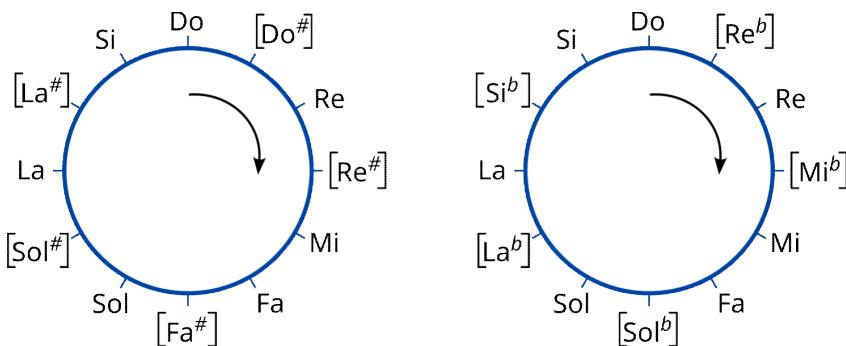
Al completar ese patrón de saltos obtenemos un subconjunto de siete notas diferentes (*Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si*) y una octava nota que es igual que la inicial (aunque más aguda). A ese subconjunto de notas se le llama *escala mayor de Do*, y es una escala que contiene exclusivamente notas sin alteraciones de sostenido ni bemol (notas naturales). La nota inicial de una escala, se denomina siempre *nota fundamental* (en este caso *Do*) y, la posición que ocupa cada nota en una escala, se le llama *grado*. Así, escrita en notación musical y anotando (por abajo) los nombres y grados de cada nota, la escala mayor de *Do*, se ve de la siguiente forma:



**Figura 3. Las notas en la escala mayor de Do.**

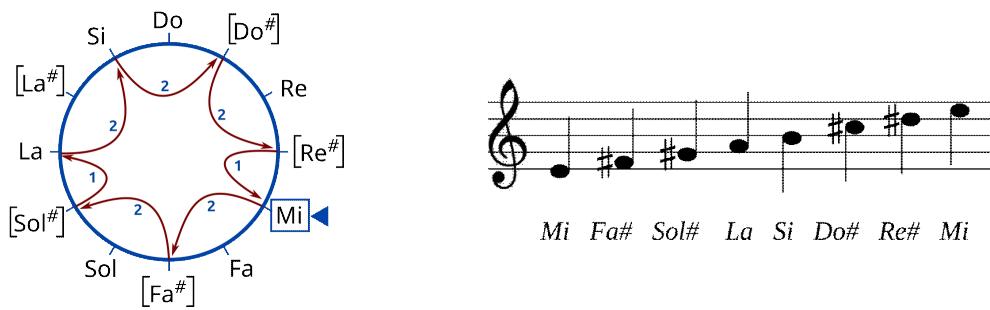
Y ¿es posible comenzar una escala en otra nota? Por supuesto, pero para evitar que las notas con doble nombre causen confusión, se acostumbra separar el círculo de semitonos en dos círculos independientes; uno de ellos contiene exclusivamente las notas con sostenidos, mientras que el otro contiene

exclusivamente notas con bemoles. De esa forma, cuando una escala contiene notas con alteraciones, todas las notas alteradas serán del mismo tipo, todas con sostenido o todas con bemoles. Los dos círculos se ven así:



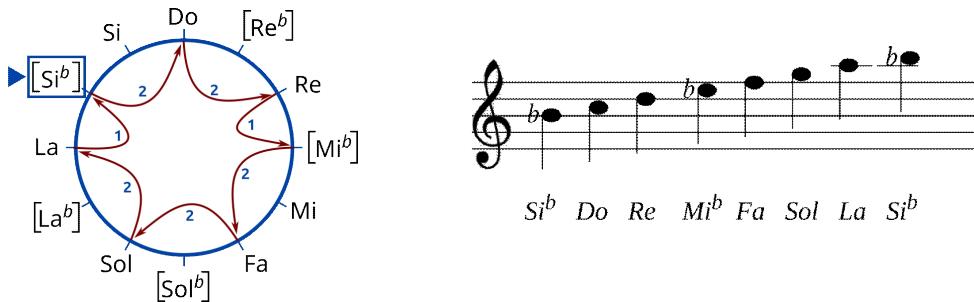
**Figura 4. Separación del círculo de semitonos en Círculo de Sostenidos y Círculo de bemoles.**

Los cánones de la música dictan que se use el círculo de sostenidos para construir escalas mayores que comiencen con las notas: *Do, Do<sup>#</sup>, Re, Mi, Fa<sup>#</sup>, Sol, La* y *Si*, mientras que, para formar escalas que comiencen con las notas: *Re<sup>b</sup>, Mi<sup>b</sup>, Fa, Sol<sup>b</sup>, La<sup>b</sup>, Si<sup>b</sup>* se use el círculo de bemoles. Entonces, para formar una escala mayor que comience en *Mi*, se usa el círculo de sostenidos y el mismo patrón de salto de las escalas mayores (2-2-1-2-2-2-1), obteniendo:



**Figura 5. Formación de la escala mayor de Mi.**

Y, para formar una escala mayor comenzando en *Si<sup>b</sup>*, se usa el círculo de bemoles, obteniendo:



**Figura 5. Formación de la escala mayor de Mi.**

No sólo existen escalas mayores; también existen escalas de muchos tipos diferentes, como escalas *menores*, *aumentadas*, *disminuidas*, etc. Cada tipo de escala tiene su patrón de saltos característico. Pero en este artículo, para no complicar innecesariamente la explicación, todos los ejemplos serán sobre escalas mayores.

Ahora bien, las escalas mayores, menores y de cualquier otro tipo, se usan para extraer de ellas otros subconjuntos más pequeños, de tres o más notas, que se pretenden tocar simultáneamente o en una rápida sucesión; por lo tanto, es necesario garantizar que sean notas *consonantes*. A esos subconjuntos se les llama *acordes*.

## Acordes y sus modos

Los acordes, que se usan para el acompañamiento de la melodía principal, son fundamentales para determinar la estructura de una pieza musical y para transmitir emociones específicas. Por sí misma, la emisión de un acorde produce emoción, aunque no esté acompañando ninguna melodía ¿Cómo es esto posible?, se debe al comportamiento producido por la vibración simultánea de tres o más notas cuya separación en frecuencia genera distintas tensiones, las cuales mapean a diversas emociones.

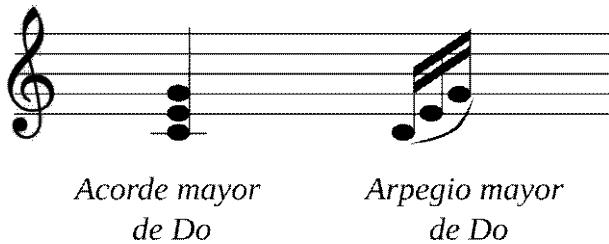
La forma más sencilla de formar un acorde, a partir de una escala previamente definida, es comenzar con la nota fundamental de la escala y agregarle las notas que están en el tercero y quinto grados de esa escala. Por ejemplo, a partir de la escala mayor de *Do* podemos obtener un *acorde mayor de Do* así:

Escala mayor de Do: {Do, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Do}

Grados: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Acorde mayor de Do: **Do, Mi, Sol**

Estas tres notas {Do, Mi, Sol} forman entonces el acorde mayor de Do. Si se tocan simultáneamente forman un acorde, y si se tocan de forma consecutiva, pero inmediata, se denomina un *arpegio*.



*Figura 6. Diferencia entre acorde y arpegio.*

Para poder crear acordes que contengan notas diferentes, se realizan desplazamientos de la escala original, o dicho de forma propia, *permutaciones* de los elementos de la escala. Dado que una escala tiene siete notas diferentes, existen siete permutaciones de esas notas, y a esas permutaciones se les llama *modos* de la escala. Los siete *modos de la escala mayor de Do* se pueden observar en la figura 7.

Grado:	1	2	3	4	5	6	7	Modo
<b>Escala mayor de Do:</b>	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	I
	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do	II
	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do	Re	III
	Fa	Sol	La	Si	Do	Re	Mi	IV
	Sol	La	Si	Do	Re	Mi	Fa	V
	La	Si	Do	Re	Mi	Fa	Sol	VI
	Si	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	VII

*Figura 7. Permutaciones (modos) de la escala mayor de Do.*

Gracias a los modos de una escala se pueden formar acordes que comienzan con cada una de las notas de la escala, aunque todos esos siete acordes son diferentes entre sí. En cada modo, cambia la nota fundamental y también cambian las notas que están en el tercero y quinto grados. En la figura 7 se encuentran marcados, con color azul, el primero, tercero y quinto grados de cada modo; las notas en esas posiciones conforman un acorde mayor, y siempre se denomina a esos acordes con el número romano del modo que los genera. Por ejemplo, el acorde **III** es (*Mi, Sol, Si*), el acorde **V** es (*Sol, Si, Re*) y el acorde **VII** es (*Si, Re, Fa*).

También, con color rojo, se encuentra marcado en la figura 7, el séptimo grado de cada modo, y eso se debe a que otro tipo importante de acorde, es aquel en el que la nota en el séptimo grado se añade a las notas del acorde mayor. Es decir, se conforma un acorde con cuatro notas, que también son todas consonantes entre sí. A ese tipo de acordes se les denomina *acordes con séptima* y se denominan con el número romano del modo que los genera, pero añadiendo un subíndice 7. Por ejemplo, del modo **I** se obtiene el acorde (*Do, Mi, Sol + Si*) al que se denomina acorde **I<sub>7</sub>**, del modo **II** se obtiene el acorde (*Re, Fa, La + Do*) denominado **II<sub>7</sub>**, y del modo **IV** se obtiene el acorde (*Fa, La, Do + Mi*) al que se denomina **IV<sub>7</sub>**.

Las notas que conforman cualquier tipo de acorde, son todas consonantes entre ellas, porque salen de una misma escala. Y en la música occidental, han sido ampliamente analizadas las emociones asociadas a los distintos tipos de acordes; entre los acordes más simples se encuentran aquellos que se obtienen de los modos de una escala mayor, y algunas de las emociones asociadas a estos acordes son las siguientes:

- **Acordes mayores:** Estos acordes evocan emociones como la alegría, felicidad o satisfacción. Los oyentes tienden a interpretar los acordes mayores como señales de optimismo y bienestar. Ese vínculo entre el modo mayor y las emociones positivas ha sido observado tanto en culturas occidentales como no occidentales expuestas a la música occidental (Calvo & Nummenmaa, 2007; Hevner, 1935).

- **Acordes menores:** Los acordes llamados *menores* son aquellos en los que la nota en el tercer grado, se disminuye medio tono, y se asocian comúnmente con emociones como la tristeza, el miedo o la melancolía. Esos efectos emocionales se han documentado, tanto en estudios históricos como en investigaciones más recientes que exploran la relación entre la estructura del acorde y las emociones humanas (Cook, 2007; Jacoby et al., 2020).
- **Acordes disminuidos:** También son acordes modificados, en los que las notas en el tercero y quinto grados se alteran bajándoles un semitono. Estos acordes inducen tensión, evocan emociones de miedo, suspense o ansiedad. Son utilizados frecuentemente en música dramática o de películas de terror para crear atmósferas inquietantes (Cook, 2007).
- **Acordes aumentados:** En un acorde aumentado, la nota en el quinto grado se incrementa en un semitono. Con su estructura particular, estos acordes crean una sensación de incertidumbre e inestabilidad. Aunque es menos común que otros acordes complejos, se utiliza para generar tensión emocional o para simbolizar un cambio inesperado dentro de una pieza musical.
- **Acordes complejos:** Se denominan acordes complejos a aquellos acordes formados por 4 o más notas, comenzando con los acordes con séptima. Esos acordes complejos tienen un sonido suave y relajado, que los hace adecuados para expresar romance, tranquilidad y serenidad. Sin embargo, también añaden varios matices emocionales, como la incertidumbre, la sorpresa, el suspense o la angustia. Por ello, el uso de esos acordes es muy común en géneros musicales como el *jazz*, el *blues* y la música *pop*, cuando se busca evocar un ambiente íntimo y sereno (Cook, 2007) (Spitzer, 2020).

Dentro de los acordes complejos, existen varios tipos que evocan emociones específicas. A continuación se describen algunos de los acordes complejos más

comunes y las emociones que suelen asociarse a ellos:

- **Acordes menores con séptima:** A los acordes menores también se les puede agregar una séptima, y se perciben como melancólicos y relajados. Aunque mantiene la tristeza de un acorde menor, añade una sensación de profundidad emocional y un toque de *jazz*, que lo hace ideal para evocar emociones introspectivas y agridulces (Spitzer, 2020).
- **Acordes con séptima dominante:** Son acordes con séptima, pero modificados; la nota en el séptimo grado se altera disminuyéndola en un semitono. Estos acordes generan una sensación de tensión que necesita resolverse. Suelen evocar emociones como urgencia o anhelo, y a menudo se utilizan para construir anticipación dentro de una progresión musical.

## *Progresiones armónicas*

Durante el transcurso de una pieza musical, los acordes que acompañan la melodía principal, limitan y determinan las notas de esa melodía. Sólo las notas de la escala que rige se deben usar en la melodía, aunque se pueden usar con cualquier duración e intensidad. Por supuesto, es posible cambiar, en cualquier momento, el acorde de acompañamiento. Al cambiar de acorde, cambia también la lista de notas que se pueden usar en la melodía principal y cambian también las consonancias que se escuchan, así como las emociones de fondo que transmite la pieza. A la sucesión de acordes que acompañan una melodía se le llama *progresión armónica* de la pieza.

La progresión armónica en una pieza musical, genera una sucesión de emociones complejas en el oyente, de forma muy parecida a la trama en una obra literaria, que relata una historia, pero lo hace sin palabras, sólo con sonidos y emociones. Se establece así un vínculo entre la estructura musical y la experiencia emocional del receptor (Juslin & Västfjäll, 2021). Ese proceso es fundamental en la composición musical, cuyo propósito último es generar una respuesta emocional en quienes la escuchan.

De acuerdo con *Stefan Kostka* y *Dorothy Payne* en *Tonal Harmony* (2013),

"Una progresión armónica no solo establece una jerarquía de funciones dentro de una tonalidad, sino que también crea expectativas sobre cómo las tensiones armónicas se desarrollan y se resuelven" (Kostka & Payne, p. 67).

En la música occidental, ciertas progresiones armónicas se utilizan con mucha frecuencia. Esas progresiones ofrecen una base sólida para la construcción de piezas musicales y son herramientas esenciales para los compositores e intérpretes, ya sea que utilicen la propia voz o algún instrumento musical para tal efecto. A continuación se muestran algunas progresiones armónicas comunes:

- 1) En la música occidental, una de las progresiones más básicas que podemos encontrar en géneros como el *rock*, el *blues* y el *pop*, es la progresión (**I<sub>7</sub>** - **IV<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>** - **I<sub>7</sub>**).
- 2) La progresión (**II<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>** - **I<sub>7</sub>**) es la progresión más utilizada en el *jazz* y también se encuentra en otros estilos. Es eficaz para mostrar movimiento armónico y transición suave en las piezas.
- 3) La progresión (**I<sub>7</sub>** - **VI<sub>7</sub>** - **IV<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>**), conocida también como la progresión "*doo-wop*", es muy popular en las baladas y la música de los años 50 y 60.
- 4) La progresión (**I<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>** - **VI<sub>7</sub>** - **IV<sub>7</sub>**) es extremadamente popular en la música *pop* contemporánea y ha sido usada en innumerables *hits* populares.
- 5) La progresión (**I<sub>7</sub>** - **II<sub>7</sub>** - **IV<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>**), es una variación de la progresión (**I<sub>7</sub>** - **IV<sub>7</sub>** - **V<sub>7</sub>** - **I<sub>7</sub>**) que añade un poco más de complejidad armónica.

Estar familiarizado con estas progresiones armónicas (progresiones de acordes) facilita, tanto la comprensión de la estructura musical, como la creación de nuevas composiciones. Estas progresiones no sólo se pueden utilizar para la composición, sino también con fines de improvisación e interpretación.

## **Emociones complejas a partir de piezas musicales**

Después de todo lo anterior, debe quedar claro que el conjunto de emociones que induce una pieza musical depende de muchos factores. Desde el punto de vista de la composición musical, los factores más importantes son la estructura melódica principal (su velocidad, ritmo, intensidad, etc), y la progresión armónica de la pieza (la sucesión de acordes de acompañamiento).

Por ejemplo en los dos primeros dos compases de la "Sinfonía No. 5 en Do menor, Op. 67" de *Ludwig van Beethoven*, puede percibirse una sensación de drama y urgencia, y es precisamente la emisión del acorde de Do menor lo que produce esa emoción.

Otro ejemplo de una pieza clásica cuyos primeros acordes denotan felicidad es la "Sinfonía No. 9 en Re menor, Op. 125" de *Ludwig van Beethoven*, específicamente el cuarto movimiento, conocido como "Oda a la Alegría". Los primeros acordes de ese movimiento son vibrantes y alegres, esto refleja un sentimiento de celebración y felicidad. Esta pieza es famosa por su energía positiva y su capacidad de evocar un sentimiento de unidad y alegría entre los escuchas.

Aunque los anteriores ejemplos hacen referencia a un mismo compositor (*Beethoven*), en ellos podemos apreciar que en general, los elementos que hacen posible que la música provoque emociones en sus oyentes son los mismos que se han explicado en este artículo, fundamentalmente estructura melódica siguiendo alguna escala y progresión armónica de los acordes de acompañamiento. Esos elementos, al usarse en distintas formas y combinaciones, revelan la intención del mensaje emotivo que un compositor desea transmitir con su obra. Esos mismos elementos y combinaciones pueden, en alguna medida, caracterizar la personalidad del compositor.

Podemos concluir señalando que la capacidad de la música para evocar emociones se fundamenta en la interacción de sus elementos estructurales, como las escalas, los acordes y las progresiones armónicas. Cada tipo de acorde y su modo, ya sea mayor, menor, disminuido o aumentado, complejo, etc. tiene un

impacto específico en la percepción emocional del oyente, lo que permite que las composiciones transmitan una amplia gama de sentimientos. La elección cuidadosa de estas combinaciones y su organización a lo largo de una pieza musical define la experiencia emocional que se desea generar. De esta manera, los elementos teóricos y compositivos no solo constituyen la base de una obra musical, sino que también determinan su capacidad para conectar de manera profunda con quienes la escuchan.

## **Para conocer más, consulta:**

- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2007).  
*Processing of unattended emotional visual scenes.*  
Journal of Experimental Psychology: General, 136(3), 347–369.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.3.347>
- Cook, N. D. (2007).  
*The sound symbolism of major and minor harmonies.*  
Music Perception, 24(3), 315–319.  
<https://doi.org/10.1525/mp.2007.24.3.315>
- Huron, D. (2020).  
*Sweet anticipation: Music and the psychology of expectation.*  
MIT Press.
- Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2021).  
*Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms.*  
Behavioral and Brain Sciences, 41(5), 40-55.  
<https://doi.org/10.1017/S0140525X20000268>
- Juslin, P. N., & Sloboda, J. (2011).  
*Handbook of music and emotion: Theory, research, applications.*  
Oxford University Press.
- Koelsch, S. (2020).  
*Music, action, and emotion.*  
Trends in Cognitive Sciences, 24(5), 410-423.  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.03.003>
- Kostka, S., & Payne, D. (2013).  
*Tonal Harmony: With an Introduction to Twentieth-Century Music.*  
McGraw-Hill.
- Margulis, E. H. (2018).  
*The psychology of music: A very short introduction.*  
Oxford University Press.

- Margulis, E. H. (2014).  
*On repeat: How music plays the mind.*  
Oxford University Press, USA.
- Schulenberg, D. (2003).  
*The Oxford Companion to Music.*
- Spitzer, M. (2020).  
*A History of Emotion in Western Music: A Thousand Years from Chant to Pop.*  
Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/oso/9780190061753.001.0001>
- Villanueva, J. (2021).  
Fundamentos de la teoría musical.  
Editorial Musical Contemporánea.

# Sobre las matemáticas

## Un punto de vista...

Germán Téllez Castillo

[gtellez4@gmail.com](mailto:gtellez4@gmail.com)

Las matemáticas, surgidas en la antigüedad por necesidades de la vida cotidiana, hoy se han convertido en un sistema de variadas y extensas disciplinas. Las matemáticas sirven de instrumento para el conocimiento de la naturaleza y reflejan leyes del mundo que nos rodea. Pero por el nivel de abstracción que la caracteriza, ocasiona que algunas de sus ramas se presentan como relativamente inaccesibles a los no especialistas.

Esa cualidad abstracta de las matemáticas dio lugar, ya desde la antigüedad, a nociones sobre su independencia respecto del mundo material. Pero ese grado de abstracción, no tiene su origen en un deseo perverso de los matemáticos de aislarse de la comunidad científica, a través de un lenguaje hermético. Ellos tenían que resolver problemas legados por la época “clásica” o provenientes de los nuevos hallazgos en las diferentes áreas del conocimiento. Esa tarea, sólo se podía conseguir, a condición de crear nuevos objetos y nuevos métodos, cuyo carácter abstracto, era indispensable para su éxito. El inevitable precio que hubo que pagar al hacerlo, fue despegarse del carácter concreto o semiconcreto de los objetos matemáticos clásicos, en donde lo esencial de esos objetos no consiste en sus particularidades aparentes, sino en las relaciones que guardan entre ellos.

A menudo ocurre que algunos objetos, que parecen muy diferentes entre sí, presentan sin embargo las mismas propiedades, por lo que era necesario representarlos de manera que no aparentaran ser diferentes. Por ejemplo, si se deseaba enunciar una relación que se pudiera definir entre números y entre funciones, era necesario introducir objetos, que no fueran ni números ni funciones, pero que se pudieran concretar en otro tipo de objeto matemático, hoy

llamando *estructuras matemáticas*, como las estructuras algebraicas (monoides, semigrupos, grupos, anillos, etc).

El objetivo del presente artículo es dar un idea sobre la naturaleza esencial de la matemática; obvio es decir que existen límites de espacio y tiempo para hablar de esta amplia área de conocimiento, por lo que dentro de los límites de un artículo, no es posible agotar la riqueza del universo de las matemáticas. Por lo tanto, resulta inevitable una cierta libertad en la elección del enfoque a tratar. Para ello, no hay gran necesidad de entrar en detalles de teorías matemáticas recientes, puesto que la matemática elemental y la historia de la ciencia, proporcionan una base suficiente para obtener conclusiones generales.

## Caracterización

Un conocimiento básico de la matemática, permite reconocer ciertas características:

- Abstracción, precisión, rigor lógico, el carácter de sus conclusiones y el campo de sus aplicaciones,
- Aplicaciones que hoy día están presentes en la vida diaria, en la tecnología y en la ciencia

Las abstracciones en la matemática tienen varios rasgos:

- Tratan fundamentalmente sobre las relaciones cuantitativas y formas espaciales, abstrandolas de todas las demás propiedades de los objetos estudiados.
- Aparecen en una sucesión creciente con diferentes niveles de abstracción, llegando más lejos que en las demás ciencias.
- Se mueve casi por completo en el campo de los conceptos abstractos y sus interrelaciones.

Mientras el científico de la naturaleza experimenta para demostrar sus afirmaciones, éste tiene que hacer una elección entre los diferentes modelos

posibles del fenómeno que estudia, para encontrar aquel que se ajuste al mundo empírico, el mundo de los experimentos.

Por otro lado, el matemático emplea sólo razonamientos y cálculos. Ningún teorema pertenece a la matemática hasta que no ha sido demostrado por un razonamiento lógico. Demostrar un teorema significa deducir, mediante un razonamiento lógico, a partir de las propiedades de los conceptos que aparecen en ese teorema. De ese modo, no sólo los conceptos, sino también los métodos de la matemática, son abstractos y teóricos.

Existen matemáticas que no se utilizan en el estudio del mundo empírico, que están liberadas de las limitaciones del mundo real, pero que pueden conducir a conocimientos con profundas implicaciones en el mundo real y que hoy se consideran únicamente por su belleza; aquellas que se hacen desde un punto de vista puramente estético.

Por ejemplo, los conceptos abstractos de la *aritmética* se corresponden con las relaciones cuantitativas de las colecciones de objetos. Como resultado del análisis y generalización de la experiencia práctica, surgen los conceptos por la vía de la abstracción; esto es, los conceptos aparecen gradualmente; primero aparecieron los números relacionados con objetos concretos, luego los números abstractos y finalmente el concepto general de número. Cada uno de esos conceptos surgió por la combinación de la experiencia práctica y algunos conceptos abstractos anteriores. Es decir, los conceptos aparecen tras una serie de sucesivas abstracciones y generalizaciones, cada una de las cuales reposa en la combinación de experiencias con conceptos abstractos previos.

Las fuerzas que condujeron al desarrollo de la aritmética fueron las necesidades prácticas de la vida social. Esas necesidades prácticas, y el pensamiento abstracto que surgió de ellas, con su constante interacción, generan que los conceptos abstractos vayan mejorando debido a sus múltiples aplicaciones. La reflexión abstracta, a menudo trasciende las necesidades inmediatas de un problema práctico. Por ejemplo, el concepto de números tan grandes como un millón o un

billón, aparecieron antes de que la necesidad práctica de hacer uso de ellos.

Otro ejemplo es la generalidad en la geometría; el volumen de una esfera se calcula como

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

independientemente de si se trata de una esfera de acero, o de una gota de agua. La geometría puede abstraer lo que es común a todos los cuerpos, porque todo cuerpo real tiene una forma, una dimensión y una posición con respecto a los demás cuerpos.

Por otro lado, el desarrollo de la matemática es un proceso conflictivo entre elementos contrastantes: lo concreto y lo abstracto, lo particular y lo general, lo formal y lo material, lo finito y lo infinito, lo discreto y lo continuo, etc. Ningún objeto concreto, tiene una forma absolutamente precisa, y ninguna magnitud concreta puede medirse con exactitud absoluta, puesto que ni siquiera tiene un valor perfectamente definido. La longitud de un segmento, por ejemplo, no tiene sentido si se trata de precisarla en términos de las dimensiones atómicas.

Dado que la matemática sólo somete a estudio propiedades generales, al operar con abstracciones perfectamente definidas lo hace con independencia de los límites reales de su aplicabilidad; y esto no podía ser de otra forma, ya que estos límites son distintos en cada caso particular, o lo que es lo mismo, dependen de las propiedades concretas de los fenómenos en consideración y de los cambios cualitativos que tienen lugar en ellos. Por eso, al aplicar la matemática a un caso concreto, es necesario verificar la aplicabilidad real de la teoría en cuestión; por lo que hacer una distinción entre matemática pura y matemática aplicada, no tiene sentido en cuanto que estas, se entremezclan de tal manera que es imposible definir con precisión el límite entre una y otra. Por ejemplo, algunas ideas de la teoría de números, desarrolladas a partir de la curiosidad abstracta, son hoy la base de un método de criptografía que se utiliza en bancos, gobiernos y el ejército. Los estudios de *Alonso Church* y *Alan Turing* sobre las funciones computables

abstractas contribuyó al desarrollo del producto más revolucionario de la segunda mitad del siglo XX, la computadora.

Por otro lado, considerar la materia como continua y describir sus propiedades mediante magnitudes continuas, sólo es posible si podemos hacer abstracción de su estructura atómica, lo cual sólo sucede en determinadas condiciones; esto nos lleva así a dos clases contradictorias de objetos: por una parte, los objetos discretos, indivisibles; y por otra, los objetos divisibles que, antes de ser separados en partes, son continuos. Estas características contradictorias van siempre unidas, puesto que no hay objetos completamente indivisibles ni completamente continuos.

Sin embargo, dada la existencia real de tales características, sucede a menudo que una de ellas predomina sobre la otra; el hecho de que la matemática separe las formas de sus contenidos determina ya una división en dos clases: las formas discretas y las formas continuas.

El modelo matemático de un objeto es la unidad, y el modelo matemático de una colección de objetos discretos es una suma de unidades, la imagen, podríamos decir, de lo puramente discreto, separada de todas las demás cualidades. Por otra parte, el modelo matemático original de la continuidad es la figura geométrica; para el caso más sencillo es la línea recta.

Ninguna teoría surge como resultado de la simple formulación de nuevos conceptos, sino que la creación y desarrollo de una teoría requieren que los nuevos conceptos permitan descubrir nuevas relaciones que contribuyan la solución de nuevos problemas. Es decir, un nuevo concepto sólo puede nacer, desarrollarse y ganar en generalidad y precisión sobre la base de esos mismos problemas que permite resolver y con base en los teoremas de los que forma parte.

*Euclides*, y los matemáticos que vivieron en los años siguientes, consideraron a su obra los «Elementos» como ejemplo del rigor lógico; No fue hasta el último tercio del siglo XIX, que las críticas a las construcciones euclidianas, se hicieron más numerosas, la tendencia era un movimiento general hacia un mayor "rigor" en las matemáticas. Las críticas no apuntaban a "corregir" las inferencias hechas por *Euclides* en el curso de sus demostraciones, sino al hecho de que algunas de éstas, no estaban suficientemente justificadas con sus definiciones y axiomas, sino que en algunas inferencias, *Euclides* recurre a la "evidencia" basado en el estudio de un dibujo. Pero fue sólo el entrenamiento en los rigores de la axiomática moderna lo que hizo notar esas imperfecciones, aparte de la espinosa cuestión del postulado de las paralelas.

El sentimiento general era, completar de manera apropiada, estos fundamentos para lograr una explicación completamente satisfactoria. Esa tarea fue llevada acabo por *Moritz Pasch* y *David Hilbert*. Ellos reestructuraron el sistema de axiomas (veintitrés axiomas en el caso de *Hilbert*), y gracias a ello, todos los teoremas de *Euclides* pudieron por fin demostrarse sin diagramas.

*Pasch* y *Hilbert* dieron una forma precisa a la geometría, tarea que se extendió casi de inmediato, a todas las ramas de las matemáticas por sus contemporáneos y sus sucesores. La esencia fue un abandono progresivo del concepto de "verdades evidentes", primero en geometría y luego en el resto de las matemáticas.

Pero no debemos dejarnos seducir por la idea de que la matemática contemporánea posee un "rigor absoluto". Una ciencia que no está muerta, no puede ser de forma alguna, perfecta; pero podemos decir que los fundamentos, por ejemplo del análisis tal como están actualmente, corresponden satisfactoriamente con los problemas contemporáneos de la ciencia y con la concepción moderna de la precisión lógica; la continua profundización en estos conceptos y las discusiones que hoy día existen, no llevan, ni llevarán, a desecharlos, sino que conducirán a un conocimiento, más preciso y profundo. Por lo que podemos decir que, el establecimiento de los principios básicos de una

teoría constituye un resumen de su desarrollo, no representa su final, sino que conducen a un ulterior desarrollo.

El desarrollo de todas las ramas de la matemática se ha llevado acabo de manera gradual, con base en resultados que suelen venir de diversas direcciones; a menudo se han necesitado décadas e incluso cientos de años de esfuerzos antes de conseguir algún progreso de importancia.

Las cuidadosas y ordenadas exposiciones que se hacen en los cursos habituales de matemáticas, dejan la impresión de que los matemáticos han avanzado de un teorema al siguiente de una manera natural y lineal, y que la teoría está ya acabada; no muestran los conflictos del proceso creativo, las frustraciones y el largo y sinuoso camino que los matemáticos han tenido que recorrer para llegar a construir una estructura importante, a la que aún le falta llenar huecos o le quedan por hacer generalizaciones importantes. Estar consciente de esa realidad, debería animarnos a trabajar con tenacidad, a estudiar e investigar en matemáticas.

El surgimiento de nuevas técnicas no sólo permite realizar investigaciones que hasta ahora eran casi impracticables. Por ejemplo, dichas técnicas han dado un impulso al desarrollo de los métodos aproximados; métodos que permiten alcanzar, mediante una cadena de operaciones elementales, el resultado numérico deseado con una precisión suficientemente alta.

En todas las épocas, el nivel técnico de los medios de cálculo ha ejercido una influencia sobre los métodos matemáticos; llegar al resultado numérico final de los problemas prácticos que surgen en nuestros días requiere un gran número de tales operaciones; la solución de tales problemas resultaba prácticamente imposible debido a la gran cantidad de tiempo o memoria necesarios para obtener un resultado. Las modernas máquinas de cálculo, construidas sobre la base de nuevos principios, permiten efectuar cálculos a gran velocidad y realizar al mismo tiempo complicadas cadenas de cálculos automáticamente.

Algunos de los rasgos característicos de la matemática moderna que la distinguen de sus anteriores desarrollos, son la extensión del campo que cubren éstas y sus aplicaciones; tal extensión del objeto y del campo de aplicación, representa un crecimiento cuantitativo y cualitativo, originado por la aparición de nuevas teorías y métodos que permiten resolver nuevos problemas o problemas que eran inaccesibles hasta ese momento.

Otro de sus rasgos es la formación de conceptos generales a un nuevo y mayor nivel de abstracción; este rasgo garantiza la preservación de la unidad de la matemática, a pesar de su inmenso crecimiento en ramas tan diferentes; esto garantiza a los métodos matemáticos actuales, una generalidad y amplitud en sus aplicaciones.

Resumiendo, diremos que, mientras la matemática elemental se ocupa de las magnitudes constantes, la siguiente etapa, es la de las magnitudes variables. La matemática contemporánea es la matemática de todas las posibles relaciones e interdependencias cuantitativas entre magnitudes.

## ***Sobre los programas de estudio***

En mi opinión, los programas de estudio, deberían brindar a los estudiantes, las herramientas que necesitarán para usar, comprender e incluso hacer matemáticas que aún no existen. Las matemáticas principalmente tratan de ideas. Mi objetivo como docente es brindarles a los estudiantes la oportunidad de lidiar con estas ideas y sumergirse en el proceso de descubrimiento matemático. La participación repetida en ese proceso, se espera que agudice su mente y desarrolle su madurez mental marcada por un pensamiento claro y riguroso.

Una educación debe preparar a las personas para hacer y explorar preguntas en contextos que aún no existen y para poder abordar problemas que nunca han enfrentado. Es importante que pongamos estas cuestiones en primer plano y nos

enfoquemos explícitamente en que los estudiantes produzcan, en lugar de consumir, conocimiento. Si realmente queremos que nuestros estudiantes sean independientes, curiosos y perseverantes, entonces debemos brindarles los medios para adquirir esas habilidades. Su viabilidad como profesionales en la fuerza laboral moderna depende de su capacidad para adoptar esa mentalidad.

El énfasis también debería estar puesto en apoyar al estudiante a comprender, construir demostraciones y a aprender a escribir matemática. Aprender una nueva habilidad requiere dedicación y paciencia durante los períodos de frustración. No debe existir miedo de hacer ajustes y cometer errores. Siempre puede volver a revisarse un trabajo. No se debe esperar que la mayoría de las cosas se realicen a la perfección en su primer intento. Las tareas que se le asignen a los estudiantes deberían requerir que resuelvan problemas, conjeturen, experimenten, exploren, creen y se comuniquen.

Pero para capturar y comunicar ideas matemáticas debemos hacer afirmaciones sobre objetos matemáticos y gran parte de la actividad matemática puede describirse como la formulación de afirmaciones matemáticas y luego la determinación de si dichas afirmaciones son verdaderas o falsas. Los intentos por escribir una demostración, son una parte importante del proceso de aprendizaje y descubrimiento; sea quien sea el lector, la prueba debe expresarse con la mayor claridad posible y, para lograrlo, el escritor debe comprender la lógica de la demostración.

Centrarse en la estructura lógica es un primer paso importante para abordar la pregunta ¿Por dónde empezar? Además, uno necesita saber el significado preciso de las palabras, en lugar de sólo la “idea general”. Por ejemplo, un *teorema* es un enunciado matemático que se demuestra mediante un razonamiento matemático. Un sinónimo de *teorema* es la *proposición*. Sin embargo, en los trabajos de matemáticas, el término *teorema* normalmente se reserva para los resultados más importantes, mientras que *proposición* se utiliza para otros resultados interesantes pero generalmente menos importantes.

Verificar que una afirmación matemática es falsa, implica proporcionar un ejemplo específico en el que la afirmación falla. Ese proceso se denomina *contraejemplo*, e implica observar que, resulta suficiente proporcionar un ejemplo para verificar que una afirmación general no es verdadera. Pero, si una afirmación es verdadera, entonces se requiere demostrarla. El proceso de aprender a encontrar una demostración y a reconocer cuando lo que uno ha escrito es una demostración correcta, es un proceso activo, y no pasivo.

Las matemáticas consisten en descubrir demostraciones y escribirlas de forma clara y convincente por lo que la carga de la comunicación recae sobre el que escribe, no sobre el lector; es su trabajo explicar sus pensamientos; no es el trabajo del lector adivinarlos a partir de algunas pistas. El autor está tratando de convencer a un lector escéptico que no le cree, por lo que necesita argumentar con una lógica hermética, en un lenguaje claro como el cristal; de lo contrario, el lector seguirá dudando.

Si un estudiante no escribió algo en el papel, entonces: (a) no lo comunicó, (b) el lector no lo aprendió, y (c) el calificador puede asumir que el estudiante no tiene firme el conocimiento en primer lugar. Además, es importante que un estudiante conozca la diferencia entre *proposiciones* y *objetos*. Un *objeto matemático* es una cosa, un sustantivo, como un conjunto, un elemento, un número, un par ordenado, un espacio vectorial, etc. Los *objetos* existen o no existen. Las *proposiciones*, por otro lado, son oraciones matemáticas: son verdaderas o falsas. Esas ideas, colocan el acento en algunos de los rasgos característicos de la matemática.

La mejor aplicación que podemos hacer de las matemáticas, es usarlas para cultivar una actitud *activa* y *proactiva* entre los estudiantes, que permita desarrollar y fortalecer la capacidad de criticar, analizar, sintetizar, generalizar y particularizar las ideas, sin despejarlas de su verdadero contenido, siempre en busca del conocimiento. El desarrollo del método de razonamiento lógico, es importante en la vida diaria de todos, y esencial para aplicarlo en otras áreas del conocimiento. Aprender a usar el lenguaje y la notación matemática, así como

comunicar ideas matemáticas de manera correcta y precisa, debería ser uno de los beneficios de impartir cursos de matemáticas, dado que la mayoría de los estudiantes, bien podrían no utilizar más, la mayor parte del contenido del curso.

En México, existen diversas instituciones académicas que ofrecen programas para estudiar matemáticas, por ejemplo, sin ser exhaustivo: el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el Centro de Investigación en Matemáticas, AC., la Universidad Autónoma de Yucatán , entre otras.

**" Cuanto más sabes, más te das cuenta de lo mucho que no sabes..."**

Anónimo

## **Para conocer más, consulta:**

- 1)** Smilka Zdravkovska

*Golden Years of Moscow Mathematics*

American Mathematical Society; Annotated edition (1993)

- 2)** Maurice Mashaal

*Bourbaki: A Secret Society of Mathematicians*

American Mathematical Society (2006)

- 3)** Morris Kline

*Mathematics: The Loss of Certainty*

Oxford University Press; Reprint edition (1982). (Galaxy Books) Reprint Edition

- 4)** Morris Kline

*Why Johnny Can't Add: The Failure of the New Math. Paperback – January 1, 1974*

Random House Inc (1974)

- 5)** Ian Stewart

*Letters to a Young Mathematician*

Basic Books (2007)

- 6)** What Is Mathematics?: An Elementary Approach to Ideas and Methods

*Courant Institute of Mathematical Sciences Richard Courant, Herbert Robbins, and Ian Stewart*

Oxford University Press; Edición 2nd ed. (1996)

### **Nota histórica...**

*El axioma de las paralelas o, como a menudo también se le conoce, del quinto postulado de Euclides (en otras ediciones de los Elementos es el Axioma XI) se suele enunciar del siguiente modo:*

*«Por un punto exterior a una recta se puede trazar una y sólo una paralela a dicha recta».*

*Recordamos que una recta es paralela a otra si ambas están en un plano y no se intersectan). Euclides probó la existencia de rectas paralelas sobre la base de su axioma de las paralelas y los demás axiomas. Por lo que la teoría de las rectas paralelas, basada en el Postulado V, se convirtió en objeto de comentarios y críticas.*

*Ya desde la antigüedad se hicieron intentos de cambiar la definición de rectas paralelas; de modificar la definición del postulado mismo. Se hicieron dos tipos de intentos. El primero consistió en sustituir el axioma de las paralelas por un enunciado aparentemente más evidente. El segundo tipo de esfuerzos consistió en tratar de deducirlo de los otros axiomas de Euclides; de esta forma, el quinto postulado se convertiría en un teorema y dejaría de ser cuestionado.*

*A comienzos del siglo XIX el problema se encontraba en la misma situación que en la época de Euclides. La teoría de las rectas paralelas se convirtió, a lo largo del siglo XIX en uno de los principales problemas de la geometría.*

*La solución fue dada, por primera vez, por N. I. Lobachevski, profesor de la Universidad de Kazan en 1826. La primera conclusión a la que llegó fue que el Quinto Postulado no se puede probar. La segunda conclusión, que sobre la base de la proposición opuesta se puede desarrollar una cadena de consecuencias, es decir, teoremas, que no contienen contradicción alguna. Estas consecuencias forman por derecho propio una teoría no contradictoria.*