

---

---

## FISIOLOGIA MATEMATICA

*Profesor, A. M. Barriga Villalba*

Galantemente invitado por el ilustre profesor Alfonso Esguerra, ensayaré mostrar a ustedes la importancia de la Fisiología, como ciencia exacta.

A manera de prólogo vamos a definir la posición del hombre como animal superior, en el estricto terreno de la ciencia.

Un conglomerado de varios trillones de células en donde cada una representa un sistema de moléculas, se nos presenta como un edificio prodigiosamente complejo de electrones, que gracias a su forma particular de agrupación, gozan del privilegio particular de poder afirmar su existencia.

En lo que concierne al pensamiento, orgullo principal del hombre, las piezas fundamentales de la prodigiosa máquina biológica pertenecen a las células de la corteza cerebral. Es en esta parte donde se producen las reacciones químicas y las transformaciones de energía que dan lugar a lo que designamos por conciencia, de la cual solamente sabemos que es una función origen de las más altas manifestaciones del espíritu.

Es evidente que si las células del cerebro se encuentran por algunos minutos privadas del oxígeno químico, la conciencia se desvanece, y si los átomos de oxígeno faltan por un tiempo mayor, los cambios protoplasmáticos que se suceden harán que la conciencia desaparezca sin retorno....

El acto voluntario, orgullo del hombre, se reduce inevitablemente a una resultante de reflejos, como la luz que atrae el insecto, en las tinieblas de la noche o el rastro que sigue el perro en busca de su amo....

Somos prisioneros del ambiente y debemos asimilarlo para poder subsistir en la lucha universal que se llama la vida.

Por medio de la observación y de la experiencia, es posible descubrir las relaciones cualitativas o cuantitativas, que son los elementos primordiales de la ciencia. De las relaciones particulares, el espíritu humano se eleva a la ley general, y desde allí redu-

ce la complejidad aparente de los fenómenos a una simple fórmula, síntesis de un gran número de conocimientos.

Generalmente surge una teoría, que es una visión o contemplación del fenómeno, y entonces, se agrupan las leyes que lo rigen en forma de un enunciado general, casi siempre intuitivo, como una imagen, que es la forma que mejor capta la inteligencia del hombre.

En Fisiología no hay método general para buscar la verdad científica. Se adquiere como se pueda, pero es indispensable un entrenamiento especial para esta ciencia, donde no sólo es básico el perfecto conocimiento anatómico y mecánico, sino una natural disposición y habilidad, unidas armoniosamente a un bello carácter de voluntad. Por esta razón, los grandes descubrimientos no son la obra de los más eruditos, sino de aquellos que saben observar con interés.

Ningún estudioso podrá hacer obra útil si no está dotado de espíritu crítico y posee independencia espiritual. El mejor alumno, el hombre de ciencia de mañana, han surgido siempre del estudiante inconforme, iconoclasta, altivo y soñador. Ya OSTWALD lo dijo: "Los futuros investigadores de la verdad brillan entre aquellos alumnos que no entienden las cosas, porque son precisamente los únicos que tienen disposición para las ciencias".

Con una idea preconcebida se realiza una experimentación, con la mira de confirmarla o infirmarla, pero siempre, al período de experimentación debe proceder un período educativo y un trabajo de clasificación.

Como en todas las observaciones primitivas se emplean nuestros sentidos como instrumentos, es necesario que nuestras sensaciones adquieran valor científico por medio del control. El observador o experimentador puede recurrir al testimonio de otros individuos, pero es más exacto, y a veces necesario, que el fenómeno deje un trazo impersonal.

Por grande que sea la educación que hayan adquirido nuestros sentidos, tienen límites fatales fisiológicos. Para obviar esta gran dificultad, que mantuvo estancada la ciencia por muchos años, la inteligencia del hombre ideó dispositivos que interpuestos entre las cosas y nosotros amplifican nuestros medios naturales y agrandan nuestra esfera de acción.

La pupila, apenas de unos 3 milímetros, se puede convertir en un gigantesco ojo de cíclope; o podemos aumentar miles de veces el diámetro aparente de los objetos, y detalles y formas no sospechadas, nos son directamente observables en los mundos infinitamente grandes de los astros, o pequenísimos de las bacterias. Canalizando ciertas vibraciones podemos contar, no sólo los átomos de las moléculas, sino los electrones de los átomos, como si fueran las esferillas de un ábaco.

Podemos observar las cosas más allá de los cuerpos opacos, y materializando un rayo luminoso, dejar inscrito el ritmo eléctrico de los músculos, y por medio de metales sensibles, llegamos hasta conocer la dirección y ritmo de una vibración.

Es así como la química de los organismos se ha conocido, los orígenes de la célula somática se han hecho del dominio experimental, y en este hilo viviente, en el cual nosotros somos eslabones que no hemos muerto, conocemos plenamente el origen fisiológico de la vida.

Todavía gravitan pesadamente en el campo de la Fisiología, los conceptos metafísicos, que han sido la causa para que se le considere como una ciencia aparte, donde los fenómenos no se suceden en el espacio y en el tiempo, entre masas, en campos de fuerza, sino bajo un concepto director que se nos escapa a toda medida absoluta o relativa.

La fuerza vital es el manto de protección de la ignorancia, es la justificación de la imposibilidad para reducir a nuestra escala de medidas, muchos de los fenómenos de los seres vivos, que hoy por hoy, se nos presentan como fenómenos de muchas variables.

En cambio, hoy nos reímos de la pueril explicación de nuestros ancestrales, cuando aterrados, ante el hecho insólito de que una bomba aspirante no pudiera subir el agua sino hasta cierta altura, exclamaban llenos de unción, ¡LA NATURALEZA TIENE HORROR AL VACIO!; palabras más huecas que la misma falta de presión, que entonces no comprendían, porque ignoraban muchas cosas, y porque el concepto filosófico imperaba despóticamente sobre el concepto experimental, única base de nuestros conocimientos!

La Fisiología utiliza el lenguaje y los métodos de la Física para impersonificar los fenómenos de los seres vivos, hacerlos mensurables y obtener la impresión de la magnitud o de la variable en un tiempo dado. Es así como se han podido registrar y traducir a nuestra escala los fenómenos maravillosos de la cariokinesis, en donde el estado coloide juega un papel fundamental. El análisis espectrográfico por medio de los rayos X, de las sustancias protoplasmáticas indica una estructura miceliar orientada, hasta ayer desconocida, que prueba el fundamento de la explicación de la muerte cuando algún fisiólogo dijo: "morir es flocular". Aplicando a este estado la ley de Einstein y Mark se ha podido conocer cómo es la red que forma las moléculas de la materia viva su diámetro, su superficie y su volumen, fundamentalmente distintos de las características de los seres inertes.

El estudio de la ionización física de los medios vivos, ha dado plena luz a las reacciones que se suceden al nivel de la célula, los fenómenos de aglutinación, las reacciones coloidales de Wassermann y Vernes, la preparación de las antitoxinas, y toxinas, sue-

ros y medios de cultivo, fundamentalmente dependen del PH y punto isoeléctricos, que fueron una elegante aplicación de los logaritmos, en el caso particular de la presión osmótica, que ha venido a demostrar ser el mismo caso general de la ley universal de los gases perfectos, con la sola consideración de que el volumen del gas, se reemplaza por el volumen de la solución, estableciéndose la unión y armonía entre el mundo de la materia y el mundo vivo.

Un cierto momento de un día . . . unas cuantas células se agrupan, y a fuerza del rozamiento con el mundo exterior, durante miles de años, se especializan, hasta constituir un órgano rudimentario; y mediante incrementos sucesivos, la función termina por crear el órgano correspondiente. El conjunto de órganos formó los sistemas y aparatos complicadísimos de los seres superiores, cuyo funcionamiento, es precisamente el objeto de la Fisiología. Y para reducir al mundo real y llevar su estudio a nuestra escala, hacer mensurable su actividad y deducir las leyes, en beneficio de la vida humana, el fisiólogo aplica a sus estadísticas el cálculo de los grandes números, o por medio de sutilísimos mecanismos, sigue pacientemente el funcionamiento de un órgano, para aprisionar en una gráfica, o en las espiras de una curva geométrica, el fenómeno impalpable que se sucede silenciosamente, y sin apariencia de energía, entre los hilos sutilísimos de la red nerviosa.

La ley de superficie, en Calorimetría médica, la generalización de la ley de Mayer a los seres vivos, las leyes de la mecánica respiratoria y circulatoria, son una maravillosa victoria de las ciencias médicas.

Leemos en los aforismos de Hipócrates, que el hombre viejo tiene poco calor, porque consume poco fuego; sentencia que hoy sigue siendo la condición fundamental de la vida.

Desde Lavoisier se demostró cuantitativamente que el proceso del calor animal, era igual al de los fenómenos de oxidación química; Liebig comprobó la conversión de los alimentos en tejidos, y a pesar del descubrimiento del equivalente mecánico del calor por Joule, y de los trabajos de Pettenkofer, de Riesel y Regnault, no fué posible sacar del misterio el concepto médico del calor animal. Solamente en los últimos años se logró formar un criterio seguro en este campo y se pudo establecer con un sólido apoyo experimental y matemático, el concepto de metabolismo de base.

La idea de que el metabolismo debía ser proporcional a la superficie del cuerpo, fué de Sarrus y Rameaux, por allá en el año de 1838; pero el hallazgo de la ley, fué obra de Rubner y Richet.

El primer obstáculo, fué la valoración exacta de la superficie del cuerpo. Todos los procedimientos que se idearon, resultaron inadecuados, por el error que introducían en la medida, pero el problema quedó resuelto por medio de la relación, superficie-altu-

ra-peso, que se logró cristalizar mediante el cálculo matemático en una ecuación exponencial.

Sería imposible el estudio de la mecánica respiratoria, sin el concurso de las matemáticas, pues la masa de aire que un hombre normal pone en movimiento, depende del producto de dos grupos de condiciones: la cantidad de oxígeno que se consume y el anhídrido carbónico producido, y la relación entre la velocidad de oxidación y la ventilación. El factor dilución juega un papel principal en el equilibrio de la hemoglobina, en su doble función de alcali-hemoglobina para formar los bicarbonatos alcalinos, en el permanente transporte del ácido carbónico de la sangre.

Una serie de ecuaciones nos demuestra, que en el proceso de absorción pulmonar, la cantidad de gas inhalada es proporcional a la ventilación y a la concentración. El gas exhalado, en la unidad de tiempo, depende de la velocidad de la sangre, de la solubilidad, de la ventilación y de la mezcla que se encuentra en contacto con el epitelio pulmonar.

No se habría podido demostrar directamente sin el concurso del álgebra, que la cantidad de gas absorbida por litro de sangre, depende del volumen que fluye en los pulmones en un tiempo dado, como tampoco se habría podido deducir de ninguna experiencia, el cambio de gases en la sangre venosa, y sin conocer ciertos coeficientes no podría establecerse el porcentaje de saturación de un gas en la sangre, en un tiempo dado.

Es así como se ha podido valorar el gasto medio del ventrículo, el tiempo que duran las sustancias en difundirse en el organismo, el tiempo de absorción de los anestésicos, la duración de la eliminación de las sustancias químicas, y de una manera indirecta, la conductibilidad y demás constantes eléctricas del plasma, y la magnitud de las moléculas que pueden ser eliminadas por el riñón.

Las gráficas del neumógrafo que ustedes conocen bien, sirven no sólo para las características de frecuencia, velocidad y amplitud, sino para apreciar y medir el estado del sistema circulatorio y para comparar la potencia de los individuos, porque la superficie de las ondulaciones es absolutamente proporcional a la energía sostenida durante el ciclo.

El corazón, máquina primordial de la vida, y en todos los tiempos símbolo fundamental de la acción y de la pasión humanas, ha necesitado toda una mecánica circulatoria y el concurso de la física y de la química, para explicar la complejidad biológica de su función.

El tipo de circulación venosa y la forma de la circulación arterial, sólo se encuentran en los seres vivos superiores de gran especialización. Los más delicados métodos, las técnicas más refinadas, han agotado los fisiólogos para llegar a una traducción de es-

tos fenómenos, muchos de ellos, estudiados a base de cálculo matemático, o por medio de una geometría analítica especial, o por el empleo de ligamentos particulares, que dejan impresa la historia precisa del fenómeno.

El gasto, frecuencia, amplitud, velocidad, ritmo, trabajo, fuerza, tensión, potencia, energía, todos son valores conocidos y mensurables, en esta nueva mecánica, que el fisiólogo se esfuerza en llevarla desde el limbo del laboratorio, hacia la clínica, en un gesto permanente, por conocer la personalidad humana, y evitar el dolor en las horas tristes.

El electrocardiógrafo, instrumento de uso popular, es de una base matemática formidable. Desde la simple ecuación que da a conocer el período de oscilación del hilo, hasta la expresión integral de la cantidad de electricidad que desde el corazón lo mueve, se corre por entre series de ecuaciones diferenciales. La traducción de la curva ondulatoria, y la base de la teoría del aparato son puramente matemáticas, y ha sido trabajo de mucho tiempo y de varios colaboradores, desde el día en que Marey, por allá en el año de 1876, empleó por primera vez el electrómetro capilar de Lippmann, para medir la corriente eléctrica del corazón de una rana.

El análisis gráfico es el método que desde Marey, ha servido en Fisiología, para el estudio fecundo de los fenómenos. Cuando las curvas que se obtienen se pueden reducir a una ecuación, la ley del fenómeno queda determinada, y las aplicaciones son inmediatas. Si la gráfica no tiene una traducción algebraica inmediata, se puede interpretar con un criterio geométrico; por este camino, el fenómeno que representa encuentra siempre una traducción matemática. Si la curva no sigue aparentemente, ley especial, como algunos valores de estadísticas, entonces sus características de superficie, altura o curvatura son muy importantes para establecer las relaciones.

El método gráfico, ha venido a ser el detector fundamental del fenómeno fisiológico, y ha sido con él, como muchas de las manifestaciones vitales se han podido representar en fórmulas impersonales. El laboratorio de Fisiología ha situado a la Medicina en el campo científico que le corresponde, al mismo tiempo que ha acabado para siempre con el concepto misterioso de los fenómenos de los seres vivos.

Es notable e ingenioso el cálculo que dió a conocer el ritmo y potencia de las contracciones uterinas, las bases matemáticas del estudio experimental de la permeabilidad renal, el establecimiento de la ley de la fatiga muscular y de la cronaxia; la ley de acción de masa en las funciones de asimilación, la función exponencial en las radiaciones radioactivas de las células vivas; los sugestivos campos de inducción de la energía vital y las ecuaciones de la asi-

milación funcional. No podemos prever hasta qué límites llegará a modificar la personalidad humana el fenómeno fisiológico dentro del cuadro del lenguaje matemático.

Sólo se alza majestuosa una incógnita en las fronteras del cerebro, como un desafío permanente entre este mundo tangible de los fenómenos biológicos y el universo del intelecto y de la volición, y ante la imposibilidad irreversible de hoy, las bellísimas y sutiles alas de la imaginación, forjaron los sistemas filosóficos, para saciar la sed en lo desconocido y para creernos inmortales, porque esta inteligencia del hombre, que se origina en las reacciones de las células, y se exterioriza en el esplendor de la verdad, no se conforma con morir, como todos los seres del universo.

Y en verdad el filósofo tuvo razón... todos los integrantes simples del hombre, son cuerpos químicos inmortales que no se pueden destruir porque la materia es eterna.