

## RIGOR - LA ESENCIA DEL QUEHACER CIENTIFICO

**Prof. Jorge E. Allende**

Hace algunos meses leí una nueva biografía de Leonardo Da Vinci y uno de los hechos que más me llamó la atención sobre este gigante del Renacimiento fue que uno de sus lemas favoritos era "Ostinato Rigore".

Sin duda que esa idea de intransable rigor marcó la vida del genial artista, científico e ingeniero hidráulico y militar. Leonardo buscó la perfección y la belleza con una obstinación que le causó grandes sufrimientos y que limitó el de todas maneras increíble número de sus obras.

Podríamos proponer una definición que dice que el rigor consiste en la aplicación disciplinada de la razón a temas del conocimiento y o la comunicación.

El rigor es muchas cosas. Es insatisfacción con la incertidumbre, con las respuestas inexactas, con las mediciones poco precisas, con la amplitud del más y del menos.

El rigor también es metódico, apego al procedimiento experimental, exigencia al control de todos los parámetros que pueden incidir en el resultado de nuestros ensayos.

Pero el rigor es también apego a la verdad, es desnudarnos de nuestros prejuicios y entusiasmos cuando interpretamos nuestros resultados, es buscar todas las posibles explicaciones de lo que observamos, es aceptar un resultado que demuestra la falacia de nuestra más querida hipótesis.

Rigor es una actitud que se contrapone a las debilidades de la naturaleza humana, no permite la pereza, la falta de atención, la aceptación del método inexacto, las conclusiones infundadas, no permite el aceptar la opinión preponderante a pesar de la falta de datos que la sustenten. Un famoso bioquímico, el Dr. Efraim Racker, una vez dijo "no hay nada más triste que un dato experimental feo destruya una bella idea". El rigor nos exige que aceptemos la destrucción de esa bella idea.

El rigor está en la esencia del quehacer científico, en cada una de las etapas de un trabajo de investigación. El rigor implica una manera estructurada y controlada de planificar, desarrollar, analizar y evaluar nuestras investigaciones y un cuidado especial en adaptar la presentación de los resultados a las demandas del auditorio a quien le comunicamos estos resultados de nuestras investigaciones.

Revisemos paso a paso las etapas de la investigación y como el rigor influye en ellas.

Las investigaciones se inician con preguntas que nos hacemos sobre el universo, sobre los seres humanos, sobre la naturaleza que nos rodea. Las preguntas de las ciencias difieren de las que se hace el filósofo o el teólogo por el hecho que las preguntas del científico pueden y debieran tener respuestas experimentales.

En la formulación de la(s) pregunta(s), el rigor está precisamente en llegar a una precisión de las preguntas tal que nos permita imaginarnos experimentos que las puedan contestar. No es suficiente preguntarse ¿Por qué ocurre el cáncer? Hay que usar toda la información disponible y descomponer esa pregunta grande en una serie de otras preguntas relacionadas que permitan obtener respuestas claras. Por ejemplo ¿Por qué una mutación en la serina 45 de la proteína beta catenina se encuentra con frecuencia en muchos tumores?

Al formular esa pregunta, el científico riguroso tendrá una hipótesis, una posible respuesta que puede ser comprobada experimentalmente y que contestará la pregunta. Por ejemplo: "la serina 45 de la beta catenina un sitio de fosforilación de una proteína quinasa.

Cuando se impide esta fosforilación por mutación, se estimula la división celular y como resultado el cáncer." Esa sería nuestra hipótesis.

La rigurosidad nos exige que planteemos un proyecto con todos los experimentos necesarios para contestar la pregunta enfocada desde nuestra hipótesis que tiene que ser comprobada o demostrada errada.

El ser riguroso en la formulación de un proyecto de investigación científica implica muchos aspectos. Un aspecto clave es elegir preguntas e hipótesis que sean contestables experimentalmente en el tiempo y con los medios requeridos en el proyecto. Otro aspecto fundamental es el rigor en la cobertura de los antecedentes bibliográficos que existen, mencionando tanto los que favorecen nuestra hipótesis como aquellos cuyos datos no concuerdan con nuestras ideas.

En la parte metodológica, la elección de los métodos más apropiados para hacer los experimentos requiere de gran rigurosidad. Si se adopta un modelo biológico para nuestros estudios de cáncer, tenemos que preguntarnos cuan válido es este modelo ¿podrán los resultados ser extrapolados al cáncer que ocurre en humanos? Se deben elegir los métodos que miden lo que nosotros queremos medir con la mayor precisión posible.

Es siempre bueno y riguroso plantear metódicas alternativas para tener comprobaciones independientes de artefactos que puedan resultar de las metódicas y técnicas usadas. En la formulación de un proyecto hay que plantear diversos enfoques y ponerse en las diferentes alternativas de los posibles resultados. No se puede construir un proyecto de 3 o 4 años de trabajo que dependa totalmente de que el primer experimento nos dé un resultado positivo.

Otro aspecto que requiere gran honestidad y rigurosidad es precisamente la evaluación de los proyectos de investigación presentados por nuestros pares. Somos jueces que decidimos sobre el financiamiento de proyectos del que dependen carreras de académicos y estudiantes y que pueden generar importantes avances del conocimiento.

Tenemos que olvidarnos de nuestras amistades y enemistades, de las competencias entre Facultades y Universidades y rigurosamente analizar el proyecto en su contenido científico, en su relevancia y en la rigurosidad de los planteamientos de los autores. Cada alabanza y cada crítica que hacemos en esas evaluaciones debiera estar bien fundamentada.

Una vez aprobado el proyecto y entrando en su ejecución, de nuevo necesitamos rigurosidad.

El ejercicio más creativo y más personal del investigador científico es el diseño de los protocolos experimentales. Como el pintor elige sus pinceles y colores, el investigador elige el número de muestras, la variación en los componentes, los ensayos que sirven de control negativo, los que actúan como controles positivos que demuestran que todo funciona en el ensayo como se espera.

Al igual que en el arte hay protocolos rústicos, barrocos, surrealistas e impresionistas. Es magnífico que la personalidad se manifieste. Luis Federico Leloir, el gran Premio Nobel Argentino, nos contó que todos sus experimentos contaban sólo con 3 tubos de ensayo: un control y dos muestras experimentales y así descubrió el mecanismo de la síntesis del glicógeno y ganó el Premio Nobel de Química. Los jóvenes tesistas, generalmente, quieren contestar todas sus preguntas de un golpe y hacen experimentos con una centena de tubos. En todo caso la rigurosidad del protocolo se refleja en el hecho que todo el diseño debiera perseguir el ideal de una respuesta unívoca. Una contestación clara y rotunda que nos diga si o no a nuestra pregunta. Al igual que con la belleza que persiguen los artistas, este ideal de la respuesta clara y unívoca es escurridizo y se nos escapa de las manos.

Siempre encontramos que el protocolo dejó una puertecilla abierta o un control que faltó y tenemos que volver a intentarlo con mayor rigor hasta que poco a poco vamos sacando trocitos de la verdad que perseguimos.

El análisis de los resultados es otro punto que exige rigor. ¿Cuan creíbles son? ¿ Cuán reproducibles son? ¿Cuán general o específico? ¿Cuán estadísticamente significativos? ¿Qué posibles interpretaciones se sustentan en esos resultados? ¿Hay algunos otros experimentos que nos permitan discriminar entre esas interpretaciones?

Llegamos a la etapa crítica en que debemos comunicar lo nuevo que hemos aprendido con nuestras investigaciones. Hasta el momento, ha sido un ejercicio personal, una lucha secreta para extraer una joya, una verdad nueva e ignota del vientre de la naturaleza.

Pero, para ser verdaderamente investigación debe ser comunicada y puesta en una vitrina visible a nuestros pares científicos para que la examinen, la analicen, la comprueben.

Generalmente, antes de publicarla, antes de ponerla en esa vitrina mundial, es útil y riguroso mostrar nuestros resultados más en privado a otros colegas amigos. Esto puede tener varias formas, por ejemplo, un Seminario Departamental en el que presentamos oralmente, una consulta privada a un amigo que está en el mismo campo del saber. Algo mucho más avanzado, pero todavía preliminar, puede ser una comunicación libre en un Congreso Nacional o Internacional.

Para hacer esas presentaciones, donde se puede recoger muy buena crítica, sin embargo es estratégico estar muy listo para enviar un manuscrito pues mucha gente sabrá de nuestros resultados y algunos colegas poco éticos tratarán de publicar resultados similares.

El destino final de las investigaciones científicas son las publicaciones y por naturaleza de este encuentro, me imagino que es el tema sobre el rigor que más les interesa a Ustedes.

¿Por qué la comunicación? En ciencia, la comunicación es fundamental ya que es la interfase entre el o los autores investigadores y el resto del mundo. Mientras no se comuniquen, los resultados de la investigación son nulos, no hay aporte al acervo cultural de la humanidad, las respuestas a nuestras preguntas que surgieron de los experimentos realizados son solamente anecdóticos.

Esta comunicación tiene que ser rigurosa para poder cumplir con el objetivo principal de las publicaciones, exponer nuestros resultados al análisis crítico de nuestros pares científicos, permitiendo que nuestras experiencias se comprueben y amplíen por otros investigadores que trabajan en proyectos similares. Esto define los términos de la rigurosidad de un trabajo y al mismo tiempo define también lo que es un trabajo científico. Hace algún tiempo discutíamos la inclusión en los CV las publicaciones de 1 página o menos, o de resúmenes de reuniones científicas.

En general, publicaciones muy breves, aunque sean en revistas con Comités Editoriales reputables, no pueden considerarse como tales ya que no cumplen con el pre-requisito indispensable de ofrecer suficientes detalles sobre la metódica y materiales usados para permitir que otras personas, con la formación adecuada, sean capaces de repetir nuestras experiencias. Eso nos alerta en contra de la tendencia actual de muchas revistas a minimizar la sección "material y métodos".

Obviamente que en el caso de "Abstracts" de Congresos, estos además no cumplen con otro requisito indispensable que es haber sido revisados y aprobados por un Comité de Pares del Comité Editorial.

Aunque el Congreso tuviera ese Comité, un "Abstract" de 200 palabras no puede ser seriamente evaluado en cuanto al rigor científico del proceso de investigación y de su análisis de resultados.

Veamos nuevamente cada uno de los componentes de una publicación científica y como el rigor incide en ellos:

El título debe reflejar brevemente la esencia de los resultados del trabajo. La rigurosidad está en restringir el "mercadeo" que quisiéramos hacer de nuestro trabajo para atraer a muchos lectores. En las ciencias hay palabras y áreas que están de moda, que atraen atención, que "venden" mejor que otras que ya no están bien catalogadas.

Muchas veces, un título nos atrae, creemos encontrar en el trabajo la solución a muchas de nuestras interrogantes. Al leer el trabajo, sin embargo, nos damos cuenta que los verdaderos aportes son muchos más modestos y que el título "sobrevende" el trabajo real. Claramente se faltó a la rigurosidad.

En la primera página también encontramos la lista de autores. La ética y la rigurosidad requieren que estén todos los que han contribuido significativamente al trabajo desde el punto de vista intelectual. Los autores son co-responsables de todo lo que contiene una publicación y debieran compartir un conocimiento adecuado de su contenido.

Una regla general es que cualquiera de los autores debiera ser capaz de presentar un seminario de media hora sobre el contenido de la publicación. Si uno de los autores no es capaz de hacerlo, es justo preguntarse si realmente debería incluirse entre los autores. Claramente, personal técnico, que juega un papel fundamental en la ejecución de experimentos, no debiera ser incluido si no ha hecho aportes intelectuales al diseño de los protocolos y a la interpretación de los resultados.

La "introducción" debe darle al lector una visión resumida de lo que se sabía en el campo previo a la publicación, reconociendo el aporte significativo de otros grupos mediante las correspondientes citas bibliográficas. En esta parte del manuscrito es también necesario plantear la pregunta que nos hicimos y brevemente anunciar los resultados que vamos a presentar a continuación.

La sección de "material y métodos", como ya se expresó, tiene que ser rigurosa en ofrecer todo el detalle experimental necesario para permitirle a otro científico, con la infraestructura y el conocimiento necesario, repetir nuestras experiencias.

La sección "resultados" es claramente la más importante del trabajo. El rigor en su presentación requiere que se informe el número de veces que se repitió el experimento y la variabilidad obtenida en los resultados. Es fácil engañar al lector poco experimentado, jugando con las escalas de las figuras pero esos juegos faltan claramente contra el rigor.

Nuevamente, las leyendas de las figuras y tablas requieren que se incluya todo el detalle de las variables utilizadas, de las concentraciones de los componentes y que estas se expresen en valores que sean independientes de las condiciones especiales en que se realizan nuestros experimentos (por ejemplo las cuentas de radioactividad por minuto dependen de la eficiencia de nuestro contador, etc).

En la sección de "discusión", la rigurosidad implica presentar claramente una interpretación objetiva de los resultados. Decir en que medida se ha avanzado en el conocimiento, incluyendo las diferentes interpretaciones que nuestros resultados tienen. Es lícito elucubrar sobre los posibles significados de dichos resultados pero debemos separar claramente lo que consideramos demostrado sólidamente de lo que es mera especulación de nuestra parte.

Si nuestros resultados difieren de otros reportados por otros autores es nuestro deber señalarlo y ser muy cuidadosos y respetuosos al buscar posibles explicaciones para las discrepancias.

En las "referencias bibliográficas" es nuevamente de rigor que se citen correctamente los trabajos que son relevantes en el campo de nuestra publicación. Es necesario que también moderemos la natural tendencia a la autocita, que se usa para magnificar las contribuciones que nuestro grupo ha hecho al campo. Algunos autores incluyen en sus citas a todos los trabajos que antes han publicado, aunque estos tengan poco que ver con el tema del manuscrito.

Pero el rigor científico en las publicaciones no está sólo del lado de los autores de los manuscritos sino que requiere igual esfuerzo por parte de los Comités Editoriales al que son presentados.

Un manuscrito es el fruto de un enorme y sacrificado trabajo de un grupo de personas. La mayoría de los manuscritos científicos incluyen en forma invisible años de trabajo y de sacrificios de tesis e investigadores, muchas horas de pensamiento y reflexión, muchos fondos gastados en materiales, equipos y reactivos. Junto con las hojas o con los bits que llegan a la oficina editorial de la revista, vienen esperanzas y ambiciones de ese grupo de autores de obtener un título, o grado, de ganar una beca o proyecto, o de ser promovido en su carrera académica y desde luego también de haber aportado al conocimiento en ese campo.

Es una gran responsabilidad para los editores brindarle a ese manuscrito una evaluación justa y rigurosa porque por otro lado está el deber de mantener la seriedad de la ciencia y su credibilidad. Todo el edificio magnífico de la ciencia y sus conquistas extraordinarias requieren de que los conocimientos publicados en las revistas reconocidas sean confiables y serios.

Todos los que llevamos muchos años en este oficio, hemos perdido con frecuencia mucho tiempo y esfuerzo tratando de repetir sin éxito algunos experimentos publicados en buenas revistas. No hay mejor manera para evaluar manuscritos que enviárselos a pares expertos en el campo. Afortunadamente la gran mayoría de ellos hace un esfuerzo notable por emitir una opinión balanceada y constructiva de los manuscritos revisados. Es mi experiencia, que en casi todos los casos, los evaluadores que han hecho críticas a mi trabajo han tenido mucha razón y que han contribuido a que esos trabajos salgan mejorados. Pero, evidentemente, que los pares son humanos y como tales tienen sus prejuicios y limitaciones.

Estoy convencido que los trabajos que vienen de Chile o de otro país del tercer mundo son revisados por la mayoría de los editores con una actitud diferente a los que se presentan desde Harvard, Cambridge o la Universidad de París. Eso nos duele, pero lo entendemos pues nosotros mismos miramos con diferente grado de credibilidad a los trabajos que nos llegan de África, Asia, u otro país latinoamericano comparado con los que vienen de los países más desarrollados.

En general, mi experiencia como Editor, es que estos prejuicios se balancean cuando uno pide opiniones a varios pares evaluadores. Evidentemente que hay casos en que los revisores de manuscritos no cumplen bien con su trabajo y emiten juicios sin haber leído dicho manuscrito. Todas las revistas deberían tener listas negras de este tipo de revisores que faltan al más elemental rigor científico y que seriamente perjudican a personas.

Al leer algunos trabajos sobre el rigor científico me encontré con la sorpresa de que había un cierto debate sobre la relación entre rigor y relevancia. Algunos han llegado a plantear que existiría una dicotomía entre los dos términos que definiría que entre más relevancia tenga un trabajo menor debería ser el rigor exigible. Otros plantean que ambos componentes son indispensables para que los productos de las investigaciones sean útiles o usables.

Francamente entendí poco el debate y creo que es simplemente algo de semántica sobre el significado del término "relevancia".

También hay en ese debate confusión sobre lo que es la ejecución de un proyecto de investigación y lo que implica su comunicación.

Si interpretamos la palabra relevancia como adecuación a los intereses de los destinatarios de la comunicación de un trabajo científico, podemos entender que hay diferentes grados de rigor en la comunicación de un trabajo científico.

Claramente un trabajo científico, por ejemplo sobre cáncer y algunos mecanismos moleculares que los subyacen debe ser ejecutado con el máximo rigor científico. Sin embargo, el rigor de la comunicación va a ser muy diferente cuando ese mismo trabajo se le envía a una revista especializada (ej. Cancer Research), cuando se presenta como parte de un simposio sobre cáncer o cuando se le presenta como charla de difusión a un público general.

El rigor del detalle de la metodología, los controles y todo el resto va a ser muy diferente. Este es un punto importante que tenemos que tener en cuenta en definir la línea editorial de nuestras revistas.

Si son revistas altamente especializadas, los editores que son sus porteros, deben fijar un alto grado de rigor como requisito en los manuscritos porque sus lectores son gente del campo que quiere saber todos los detalles. Las revistas que se concentran en artículos de revisión de temas más generales, serán menos demandantes en técnicas y metódicas, enfatizando las ideas más integrativas del campo.

Debemos estar concientes que aún el rigor en la ciencia puede exagerarse y llevarse a extremos paralizantes. Hace años, yo conocí a una persona con una excelente formación, pero en ese entonces ya de edad avanzada, que era tan cuidadoso que para pesar cualquier cosa, dejaba el reactivo en la balanza analítica dos horas para que tomara la temperatura de la balanza. Después resultaba que su deficiente vista no le permitía ver bien los números de la balanza. En los años que lo conocí, nunca llegó a completar un experimento.

Pero la mejor historia sobre los límites de hasta donde puede llegar el Rigor en Ciencia es de Jorge Luis Borges en uno de sus Cuentos Extraordinarios que se titula precisamente Rigor en Ciencia y cito.

"En ese Imperio, el Arte de la Cartografía alcanzó tal perfección que el mapa de sólo una Provincia era del tamaño de una ciudad, y el mapa del Imperio, ocupaba toda una Provincia. Con el tiempo, esos mapas no satisficieron, y el Colegio de Cartógrafos creó un Mapa del Imperio que tenía el mismo tamaño del Imperio y coincidía con este punto por punto. Las generaciones posteriores, menos adictas al estudio de la Cartografía, comprendieron que ese mapa tan inmenso y completo era inservible y sin piedad lo abandonaron a las inclemencias del sol y de los inviernos. En los desiertos del Oeste, algunos raídos restos del mapa permanecieron habitados por animales y mendigos, mientras que en el resto del país no quedan más reliquias de las Disciplinas de la Geografía".

Suárez Miranda - Viajes de Varones Prudentes  
Libro Cuarto, Capitulo XLV, LZrida, 1658

No quiero terminar sin mencionar un aspecto fundamental sobre el rigor en la ciencia. Esto es como uno de los valores formativos más importantes que la ciencia puede entregar a la Sociedad.

Estamos en un momento en que hay un debate abierto sobre la relación entre ciencia y sociedad. Ese debate trata de definir un nuevo contrato entre la ciencia y la sociedad en momentos en que la ciencia y su producto, que es el conocimiento, tiene un enorme impacto sobre el desarrollo socio-económico de los pueblos.

En ese nuevo contrato, la sociedad le otorga a la ciencia y a los científicos libertad para investigar en los temas que indiquen su curiosidad con el sólo límite de la ética de su cultura. Además la sociedad nos otorga recursos financieros y humanos para llevar a cabo esas investigaciones y nos da un cierto grado de reconocimiento.

¿Qué entregamos nosotros a cambio?

Obviamente aportamos los conocimientos que nuestras investigaciones generan. Algunos de estos conocimientos son rápidamente aplicables y generan nuevas tecnologías, mejores y más competitivos productos. Otra parte del conocimiento no es todavía aplicable y sirve para aumentar el acervo científico y cultural de la humanidad.

Pero hay otra contribución que la ciencia puede dar a la Sociedad que no es menos valiosa. Esa contribución se entrega mediante la educación en ciencias de los niños y jóvenes en las escuelas y liceos.

Una buena educación en ciencias, una educación que no se centre en enseñar ecuaciones, formulas o definiciones sino que haga que los alumnos redescubran los fundamentales principios de la ciencia mediante la propia indagación puede hacer una enorme contribución a la sociedad. Esa contribución consiste en transmitirle a los niños, a los futuros ciudadanos, la manera de enfrentar el mundo y sus problemas con los valores de la ciencia.

Esos valores, la búsqueda de la verdad, el rigor en sus preguntas y en las demostraciones y la irreverencia con los dogmas y con la autoridad por la autoridad, contribuirán a hacer a nuestros ciudadanos y a nuestras sociedades más libres, más progresistas, más capaces de resolver sus problemas.

El rigor científico es un valor que debiera penetrar nuestro pensamiento cotidiano, nuestros medios de comunicación, el discurso de nuestros políticos y la totalidad de nuestra cultura.