

## Cuaderno N° 63, edición 2021

### Leer y escribir sobre ciencia

"La lectura produce personas completas; la conversación, personas dispuestas; y la escritura, personas precisas" (Francis Bacon).

#### Leer y escribir sobre ciencia

El conocimiento científico es resultado de la acumulación de contribuciones de muchos investigadores a lo largo del tiempo. Normalmente, progresa a pasos pequeños, con nuevos conocimientos que se construyen sobre los aportes de investigaciones previas. El progreso en el conocimiento se acelera si existe una manera de registrar y comunicar los resultados de nuevas investigaciones, para ponerlos al alcance de otros científicos. Los reportes escritos existen por largos períodos y pueden ser transmitidos y utilizados por otras personas con importantes beneficios para el progreso del conocimiento.

El lenguaje en la ciencia se convierte en un recurso fundamental, no sólo como medio de expresión de las ideas, sino también como medio para su construcción. Hoy, estamos viendo "en vivo y en directo" cómo la ciencia va construyendo el conocimiento, al ver cómo se va conociendo el virus del coronavirus a medida que se lo va investigando y estudiando. Esta es una experiencia única. Lo que en otras circunstancias quedaba dentro de los ámbitos científicos, ahora está en el tapete, en todos los medios, en nuestras conversaciones. Palabras como "paper", "fase 1, fase 2", "pre-print" y otras pasaron a ser parte de nuestra vida diaria. Es como si hoy la ciencia estuviese en "la casa de Gran Hermano", en un ["reality show"](#). Es por eso que este cuaderno busca ser una primera aproximación a enseñar qué es la literatura científica, cómo se hace y cómo comunican los científicos sus hallazgos.

#### Los inicios de la comunicación científica

Desde los albores de la ciencia los investigadores consideraron la discusión y la divulgación de ideas como un motor esencial del progreso científico. Así, pensadores de la antigua Grecia y Oriente Medio acostumbraban reunirse para discutir los avances que se habían producido en distintos campos del saber. Ya en el siglo XVII, se inicia formalmente la literatura científica con la publicación, casi simultánea, de la *Philosophical Transactions of the Royal Society* de Londres y del *Journal des Sçavants* de la Academia de Ciencias de París. Hasta ese momento los científicos comunicaban sus resultados por medio de cartas, manuscritos y ediciones limitadas de libros, tratados o fascículos que circulaban entre sus colegas para hacerse llegar ideas o resultados interesantes.

A partir del siglo XVIII las reuniones de investigadores cobraron mayor relevancia con el fomento de los primeros congresos, simposios y trabajos en equipo en las distintas disciplinas de las ciencias naturales, además de la formación de las sociedades de investigación. Los "journals," o revistas científicas, fueron rápidamente adoptados como el medio idóneo para comunicar nuevos resultados. Numerosas asociaciones de investigadores se vieron inspiradas a iniciar sus propias publicaciones, iniciándose con esto una tradición de largo alcance.

#### Comunicación formal e informal

Los investigadores siguen intercambiando ideas e información sobre bases informales durante congresos y conferencias, en seminarios y visitas mutuas o por correspondencia privada. Estas actividades son esenciales para los científicos y para el buen desarrollo de la ciencia porque proveen de un mecanismo preliminar para poner a prueba las ideas y para estimular nuevas direcciones de pensamiento.

Sin embargo, la ciencia no podría progresar exclusivamente mediante este sistema informal de comunicación. En primer lugar, porque el intercambio de información es preliminar, todavía sujeto a verificación, y muchas de estas discusiones e interpretaciones son especulativas. En segundo lugar, el intercambio informal no queda registrado y aún si así fuera, sería difícil, si no imposible, recogerlo para que fuera definitivo. Finalmente, este tipo de comunicación está restringida a aquellos científicos que estén presentes y, entonces, la circulación de las ideas sería limitada si éste fuera el único medio de comunicación.

La necesidad por comunicar con mayor alcance llevó a lo que se conoce como el “**paper**” o artículo científico, una descripción detallada y completa de una pieza definitiva de la investigación que contribuye con conocimientos específicos nuevos en el campo. En contraste con el carácter libre y desestructurado del sistema de comunicación informal, este sistema formal, dado por la publicación de artículos científicos en revistas, tiene algunas condiciones diseñadas para mantener cierto orden y confiabilidad, así como para constituir un registro continuo y accesible del avance del conocimiento. La publicación de *papers* permite la circulación rápida de ideas e información a través de la comunidad científica en donde son verificadas, probadas y debatidas.

Las condiciones requeridas para la publicación de un artículo científico son:

1. Debe reportar un avance específico e identificable del conocimiento, algo nuevo que no haya sido publicado antes.
2. No debe exponer nada que no pueda ser sustentado.
3. Debe ser lógicamente consistente.
4. La investigación reportada en un artículo debe ser comprobable y repetible por otros estudiosos interesados en el tema referido.

5. Debe haber referencias a los trabajos previos de los que depende la investigación.
6. El artículo debe ser accesible para todos los interesados, que cualquier biblioteca o científico lo pueda obtener a través, por ejemplo, de una suscripción, o mediante un pedido al autor.

### Las revistas de investigación

Las **revistas de investigación** constituyen el núcleo de la literatura científica. Publican trabajos inéditos y originales (que constituyen una contribución al conocimiento) y son parte integral del proceso de investigación científica.

Actualmente, es difícil saber cuántas revistas de investigación hay, pero se estima que se publican en el mundo unas 30 mil revistas científicas.

Por razones históricas, el panorama mundial de la literatura científica, está mayoritariamente dominado por las revistas dedicadas a las llamadas “ciencias duras”, desarrolladas en los países industrializados. Menor, aunque de todas formas importante, es el desarrollo de las revistas dedicadas a reportar el avance de las ciencias sociales y las humanidades. En los países latinoamericanos, aunque existen revistas científicas de gran categoría, todavía se está en los inicios de esta tradición.

Existen diferentes formatos de comunicación para publicar en las revistas de investigación: artículo científico original, revisión de literatura o estudio recapitulativo (*review*), nota técnica o reporte y en algunos casos, hasta reseña de libro, por nombrar los más comunes. Se destaca dentro de la literatura científica el número creciente de revistas de *reviews* que publican reportes del estado del arte en áreas de investigación específicas, incluyendo todas las referencias pertinentes, y que son muy útiles para mantener actualizados a los científicos o como introducción a un nuevo campo.

Hoy en día, la presión por el “publicar o perecer” en el desarrollo de la ciencia es bien conocida y presenta un reto a la comunidad científica para incrementar la significación de la valoración cualitativa de las publicaciones. La valoración requerida a la hora de publicar y mantener la calidad es responsabilidad de los editores de las revistas científicas. Cada revista tiene su propio equipo de revisores, encargados de evaluar la calidad y originalidad de los materiales presentados detectando posibles plagios o repeticiones.

### El paper científico

El *paper* científico, publicado en revistas con referato, pasa por un proceso de revisión de pares. Cuando un autor o grupo de autores envían un artículo para su publicación, este es enviado a otros científicos que realizan su revisión. Si los resultados superan la revisión, entonces el artículo es publicado y se incorpora al conocimiento científico. Esto no quita que, posteriormente, los resultados presentados puedan ser refutados o complementados con nuevas investigaciones. Aunque la revisión de literatura científica y escritura de un *paper* constituya una tarea difícil y desafiante, cuando el artículo sale publicado es una experiencia sumamente satisfactoria.

Un *paper* bien escrito debe cumplir con los siguientes requisitos:

- identificar y describir la problemática que apunta a estudiar o aclarar;
- describir de forma clara y completa los procesos que se realizaron y los resultados obtenidos;
- tomar los resultados en perspectiva, relacionándolos con el estado existente del conocimiento e interpretando su significado para futuros estudios;
- ser lo más conciso y claro posible, cuidando especialmente la gramática utilizada.

Un artículo científico original debe contar con los ítems que se detallan a continuación:

**1. Título:** El título debe ser acotado y reflejar el tema del trabajo. Los títulos científicos deben ser precisos y contener palabras claves que permitan a los investigadores de determinado campo reconocerlas rápidamente.

**2-Abstract o resumen:** El objetivo del resumen es permitir juzgar al lector de forma anticipada si su lectura completa es o no de utilidad a su trabajo. Un buen *abstract* es un resumen conciso de cerca de 100 a 200 palabras, que incluye un reporte del trabajo con datos y conclusiones del autor.

**3-Introducción:** debe plantear la problemática a resolver, presentar los objetivos del trabajo de investigación y proporcionar la suficiente información para interpretar el resto del reporte. En su formulación puede responderse a preguntas tales como: ¿Por qué se comenzó este trabajo?, ¿Cuál es el estado de conocimiento del tema?, ¿Cuál es el propósito específico del trabajo?, ¿Qué es lo que se va a hacer? (especificar claramente la hipótesis y objetivos).

**4. Materiales y Métodos:** proporciona todos los detalles para que el lector pueda interpretar claramente cada paso y reproducir la experiencia alcanzando similares resultados.

**5. Resultados:** presentan los resultados de los experimentos, ayudándose de tablas, gráficos, fotografías, y otras herramientas, pero sin discutirlos. Los datos presentados deben ser claros y los símbolos o abreviaturas usados deben ser explicados pertinentemente.

**6. Discusión:** en esta sección se interpretan los resultados y se los relaciona con hipótesis o conocimientos existentes. Se sacan conclusiones acerca de la hipótesis inicial y también es posible refutar hipótesis anteriores o sugerir nuevos experimentos que clarifiquen dudas a los resultados. Por otro lado, permite identificar fuentes de error o pasos equívocos en el desarrollo de la investigación. En algunas revistas se sugiere

combinar los resultados y la discusión en una misma sección denominada *Resultados y discusión*.

En ese caso se pueden intercalar los resultados obtenidos en el trabajo con su interpretación basada en hipótesis o conocimientos preexistentes.

7. *Conclusiones*: presenta los principales puntos a rescatar del trabajo poniéndoles en contexto.

Cumple la función de resumir el mensaje que se quiere transmitir en base a lo estudiado.

8. *Agradecimientos*: da crédito a quienes ayudaron en su investigación, a través de trabajo, permisos, apoyo técnico, consejos, ayuda económica, etc. Es opcional dependiendo del estudio.

9. *Referencias*: se listan todos los artículos, libros, o cualquier material referenciado a lo largo de la redacción del artículo. La bibliografía que solo se usó de consulta no se incluye en esta sección.

### El poster científico

Se trata de una modalidad práctica y eficiente de comunicación. Los posters suelen usarse en congresos, encuentros científicos o de otra índole, como “ferias de ciencia” en la escuela, para exponer resultados de trabajos. Son adecuados para la presentación de temas libres y su preparación requiere gran esfuerzo para lograr exponer de forma clara, concisa y precisa un cúmulo de datos que pueda ser leído e interpretado en pocos minutos.

Durante la exhibición del poster, el público puede analizar minuciosamente el trabajo, conocer al autor del mismo personalmente y discutir con él lo necesario. El aspecto visual del poster, sumado a las explicaciones orales del presentador trabajan juntos en la entrega concreta de los datos y permiten la interacción con personas interesadas en el tema. Un poster tiene un diseño de afiche y está compuesto de un título corto, una introducción, un resumen de los materiales y métodos utilizados, los resultados, una breve discusión y conclusión, bibliografía relevante, agradecimientos y

finalmente información adicional que permita el contacto con el autor (lugar de trabajo, página web, e-mail, etc.).

Las diferentes formas de comunicar trabajos científicos resultan válidas y aplicables en diferentes instancias. Un poster puede resultar apropiado para difundir resultados en una reunión científica (congreso, jornada, feria, etc.). Sin embargo, el formato de *paper* es el más adecuado para contribuir a la generación de conocimiento, porque presenta información extensa y más detallada, que se suma al cuerpo de conocimientos ya existente. Los *papers* son el formato más consultado para la recopilación de información a la hora de iniciar un nuevo trabajo científico o requerir una actualización sobre un tema.

### Actividades

#### Objetivos

- Repasar los conceptos trabajados en el texto.
- Planificar propuestas para poner en práctica diferentes formas de comunicación de la ciencia en la escuela.
- Adaptar el contenido del texto al trabajo de interpretación y producción de textos de ciencia en la escuela.
- Trabajar en conjunto con el área de lengua y comunicación, informática y plástica, el diseño de presentaciones de posters.

#### Destinatarios

El tema que aborda este cuaderno está destinado al trabajo con alumnos de nivel medio. El docente debe seleccionar aquellos textos científicos o fragmentos de textos que puedan adaptarse a los temas y el nivel de sus estudiantes.

Por otra parte, la producción de textos por parte de los alumnos puede llevarse a cabo en los diferentes niveles de enseñanza, tomando en cuenta que se trata de un proceso que no es obvio ni fácil, que

presenta obstáculos que deben trabajarse en clase, y que se construye gradualmente.

### **Consideraciones metodológicas**

Uno de los aspectos sobre el que existe un gran consenso hoy día es en el hecho de que es recomendable que la educación científica comience en la escuela y que se aprenda cómo funciona la ciencia y cómo los investigadores comunican y chequean su trabajo. Para hacer llegar la ciencia a los estudiantes es necesario llevar a cabo una reelaboración del conocimiento científico producido y plasmado en publicaciones, revistas, informes de investigación, congresos, etc., para convertirlo en “conocimiento escolar” adecuado para alumnos de diferentes edades.

Al hacer referencia al conocimiento escolar se pueden tomar en cuenta dos aspectos que se relacionan con el texto del cuaderno:

1. la lectura e interpretación de textos científicos,
2. la elaboración y escritura de textos científicos en las clases de ciencias.

Respecto del primer punto, aprender ciencias requiere ir apropiándose de las formas lingüísticas de formalizar la cultura científica construidas a lo largo de los siglos y transmitidas fundamentalmente a partir de textos escritos.

Respecto del segundo punto, tradicionalmente, cuando se consideran las habilidades que es necesario enseñar para aprender ciencias se hace hincapié en los procesos relacionados con el trabajo experimental (observar, plantear hipótesis, diseñar experiencias, analizar resultados y elaborar conclusiones). Pero, en cambio, pocas veces se considera fundamental la enseñanza de habilidades relacionadas con la expresión y la comunicación de las ideas: describir fenómenos e ideas, definir, resumir, explicar, argumentar, elaborar informes, etc.

En la evolución de la ciencia y en la construcción del conocimiento, influyen tanto los experimentos como las discusiones y la comunicación acerca de los resultados y de sus interpretaciones. En las clases de ciencias es necesario enseñar a leer, hablar y escribir textos científicos. No sólo porque tienen unas características textuales específicas, sino porque la enseñanza de las ciencias no puede separar la forma del texto de su contenido. El uso de la lengua en las actividades escolares es un factor determinante del aprendizaje significativo de los alumnos. Para explicar es necesario haber construido determinadas entidades del mundo de la ciencia y utilizarlas de forma que no sólo dé sentido a lo que se desea explicar, sino que además sea entendido por otros.

El registro y comunicación de las actividades científicas escolares permite organizar las ideas, sistematizar lo que se va aprendiendo, elaborarlo, ayuda a intensificar las interacciones en la clase, y constituye un espacio de interacción profesor – alumno, donde el docente puede seguir el proceso de aprendizaje de cada alumno y detectar logros o errores conceptuales. Es aconsejable que los profesores estimulen la escritura, alentando a sus alumnos a formular por escrito las ideas que van construyendo –aunque sean provisorias– y emplear en sus escritos de trabajo diversos modos de representación de las ideas: texto, esquemas, simbolismos, dibujos.

Algunas ideas para sistematizar y comunicar actividades de clase podrían ser:

- diseño de placas que, de manera similar al poster, resuman los conceptos fundamentales del trabajo y puedan ser presentadas al resto de la clase.
- empleo de recursos informáticos para el diseño de trabajos escritos que incluyan representaciones gráficas y otros recursos audiovisuales que ofrece la tecnología.
- diseño de informes de laboratorio que describan

las diferentes etapas del trabajo experimental, con texto, esquemas, ilustraciones y tablas para registrar el diseño de la experiencia.

- registro en una ficha técnica de la información extraída de videos educativos y películas.

### **Actividad 1. Redacción de un informe de una experiencia científica**

Nota: Debido a que en este caso no se trata de una experiencia en particular, se propone tener en cuenta las sugerencias de esta actividad para implementarlas desde el comienzo del ciclo lectivo en cualquiera de las instancias de la enseñanza.

La siguiente actividad tiene como objetivo que los alumnos redacten un informe a partir de la realización de un experimento (éste último diseñado de acuerdo al método científico tratado en el cuaderno N° 61). El informe de laboratorio debe reflejar no sólo los pasos de la experiencia sino también el proceso de análisis y de reflexión que implica el proceso de aprendizaje. La elaboración del informe implica el aprendizaje de la habilidad de expresar y comunicar las ideas en la forma lingüística propia que incluye, entre otras, una tendencia a la objetividad y a la precisión y un vocabulario científico específico. Aunque, al igual que el paper, el informe científico tiene como objetivo comunicar los resultados del trabajo científico, el destinatario no es la comunidad científica, o el público amplio, sino que el destinatario es la propia persona o grupo que realiza la experiencia.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que se trata de una actividad escolar que requiere de un aprendizaje que debe ser acompañado por el docente en cada etapa, y que puede incluir:

- Primera escritura. Con una consigna dada por el profesor, por ejemplo, “Describan lo que hicimos y observamos durante la experiencia con ayuda de los apuntes tomados durante la experiencia”.

- Herramientas proporcionadas a los alumnos. Establecer colectivamente una lista de vocabulario referente al material utilizado, compartir apuntes tomados en la experiencia y poner en común en el pizarrón.

- Confrontación de los informes que se hacen circular en la clase. Realizar una puesta en común y anotar observaciones en el pizarrón (por ejemplo, errores en el registro de datos, esquemas poco claros, texto confuso, errores conceptuales, etc.).

- Escritura intermedia. Los alumnos incluyen las correcciones trabajadas en la primera etapa.

- Escritura definitiva. se realiza a partir de la pauta establecida por el docente en relación a la estructura que incluye, en general, los siguientes ítems:

1. Título
2. Objetivos e hipótesis de trabajo
3. Materiales
4. Procedimiento o desarrollo
5. Resultados y tratamiento de los datos
6. Conclusiones
7. Bibliografía consultada

#### *Búsqueda de información bibliográfica*

Esta parte de la actividad que complementa a la de escritura de un informe científico, puede realizarse antes de diseñar un experimento, como punto de partida de un trabajo y para la redacción futura del informe.

Nota: Un aspecto fundamental en este tipo de actividad es trabajar cuáles son las fuentes consultadas, cuáles se consideran confiables según su procedencia, instituciones o profesionales que las avalan.

a) Una vez establecido el tema a tratar, se propone la búsqueda de información a partir de revistas científicas o de divulgación (“Ciencia Hoy”, UNESCO, Investigación y Ciencia, libros, Internet, diarios, etc.).

b) Se reúne la información, se lee, se interpreta y luego se realiza una lista de la bibliografía consultada.

c) Analizar cuál de las fuentes sigue pautas de redacción similar al de una revista científica.

d) Analizar cómo se citan las fuentes bibliográficas en los artículos científicos, considerando: fecha, apellido y nombre de los autores, editores, título del artículo, nombre de la revista o libro, capítulos, páginas, volúmenes, etc.

### Actividad 2. Análisis de un *paper* científico

Esta actividad se sugiere para trabajar en nivel medio o superior o con estudiantes de nivel terciario.

Evaluar un trabajo científico no es una tarea fácil, sobre todo cuando no se es científico, pero, como profesionales en nuestras áreas, muchas veces tenemos que decidir si consideramos o no un artículo como objetivo y si vale la pena o no compartirlo con nuestros alumnos. Acá nos vamos a focalizar en cinco puntos a evaluar para analizar si un artículo que nos llega puede ser considerado como información valiosa para el tema que estamos tratando de entender o si tiene inconsistencias y es mejor tomarlo “con pinzas” o dejarlo de lado.

Leer el artículo “5 tips para evaluar un trabajo científico” disponible en el sitio de ArgenBio [Cinco tips para evaluar un trabajo científico \(argenbio.org\)](http://argenbio.org) y responder estas 2 preguntas

- ¿Cuáles son estos 5 tips que siempre debemos tener en cuenta? Mencionarlos en una lista y explicar brevemente en qué consiste cada uno.
- Tomar el siguiente cuadro que ilustra la nota y explicarlo en un párrafo.

INFERENCIAS ESTADÍSTICAS SEGÚN EL DISEÑO DEL ESTUDIO				
2. ASIGNACIÓN DE UNIDADES A GRUPOS/TRATAMIENTOS				
Mediante aleatorización				
Sin aleatorización				
1. SELECCIÓN DE UNIDADES DE ESTUDIO	Al azar	Se selecciona una muestra al azar de una población; las unidades son asignadas aleatoriamente a diferentes grupos/tratamientos.	Se muestrean unidades, seleccionadas al azar, dentro de un grupo/población determinada.	Se puede hacer inferencias a la población
	No al azar	El grupo de unidades del estudio se encuentra; las unidades luego son asignadas aleatoriamente a diferentes grupos/tratamientos.	Se examina una colección de unidades disponibles en grupos determinados.	No se puede hacer inferencias a la población
		Se puede asumir relación causa-efecto	Se puede reportar asociación	

Fuente: M. Zappala, a partir de P. Ramsey y DW Schaffer 2002

### Actividad 3 Investigación sobre las revistas científicas

Con el desarrollo de las vacunas para combatir el coronavirus y la publicación por parte de los desarrolladores de los datos de sus estudios, algunas personas escucharon por primera vez el nombre de una revista científica “The Lancet”. El objetivo de esta actividad es investigar con los alumnos acerca de este medio. [The Lancet | The best science for better lives](http://The Lancet | The best science for better lives) (página en inglés)

Ingresar al sitio web de la revista y responder

- 1- ¿Qué dice la sección “sobre nosotros”?
- 2- ¿Qué temáticas aborda? ¿Cuáles te interesan más? ¿Cuáles creés que son clave para mejorar nuestra vida cotidiana en el corto plazo? Este video puede ayudarte a responder esta pregunta <https://youtu.be/xvxugXJW4eA> (encontramos sólo la versión disponible en inglés)
- 3- Si fueses un investigador o director de un grupo de investigación, ¿A qué sección de la página web irías para enviar tu paper para publicación?
- 4- ¿Hay en el sitio artículos de divulgación para público en general?

### Material de consulta

1. Guadalupe Nogués (2018). Pensar con otros [Pensar Con Otros | El Gato y La Caja](http://Pensar Con Otros | El Gato y La Caja)
2. Rubinstein, Clara. (2021). El reality show de la ciencia [El “reality show” de la ciencia](http://El 'reality show' de la ciencia)

[\[infoalimentos.org.ar\]](http://infoalimentos.org.ar)

3. Equipo de Por Qué Biotecnología, ArgenBio. Pensamiento crítico. Cómo guiar a los estudiantes para identificar fuentes confiable. (2019) [Print](#) ([porquebiotecnologia.com.ar](http://porquebiotecnologia.com.ar)) Infografías: [https://porquebiotecnologia.com.ar/recursos/infografia\\_fakenews.pdf](https://porquebiotecnologia.com.ar/recursos/infografia_fakenews.pdf)
4. Cómo comprender la ciencia <https://www.eufic.org/es/comprender-la-ciencia>
5. “5 tips para evaluar un trabajo científico” disponible en el sitio de ArgenBio [Cinco tips para evaluar un trabajo científico](#) ([argenbio.org](http://argenbio.org))

"El Cuaderno" de PQBio es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología – ArgenBio.