

COMO ESCRIBIR Y PUBLICAR UN ARTICULO CIENTIFICO (1)

Por: Gabriel Roldán P. (2)

"El hombre de ciencia parece ser la única persona que tiene algo importante que decir, pero no sabe como decirlo" — Sir James Barrie.

Por interesante o espectacular que sea un experimento científico, éste no estará completo hasta que sus resultados sean *publicados*. El Consejo Federal de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos dice que "La publicación de los resultados de una investigación es parte esencial del proceso investigativo.

Así que el científico no sólo debe *hacer* ciencia, sino también, *escribir* ciencia. Sin embargo, escribir no es fácil y hacerlo es un proceso que toma tiempo y dedicación. Al respecto Charles Darwin decía "la vida de un científico sería feliz si sólo tuviera que observar y nunca escribir.

El propósito de este artículo, es el de ayudar a los científicos y estudiantes de ciencias a preparar manuscritos que tengan una alta probabilidad de ser aceptados para publicación y que sean entendidos por los lectores.

QUE ES UN ARTICULO CIENTIFICO?

Un artículo científico es un reporte escrito que describe los resultados originales de una investigación (Day, 1983). Por lo tanto, resúmenes, tesis, reportes de conferencias y todo tipo de literatura similar no debe considerarse como una publicación científica. Además, un artículo científico debe publicarse en una revista que cumpla con los requisi-

tos para divulgar este tipo de resultados. Su validez se pierde si es publicada en un medio de difusión diferente, por ejemplo en un periódico, en un boletín informativo o similares.

Una cualidad fundamental de un artículo científico es que debe ser: *lógico, claro y preciso*.

Organización de una publicación científica.

Toda publicación científica deberá tener las siguientes partes: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión. La *Introducción* deberá responder a la pregunta: Cuál fué el problema. Los *Materiales y Métodos*, responderán a: cómo se resolvió el problema, los *Resultados*, responderán a: qué se encontró y la *discusión* responderá a: qué significan estos resultados. A lo anterior deberá agregarse unas *conclusiones* (si las hay) y una *bibliografía* (citada y/o consultada) que le permita al lector conocer antecedentes acerca del tema tratado. En otras palabras, una publicación científica es más cuestión de *organización* y *no* de literatura.

Day (op. cit) dice que "la grandilocuencia no tiene cabida en la ciencia" y este es un error que se comete a menudo, pues creemos que mientras más se escriba y trate de explicarse un hecho, más claridad se da a la publicación. Una regla de oro es: decir sólo lo necesario y en el orden correcto.

(1) La mayoría de las ideas aquí expresadas han sido tomadas de Day, R. How to write and publish a Scientific paper. ISI Press, Philadelphia, 1983, 2a. Edición.

(2) Director, Centro de Investigaciones, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Profesor Depto. de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín.

LA ESCOGENCIA DEL TITULO

Al escoger el *título* de una publicación debe tenerse en cuenta que éste lo leerán miles de personas, en cambio, la publicación completa sólo la leerán probablemente un reducido número de personas. Un *buen* título deberá llevar por lo tanto "el menor número posible de palabras que descubran adecuadamente el contenido de la publicación".

Veamos un ejemplo: Se remite un trabajo para publicar cuyo título dice "Efectos de algunos nutrientes sobre el crecimiento del fitoplancton en la Represa de El Peñol". Este título es muy general pues surgen las preguntas: ¿cuáles nutrientes? ¿cuál tipo de fitoplancton? ¿Son todas las algas, o algunas en especial? ¿Un título más aceptable podría ser: "Efecto de los nitratos y fosfatos sobre el crecimiento de las algas verdes-azules en la represa de El Peñol". Si se quiere ser aun más preciso, debería especificarse el tipo de alga; por ejemplo: *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Nostoc*, etc.

ORDEN DE APARICION DE LOS NOMBRES DE LOS AUTORES EN LA PUBLICACION.

Decidir quiénes y en qué orden deben aparecer los nombres de los autores, trae a menudo problemas difíciles de solucionar. Son tantos los casos individuales que se presentan, que es imposible dar una norma segura a seguir. Veamos algunos casos.

Una forma, sería la de escribir los nombres por orden alfabético, pero ello sería demasiado simple. En el pasado fué usada en revistas Inglesas, pero fué abolido, pues no resaltaba la autoría intelectual del trabajo. Otra forma, a menudo usada, es la de colocar en primer lugar el nombre del Jefe del laboratorio en el que se hizo la investigación, pero ello no es lógico, pues no siempre el Jefe está involucrado directamente en todos los proyectos.

Quizás el siguiente ejemplo presentado por Day (op. cit) pueda aclarar mejor este asunto. Supóngase que el "Científico A" diseña un experimento y da instrucciones al "Técnico B" cómo proceder. Si todo resulta bien, el "Científico A" aparecerá como único autor del artículo; no importa que el técnico haya hecho todo el trabajo. Pero si en el caso anterior, los resultados no fueron satisfactorios y el "técnico B" sugiere al "Científico A" hacer algunos cambios y el experimento da resultados positivos, en este caso el "Técnico B" deberá aparecer como segundo autor. Si en el curso del experimento, el "Científico A" pide un concepto a un colega, el "Científico C" y éste sugiere algunas experiencias adicionales que dan resultados positivos, entonces la lista de autores debería aparecer en el siguiente orden: "Científico A", "Técnico B" y "Científico C".

Como se puede observar, los casos particulares serían tantos, que lo más conveniente es que cuando se vaya a realizar una investigación en grupo, se definieran desde un prin-

cipio las responsabilidades y se llegue a un acuerdo acerca del orden de aparición de los autores en la respectiva publicación.

Direcciones de los Autores

Cada autor deberá llevar un número a continuación de su nombre y al pie de página, aparecerá su dirección precedida del respectivo número. La dirección deberá ser la del instituto, Universidad o lugar donde trabajan cada uno de los autores.

COMO PREPARAR EL RESUMEN

"Un buen resumen debe permitir al lector identificar segura y rápidamente el contenido básico de un documento, determinar su importancia y decidir así, si se da lectura o no detallada a la publicación". Un resumen no debe exceder de 250 palabras y debe definir muy claramente el tema del artículo.

Un resumen debe contener la siguiente información: a) Objetivos principales y visión general de la investigación, b) metodología empleada, c) principales resultados obtenidos y d) conclusiones más importantes. Recuérdese que por lo regular un buen resumen va seguido de un buen artículo científico. Si usted puede hacer su resumen en 100 palabras, no lo haga en 200; ahorre tiempo y posibles confusiones para los lectores.

COMO ESCRIBIR LA INTRODUCCION

El propósito de la Introducción es de dar suficiente información básica que permita al lector entender y evaluar los resultados del estudio sin necesidad de referirse a otros estudios previos. Sobre todo, se deberá establecer claramente el propósito del estudio. Deberán aparecer igualmente, las citas bibliográficas más importantes que provean información básica acerca del tema tratado.

Las siguientes son las partes que idealmente deberán llevar una introducción: a) naturaleza y visión general del problema, b) revisión de la bibliografía que oriente al lector acerca del tema tratado, c) el método utilizado en la consecución de los datos y d) los resultados más importantes obtenidos.

La introducción es como el "anzuelo" que atrae al lector a continuar con la lectura de todo el artículo.

COMO ESCRIBIR LOS MATERIALES Y METODOS

El propósito de esta sección es el dar suficientes detalles acerca de como se hizo el trabajo, con el fin de que otros científicos puedan repetir en experimento y unificar los resultados obtenidos.

Por *materiales* se entiende todos los equipos, reactivos y organismos (si es el caso) usados para el experimento, especificando en cada caso el modelo de equipo usado, el tipo

de reactivos empleados y la clase de organismos utilizados, detallando el sexo, género y especie. Se debe evitar hablar de nombres comunes, pues éstos no tienen significado sino a nivel regional de quien escribe.

Los *métodos* se refieren a la manera como se hicieron los experimentos, como se prepararon los reactivos, frecuencia de suministro de dosis y todo aquello que permita al lector conocer exactamente, cómo se realizó el experimento. Hay que ser muy preciso en esta descripción: Por ejemplo: no basta con decir temperaturas altas, hay que decir a cuántos grados se observa tal o cual reacción.

En síntesis, la descripción de los equipos utilizados y la metodología empleada, reflejan de manera inequívoca la validez o no de los resultados obtenidos. A menudo muchos trabajos científicos son rechazados, pues al llegar a manos de expertos, éstos dicen: es imposible obtener resultados confiables con el equipo que se pretende usar y con el método de trabajo que se va a emplear.

COMO ESCRIBIR LOS RESULTADOS

Decidir qué se incluye en los resultados y qué no, es a menudo una tarea difícil. Por lo regular para el autor, *todo es importante*, pero para el lector sólo le será parte de ello. Aquí es donde el autor debe decidir sabiamente. Incluir todo lo que se encontró, no significa aumentar el conocimiento, es más bien una prueba de falta de discriminación del autor.

Los resultados deben presentarse de forma clara y concisa y debe evitarse el mayor número posible de palabras. Por ejemplo, cuando se tienen cifras como resultado de pesas o mediciones, basta con decir: "Los resultados se muestran en la Tabla X".

Cuando se quiera hacer una afirmación cuyos resultados aparecen en una tabla o figura, éstas últimas se citan al pie del texto. Por ejemplo: "Se observó un aumento en la población de *Scenedesmus* durante los meses de enero y febrero, época de menor precipitación (Fig. 1).

COMO ESCRIBIR LA DISCUSION

La discusión es seguramente la parte más difícil de escribir. Unos resultados excelentes pueden perder todo su significado, si no hay un adecuado análisis de los mismos. En toda discusión debe considerarse fundamentalmente lo siguiente: a) Tratar de presentar los principios, relaciones y generalizaciones mostradas en los resultados, b) resaltar las excepciones o alguna falta de correlación y definir puntos que no se han presentado y c) mostrar la forma como sus resultados confirman o niegan los resultados de trabajos previos, d) discutir las implicaciones teóricas o prácticas que se desprenden de la investigación y e) establecer con claridad las conclusiones a las cuales se ha llegado.

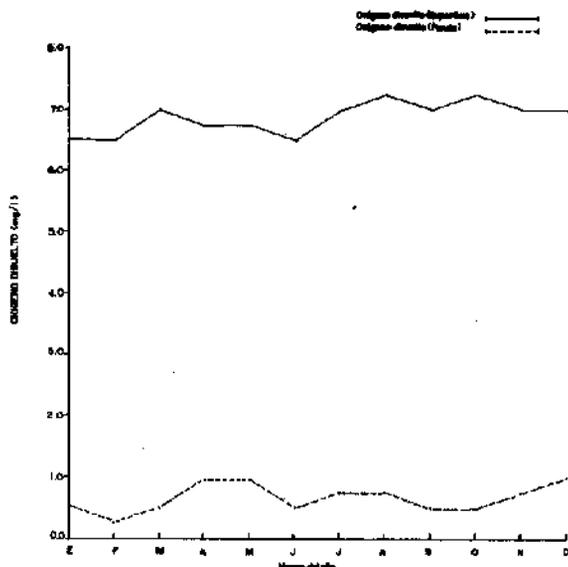


Fig. 1. Variación de la concentración de algas en la superficie y en el fondo (Origen diverso) durante el verano o la época de menor precipitación.

En resumen, *la discusión es para discutir y analizar, no para recapitular*. En términos más simples, la discusión es el proceso a través del cual se muestran las relaciones entre los hechos observados. La discusión debe terminar con un corto resumen o conclusión referente a la importancia de la investigación realizada.

Una palabra final: se debe escribir *corto, claro y preciso*; demasiadas palabras cansan y confunden.

COMO DAR LOS AGRADECIMIENTOS

"La vida es muy corta, pero siempre deberá haber tiempo para la cortesía". Ralph Waldo Emerson.

En nuestra vida diaria siempre dependemos en una u otra forma de los favores que nos hacen nuestros vecinos o colegas de trabajo. De igual manera en todo trabajo científico, se recibe de los colegas ideas, sugerencias o préstamos de equipos, y por ello deben darse los agradecimientos. Para ello basta con decir, por ejemplo, "Expreso mis más sinceros agradecimientos al Profesor Carlos Botero por la dirección y asistencia en el presente trabajo"; "agradezco igualmente a la señorita Sonia Rodríguez por su colaboración con los dibujos y gráficas" y a la señorita Elena Pérez, por su ayuda con los análisis de laboratorio".

Aquí, también se debe ser directo, evitando frases floridas o exceso de palabras.

COMO CITAR LA BIBLIOGRAFIA

Ante todo, debe citarse solamente la bibliografía realmente importante relacionada con el tema. Debe evitarse citaciones de referencia no publicadas como manuscritos, tesis y otros. Si es necesario hacerlo, éstas deben citarse como nota al pié de página. En cuanto a la manera de citar las referencias, no existe una forma unificada. Una de las formas más ampliamente utilizada es la de presentarlas por orden alfabético, por apellido del autor, en el siguiente orden: apellido, iniciales del nombre, título, editorial, ciudad, año y número de páginas.

Ejemplo: Kimball, J. W. *Biología*. Fondo Educativo interamericano, México. 1971. 762p.

Cuando se trata de artículos de revistas científicas, se debe incluir la siguiente información: apellido, iniciales del nombre, título del artículo entre comillas, título de la revista utilizando abreviaturas, volumen, número, páginas en las cuales se encuentra el artículo y año. Ejemplo:

Uribe, A. "Efecto de las aves que anidan sobre la vegetación". *Act. Biol.* 11 (41): 71 - 77, 1982.

Otra forma de presentar la bibliografía es numerando los autores por orden de aparición de citas, pero para efectos de su localización por parte del lector, es poco práctico.

COMO ELABORAR LAS TABLAS

La tabla es una forma de reportar datos, de tal manera que con un sólo golpe de vista se tenga una idea de los resultados. En una tabla se pueden también leer los datos exactos de contajes o mediciones. Una tabla no es para reportar datos indiscriminadamente, sino para dar aquella información que se considera indispensable para una mejor comprensión del trabajo.

Los datos en una tabla deben organizarse para ser leídos vertical y no horizontalmente. Se recomienda la lectura vertical, pues se pueden apreciar mejor los resultados que se quiere mostrar. Veamos el siguiente ejemplo:

Con la anterior tabla se quiere mostrar cual fue la variación de los valores fisicoquímicos a lo largo de los tres meses. Sin embargo, su lectura horizontal no permite una clara visualización de este hecho.

Representemos ahora la misma tabla, pero para ser leída verticalmente.

Nótese que los datos organizados verticalmente, permiten visualizar más fácilmente lo que ha ocurrido cada mes con cada dato.

Sin embargo, si se quiere saber cómo varió cada parámetro individualmente cada mes, la primera tabla llenaría ese propósito.

En resumen, toda tabla debe tener un propósito específico, por lo tanto, la misma debe ser citada en el texto cuando se discutan los resultados sobre los cuales se quiera hacer un especial análisis.

Los datos que aparecen en una tabla no son para repetirlos luego en el texto. Cuando se quiera hacer mención a un dato en particular, basta con decir por ejemplo, en la tabla I se aprecian las variaciones de temperatura observadas durante los tres primeros meses del año en la represa La Fé (Tabla I).

Existe una tendencia general a numerar las tablas con números romanos, pero ello no es una norma única. También puede hacerse con números arábigos. Lo importante es conservar la uniformidad y numerar siempre las tablas de una misma manera.

Tabla I. Datos de los valores fisicoquímicos obtenidos en la represa La Fé durante los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1983.

Meses	Parámetro					
	O ₂	CO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	T ^o C
Enero	7.2	2.8	0.3	0.01	4.2	22.1
Febrero	8.1	2.5	0.2	0.02	4.5	22.2
Marzo	8.1	3.5	0.4	0.01	4.8	21.8

Parámetro (F - Q)	Meses		
	Enero	Febrero	Marzo
O ₂	7.2	8.1	8.1
CO ₂	2.8	2.5	3.5
NO ₃	0.3	0.2	0.4
PO ₄	0.01	0.02	0.01
SO ₄	4.2	4.5	4.8
T ^o C	22.1	22.2	21.8

COMO PREPARAR LAS GRAFICAS

En una sola foto o gráfica se puede mostrar todo lo que se dice en cientos de páginas (Ivan Sergeevich Turgenev). Una gráfica se usa para mostrar tendencias, comportamientos o composiciones de algo, que en una tabla no pueden ser fácilmente apreciadas. Las gráficas son una forma auxiliar para mostrar resultados y no deben convertirse en una repetición de información dada en una tabla. Sólo es conveniente aquellas gráficas cuyos datos muestran hechos relevantes que mostrar. La figura 1 muestra claramente la concentración de oxígeno presente en una represa a 20 m de profundidad y en la superficie.

Los solos números en una tabla no mostrarían en una forma tan contrastante este hecho. Para mayor comodidad y exactitud, las gráficas deben hacerse primero sobre papel milimetrado y luego trasladarse a papel blanco. Todas las leyendas deben escribirse con plumillas de dibujo; de ninguna manera deben hacerse a máquina. Las letras y números deben ser suficientemente grandes, pues al hacer las reducciones del caso, éstas podrán perder claridad.

Si los datos que se van a graficar están, por ejemplo, entre 0.0 y 50 se marca el tope de la línea (ordenada o abscisa, según el caso) en 50. Si lo hace en 100 por mayor comodi-

dad, irá a quedar la mitad de la gráfica vacía, lo que por razones de estética principalmente, pierde presentación; además, se pierde la oportunidad de mostrar más claramente ciertas tendencias en una gráfica hecha a una escala mayor.

Cuando en una gráfica aparecen dos o más curvas éstas deben diferenciarse por medio de símbolos, los cuales deben aparecer en la parte superior derecha (Fig 1) o en la leyenda.

Si se van a incluir fotografías, éstas deben ser en blanco y negro y de una gran nitidez. Para publicación también se pueden enviar diapositivas de buena calidad, pues en la imprenta éstas pueden ser copiadas a blanco y negro.

Tanto las gráficas, fotos, diagramas, mapas y similares, deben rotularse como figuras, cuya leyenda aparece al pie de la gráfica, dibujo o foto.

Lo expuesto anteriormente constituye a grandes rasgos lo que una publicación científica debe contener. Existen muchos más detalles acerca de tan importante tema, pero por razones de espacio es imposible incluirlos en el presente artículo. Para mayores informes se recomienda consultar a Day (1983).

BIBLIOGRAFIA

- BSCS, Universidad de Antioquia 1973 *Manual para el Profesor de Biología*. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Day, R. A. 1983. *How to write and Publish a Scientific paper*. ISI Press, Philadelphia.
- Frota, P. O. 1970. *Como ensinar ciencias*. Universidad de Sao Pablo, Sao Pablo.
- Ville, C. 1978. *Biología*. Editorial Interamericano, México.