

# CÓMO ESCRIBIR UN DOCUMENTO CIENTÍFICO

Javier Rodríguez Laguna, Dto. Física Fundamental (UNED)

Febrero 2023 – Mayo 2024

Este texto discute cómo escribir un buen documento científico, ya sea un trabajo de fin de grado, de máster, una tesis, un artículo científico o un proyecto investigador. Cada formato tiene sus peculiaridades, pero lo que se cuenta aquí sirve para todos ellos, ya sea en español o en inglés.

## 1. ¿Cómo empiezo a escribir?

Has decidido que es el momento de empezar a escribir. Suponemos que has realizado buena parte del trabajo científico necesario antes de comenzar a escribir. Has llevado a cabo tus experimentos, simulaciones, cálculos y/o revisión bibliográfica de un cierto problema, y tienes a mano los artículos y libros que citarás. Es probable que el proceso de escritura te lleve a darte cuenta de que te falta trabajo científico por hacer. No te preocupes si eso sucede, es normal. A veces escribimos y calculamos en paralelo. Pero la pregunta importante es *¿cómo empezar?*

Un consejo importante: *lee otros trabajos del mismo tipo*. Busca trabajos de fin de grado, de máster, tesis... para inspirarte en su estructura y narrativa. Lo más sensato es pedirselos a tu supervisor/a o a alguien de confianza. Ni que decir tiene que encontrar inspiración no equivale a calcar ni a perder tu propio estilo.

La primera decisión que tienes que tomar al escribir es *a quién le vas a contar* el trabajo. Es decir, quién es tu audiencia. Seguramente, lo que más te preocupa son los *referees* o el tribunal que evaluará tu trabajo. Sin duda, debes tenerlos en cuenta, pero la experiencia nos recomienda escribir pensando en tu *“yo” del pasado*. Es decir: escribe lo que te habría gustado leer cuando empezaste este trabajo, teniendo en cuenta lo que sabías y lo que no. De esta manera conseguirás ponerte en la piel de alguien que conoce el área de forma general, pero no los detalles específicos, que es una característica de la buena escritura científica. Ten en cuenta que un TFG/TFM/tesis es un documento que posiblemente usen futuros/as estudiantes para introducirse en el área o incluso para proseguir tu trabajo. Como regla general, *ponte siempre en la piel de los lectores*.

La segunda decisión concierne a los elementos centrales de tu documento. No todo lo que vas a contar tiene la misma importancia: ¿qué quieres que tus lectores/as recuerden después de leerlo? Haz una lista de esas *ideas-fuerza*, aunque sea mental. Es decir, las cosas más importantes que has descubierto. En un texto científico esas ideas-fuerza se suelen plasmar en gráficas, tablas o ecuaciones, que llamaremos *elementos clave* de tu documento. Haz una lista y asegúrate de tenerlos todos, al menos en versión preliminar, y a ser posible en su versión final.

La tercera decisión es sobre la narrativa, la historia que va a contar tu texto. Puedes organizar tu documento como una *historia de misterio*, en la que se plantea y resuelve un enigma; o puedes expresar desde el principio una teoría general, cuya validez irás comprobando en distintos ejemplos. También puedes narrar la historia en *forma épica*, es decir, plantear desde el principio un objetivo final y describir cómo salvaste los distintos obstáculos. Recuerda que si la historia te aburre a ti

aburrirá a tus lectores, pero no por ello debes perder el tono formal apropiado para un texto científico. El objetivo es ser interesante, no divertido.

La última decisión antes de ponerte manos a la obra concierne al programa de procesado de textos (LaTeX, Word...) y a la apariencia deseada del documento. Por supuesto, el archivo final deberá estar en formato PDF (quizá también impreso, dependiendo de las exigencias académicas). El estilo debe ser agradable (fuente, colores, etc.) pero profesional, es decir: sin florituras. La recomendación estándar para trabajos científicos es LaTeX, y elegir un estilo apropiado al tipo de documento.

## 2. El índice

Una vez que has realizado ese trabajo previo, la siguiente tarea es la elaboración de un índice que deberás discutir con tu supervisor/a. Es la mejor manera de evitar el pánico a la página en blanco.

Posiblemente el formato no sea del todo libre y tengas unos determinados epígrafes obligatorios. En cualquier caso, hay ciertas partes inevitables en un documento científico.

### Título

Puede que te venga impuesto, y entonces no nos preocuparemos más. Si no es así, en este momento debes escribir un título tentativo, pero mantente preparado/a para cambiarlo si surge la necesidad. Elige algo corto, pero sin excesos. Puedes ser creativo/a, pero de nuevo sin excesos. Jamás pongas siglas en el título, aunque creas que son conocidas. El título debe ayudar a los posibles lectores a ubicar el documento y saber de qué trata, y para ello lo mejor es asegurarte de que aparecen las palabras clave necesarias.

### Resumen (abstract)

El resumen *no se escribe hasta el final*, así que volveremos a él en su momento.

### Agradecimientos

Es una sección más libre, en la que puedes expresarte a gusto. Puede estar al principio o al final, dependiendo del tipo de documento. En algunos documentos puedes agregar alguna cita que te parezca especialmente interesante, pero nunca es obligatorio. Si has recibido financiación o si te han permitido usar equipamiento caro es bien probable que debas mencionarlo, pregunta a tu supervisor/a.

### Introducción

Al igual que el resumen, la introducción debe escribirse al final. Por el momento sólo anotaremos bajo el epígrafe un esquema tentativo de las secciones que contendrá. De nuevo, ponte en la piel de tu *yo pasado* o de tus compañeros de estudios, y piensa qué cosas necesitarían conocer para apreciar tu trabajo.

### Cuerpo del documento

Tendrás que dividir el contenido en capítulos y secciones. No es recomendable usar divisiones finas por el momento. En algunas áreas es necesario dedicar un capítulo a la metodología, pero no en todas. En general, la estructura dependerá mucho de la narrativa que hayas decidido. Esta parte será la que primero rellenaremos.

### Conclusiones y trabajo futuro

De nuevo, esta sección se escribe al final.

## Bibliografía

En este momento sólo es un punto del epígrafe.

## 3. Presentación de resultados

Supongamos que ya has discutido el índice con tu supervisor/a y tienes una versión que rellenar. Recuerda que sigue siendo tentativo, y que es más que probable que tengas que modificarlo sobre la marcha. Ahora toca poner la carne sobre el esqueleto, comienza la parte más difícil del trabajo.

Mi recomendación es que regreses a los *elementos clave* que reuniste al principio, es decir, las gráficas, ecuaciones, tablas... que son el núcleo duro de tu trabajo. Añádelas al documento, junto con *toda* la información necesaria. Por ejemplo, si has realizado simulaciones numéricas, detalla cómo las has realizado, con todo lujo de detalles. En concreto, asegúrate de proporcionar *todos* los parámetros que has empleado. Por otra parte, si se trata de ecuaciones, escribe las hipótesis iniciales de las que partiste, los pasos intermedios relevantes y el resultado final. Si la deducción es muy larga, quizá sea mejor relegar la versión completa a un apéndice.

En el caso de que tus resultados se concreten en forma de gráficas asegúrate de que están *perfectas*: ejes con unidades, escala logarítmica o lineal claramente demarcada, leyenda visible, tamaño de símbolos y de tipo letra apropiado... No escatimes el esfuerzo en dejar las gráficas impecables. Elige un software apropiado para ello (p.ej. gnuplot). Si tienes datos “crudos” y datos “procesados”, lo recomendable es proporcionar ambos.

No debería hacer falta decirlo, pero la experiencia nos sugiere que hay que hacerlo: *revisa diez veces* que las ecuaciones sean correctas, que no hayas olvidado ningún paréntesis, que todas las magnitudes físicas tengan unidades, etc. La tolerancia a la falta de profesionalidad es muy baja en los trabajos científicos, a cualquier nivel.

## 4. Escritura

Una vez que has introducido los elementos clave (gráficas, ecuaciones, tablas, etc.) en tu documento, la siguiente tarea es redactar los capítulos centrales asociados. Es recomendable completar un primer capítulo y enviárselo a tu supervisor/a antes de empezar con los demás, para asegurarte de que has dado con el tono apropiado.

La escritura es un proceso muy personal, pero en el caso de los textos científicos hay unas reglas que te pueden ayudar muchísimo. Nadie nace sabiendo escribir textos científicos, incluso la gente que sabe escribir ficción necesita práctica para escribir documentos científicos aceptables. No desesperes, y nunca digas “es que yo no sé escribir”. Si supiste realizar el trabajo científico sabrás ponerlo por escrito.

### Cuestiones de formato

Las ecuaciones, tablas, figuras, referencias, etc. deben estar numeradas, y *siempre deben estar citadas apropiadamente en el cuerpo del texto*. Aprovecha las posibilidades del formato PDF para *enlazarlas* de manera que el/la lector/a pueda pinchar en las referencias para saltar rápidamente al elemento referido. LaTeX facilita mucho esta tarea, permitiéndote asignar *nombres* a cada uno de los elementos, que deberían ser ilustrativos (no lames a las ecuaciones 1, 2... porque no te servirán de nada). Recomendamos muy vivamente observar otros documentos similares.

## Linealidad

*Ve al grano.* Tu objetivo es que los lectores comprendan y aprecien las ideas-fuerza que muestras a través de tus elementos clave. Lleva a tus lectores desde su hogar hasta el lugar en el que tú estás por el camino más corto posible, y no te entretengas por el camino.

Un error muy típico al escribir (ya sea ciencia o ficción) es comenzar hablando de un tema A, pasar al tema B y después acordarte de que te dejaste algo en el tintero y volver a A. Eso *no* es el camino más corto. Si te sucede, reestructura tus párrafos.

## Concisión

Relee todo lo que escribes *y elimina cada palabra que sobre*. Si una palabra o una frase no aportan nada se quitan y punto. Nada de literatura en el cuerpo del texto, nada de florituras. En la medida de lo posible, evita poner frases entre paréntesis. Si no queda más remedio, puedes usar notas a pie de página, pero también eso se debe evitar. El flujo de lectura debe ser continuo.

También hay que evitar la tentación de narrar el tortuoso proceso que nos llevó al descubrimiento. No es preciso describir todos los caminos erróneos que seguimos antes de dar con la ruta correcta, si bien a veces es apropiado advertir a los lectores de posibles trampas inesperadas. Investigar es duro, y debido a ello es fácil perder la perspectiva y asignar relevancia científica a cosas que sólo tienen relevancia personal. Tendemos a dar importancia a todo lo que nos ha costado un gran esfuerzo y nos apena que no aparezca reflejado en el documento final. Por eso este consejo es especialmente doloroso de seguir: *lo que los lectores desean leer es más importante que lo que tú deseas escribir*.

## Sencillez

Usa frases cortas. Evita las subordinadas en la medida de lo posible. Ten en cuenta que el contenido es complicado de por sí, no hagas la lectura innecesariamente difícil. Relee tus párrafos, y si ves que son intrincados, simplifícalos. Como decía Antonio Machado, no escribas “los eventos consuetudinarios que acontecen en la rúa”, sino “lo que pasa en la calle”.

De la misma forma, evita usar discusiones matemáticas sofisticadas si una explicación sencilla te lleva al mismo punto. Si el resultado puede obtenerse mediante un razonamiento geométrico sencillo o una integración complicada, elige la primera opción. Sigue el principio KISS: *keep it simple*. La física ya es difícil de por sí, no hagamos que lo sea más.

De la misma manera, nunca hagas *name dropping*, es decir, no menciones términos o nombres propios sin relación inmediata con tu trabajo, meramente porque te suenan bien. El objetivo del documento no es mostrar lo listo/a que eres y las cosas que sabes.

## Precisión

Evita en la medida de lo posible los términos de *semántica pobre*: “cosa”, “hacer”, “coger”, etc. Los términos imprecisos caricaturizan tus ideas y provocan errores en su transmisión. Por ejemplo, no digas “cogemos el segundo término”, porque ahí “coger” no significa nada, y tu oyente no sabe qué es lo que tiene que hacer con él. En su lugar, di “despejamos / invertimos / desarrollamos el segundo término”. Si sólo quieres atraer la atención, di “nos fijamos en el segundo término”.

Evita la palabra *fórmula* a no ser que desees describir hechizos de Hogwarts. Las fórmulas son para la magia, las ecuaciones para la física.

Elige términos formales, pero no pretenciosos. No es fácil encontrar el equilibrio, así que la semántica debe ser tu guía: di exactamente lo que quieres decir. Es muy importante considerar diferentes

alternativas para un término que no termina de encajar, y recuerda que *no existen los sinónimos perfectos*: siempre hay algún matiz que los diferencia.

### **Organización**

Asegúrate de que cada párrafo contiene *una idea*. Una técnica apropiada para asegurarte es imaginar un *título* para cada párrafo. No tienes que escribirlo, aunque a veces ayuda anotarlo en forma de comentario. Por supuesto, no olvides borrar *todos* los comentarios si tienes que entregar el código fuente del artículo.

### **Ritmo**

Un error típico al escribir (quizá más aún cuando escribimos en inglés) es dar a todas las oraciones la misma estructura, haciendo que el texto carezca de ritmo y suene infantil. Relee, y si ves que te está sucediendo no caigas en la tentación de introducir de nuevo las subordinadas que eliminamos antes. En su lugar, prueba a incluir *conectivas* que enlacen una oración con la anterior: “sin embargo”, “en cambio”, “más aún”, etc. Procura variar las conectivas usadas y asegúrate de que la semántica es la apropiada. Es decir: asegúrate de que ayudan a la comprensión del texto introduciendo matices relevantes.

### **Ponte en la piel del lector**

Relee cada sección haciendo un esfuerzo enorme por ponerte en la piel de los lectores. Imagina que eres una persona con una base apropiada de física, pero que no conoce nada del tema. Piensa que *tu yo del pasado* lo lee, o tus compañeros/as de clase. ¿Te enterarías? ¿Se enterarían? Sé honesto/a contigo mismo/a cuando respondas. No temas reescribir cuando veas que el texto no es claro. Los documentos científicos se reescriben mucho.

### **Homogeneidad**

Has elegido una plataforma de maquetado apropiada (LaTeX si has seguido nuestros consejos) y una apariencia (fuente, colores...) que te agrada. Bien. Pues todas esas cosas se estropean muy rápidamente si rompes el principio de homogeneidad: *el formato debe ser rígido*. Así, los distintos epígrafes (capítulo, sección, subsección), las tablas, figuras, listas, enumeraciones, ecuaciones o referencias deben tener siempre el mismo formato. Evita el exceso de cursiva o negrita, y deja claro con qué fin utilizas cada una. El formato es correcto cuando no se ve, es decir, cuando no llama la atención. Cualquier desviación de la homogeneidad se detecta enseguida, y (casi) siempre es para mal.

### **Consistencia**

Asegúrate de que cada elemento de notación, sigla o símbolo que emplees *ha sido introducido con anterioridad* y de manera clara. Hay quien pone una página de símbolos, pero no es imprescindible. Numera todas las ecuaciones y refiérete a ellas por su número (en LaTeX esto es automático).

Ni que decir tiene, pero debes cuidar la ortografía y su consistencia. Si decides que “sólo” o “ésta” pueden llevar tilde, haz que la lleven siempre que corresponda. Si usas en inglés la *Oxford comma*, úsala siempre.

### **Usa referencias**

Cada afirmación que hagas que no sea elemental para alguien del área debe venir acompañada de una referencia. Piensa en un lector/a que desee saber realmente de dónde viene esa afirmación porque desea reconstruir tu trabajo.

## 5. Bibliografía

Desde el primer momento debes disponer de una carpeta con tus referencias bibliográficas: libros, artículos, etc. Asimismo, es recomendable mantener un archivo de texto en el que escribas título, autores y referencia de cada una, junto con una breve explicación (una línea como máximo) sobre la razón por la que la añades. Te facilitará el trabajo.

Hay gente que usa un software específico para el manejo de referencias bibliográficas. En mi experiencia, ninguno de esos programas es tan útil como mantener un archivo de referencias bibliográficas relevantes, en texto plano o en LaTeX, del que irás cortando y pegando las que necesites.

En cuanto al formato, el principio clave de nuevo es el de homogeneidad. Todas las referencias deben tener el mismo formato. Existen muchos formatos bibliográficos posibles, y todos son válidos, mientras no lo cambies a mitad del documento. Una manera sensata de presentar las referencias es listar los autores, título, revista, número, página y año. Por ejemplo,

Jane Physicist, Mark Chemist, *A study of bibliographical references*, J. Phys. Chem. **23**, 105 (2015).

Para libros el formato es parecido,

Jane Physicist, Mark Chemist, *Writing your thesis*, Oxford University Press (2004).

Y para capítulos de libro, también es similar,

Jane Physicist, Mark Chemist, *How to make figures*, capítulo en *Writing papers*, editado por Barbara Mathematician et al., McMillan (2004).

Se deben evitar las referencias bibliográficas a páginas web, a Wikipedia o a YouTube en la medida de lo posible, aunque hayas encontrado allí la información relevante. La razón es la misma por la que no puedes citar como referencia bibliográfica una conversación con un compañero o con tu tutor/a: lo correcto es acudir a las fuentes primarias. Puedes usar páginas web si precisas discutir noticias de prensa, por ejemplo. En ese caso debes añadir la fecha en la que se accedió al documento, comprobar el enlace y mantener el principio de homogeneidad.

En la medida de lo posible, es deseable añadir enlaces a la URL o DOI del documento (el DOI es un identificador único para cada artículo científico, que sirve también como URL).

## 6. Introducción, resumen y conclusiones

Una vez aquí ya debemos tener una versión del cuerpo del documento, así que ha llegado el momento de completarlo. Las partes que quedan son las más difíciles, y justo por ello es frecuente que un/a estudiante de doctorado no las escriba para su primer artículo.

### Introducción

Es una de las tareas más difíciles. En el caso de una tesis es la más difícil de todas, porque en el cuerpo del documento te puedes apoyar en los artículos que ya habéis publicado.

Cuando escribiste el índice te pusiste en la piel de tu *yo pasado*, o en la de tus compañeros/as de clase e hiciste una lista de cosas que no sabías cuando comenzaste a trabajar en este tema y sin las que no se puede comprender bien el interés de tu trabajo. Esa lista fue consensuada con tu supervisor/a cuando revisó el índice. Ahora, hay que darle cuerpo.

Muy probablemente, la lista es inconexa y mezcla temas relacionados entre sí de una forma compleja. Tienes que escribir sobre A, B, C y D, pero no es fácil hablar de A sin haber comentado C, mientras que D es al mismo tiempo más fundamental que los demás, pero también más complicado. Tienes que resolver *el problema del viajante*: cómo recorrer todas esas ciudades en el menor tiempo posible

y en un orden apropiado. Si la tarea parece complicada te recomendamos que hagas un diagrama de dependencias en una hoja de papel, con flechas que indiquen que antes de hablar de B deberías haber hablado de A. Con un poco de suerte el diagrama no será circular, y podrás determinar una ruta óptima.

La introducción es la parte que precisa de más referencias bibliográficas. Ten preparada una lista de documentos de referencia (libros de texto, *reviews*, artículos, etc.) que citarás al introducir cada nuevo tema. Asegúrate de que realmente hablan de lo que quieres.

No introduces temas que no vas a necesitar en tu documento, aunque te suenen bien, y aunque te interesen profundamente. Recuerda que el objetivo de la introducción no es escribir un libro de texto ni mostrar todo lo que has aprendido, sino ayudar a comprender tu trabajo.

¿Qué nivel de profundidad se debe alcanzar? Depende. En algunos casos basta con citar ciertos conceptos, ecuaciones o resultados clave. En otros debes mostrar la estructura general del área o la perspectiva global. En cualquier caso recuerda que el objetivo no es escribir un libro de texto, sino proporcionar *un mapa* que sea útil a los lectores. No incluyas deducciones largas, salvo que sean cruciales. En su lugar, deja una referencia bibliográfica.

Todos los términos importantes deben aparecer en la introducción, y es conveniente dar una definición rápida de los que sean poco comunes. La primera vez que introduces unas siglas debes escribir lo que significan, sin usar mayúsculas innecesarias. Así, por ejemplo, di “we employ density functional theory (DFT)”.

### **Resumen (abstract)**

Comienza ubicando el área general, no te importe dedicar varios renglones a ello, no hay prisa. Luego haz un resumen de tu tesis central y de los resultados asociados. Recuerda que el resumen será lo que decida a futuros lectores si les merece la pena sumergirse o no en tu texto, y recuerda que los lectores *no conocen aún tu notación*. Muestra tus hallazgos de manera atractiva, pero *jamás te excedas*. En ciencia es mejor vender por lo bajo que por lo alto (“undersell” en lugar de “oversell”).

### **Conclusiones**

Las conclusiones deben comenzar con un nuevo resumen del documento, pero en el que ya puedes asumir que los lectores conocen tu notación. De nuevo, procura evitar el “overselling” y hacer afirmaciones que no estén realmente apoyadas por tus resultados. Eso no quiere decir que debas evitar realizar afirmaciones controvertidas si tienes evidencia que las soporta. La comunidad científica valora la humildad (o debería hacerlo): habla claro, pero siempre evitando términos de marketing o valorativos, como decir que “nuestro método es novedoso” o “superior”.

Recuerda que el resumen debe servir como *take home message*, es decir, debe proporcionar las ideas que los lectores se lleven a casa. El objetivo no es volver a contar otra vez lo que has hecho, sino aprovechar el último momento de atención de los lectores para destacar los aspectos más relevantes, proporcionando una imagen física atractiva y apoyada en los datos, expresada de manera concisa pero clara. No es fácil.

Después de este resumen la costumbre es proporcionar perspectiva sobre la relevancia de este resultado para el área en su conjunto, relacionándola con otros temas cercanos. Este párrafo suele exigir una gran madurez científica, y es optativo.

Por último es costumbre realizar una breve discusión sobre posible trabajo futuro. ¿Qué cosas nos hemos dejado sin hacer que podrían dar lugar a nuevas investigaciones? ¿Qué problemas quedan abiertos tras nuestra intervención?

## Epílogo

Estas notas resumen la experiencia de muchos años escribiendo y supervisando textos de estudiantes que sufrían enormemente al hacerlo hasta que le pillaban el truco. Al fin y al cabo, *what one fool can do, another can*. Contiene aportaciones muy importantes de José Enrique Alvarellos, Eva Fernández, Julio Fernández, Celia González, Begoña Mula, Nadir Samos, Silvia Santalla y Germán Sierra.