

# Déjame que te cuente cómo son mis clases

JAVIER GONZÁLEZ  
OROZCO

Hace muchos años, en algún momento de mi vida estudié griego y me gustó mucho, inclusive llegué a leer algunos textos en ese idioma, como las *Odas* de Anacreonte. Para mí era un reto leer una frase escrita en griego y entender lo que significaba, era ni más ni menos un criptograma que había que descifrar. Y cuando comencé a estudiar matemáticas, me interesé por ellas porque las ecuaciones vinieron a ser para mí lo mismo que el griego, a fin de cuentas las matemáticas son también un lenguaje, el lenguaje de la ciencia; tienen su propia gramática: sintaxis, reglas de construcción, y en ese sentido también una ecuación fue para mí un criptograma, una frase escrita en el lenguaje de la ciencia, con un mensaje oculto que había que descifrar.

## La primera lección

Por esa razón, en la primera clase al comenzar alguno de mis cursos, pongo a mis alumnos una

frase en griego εἰς χελιδονα.<sup>1</sup> Como todos conocen las letras griegas, en un minuto la pueden leer. En seguida pongo también una ecuación — una ecuación que tenga una interpretación física y que ellos debieron haber visto en algún curso anterior—, les pido que la lean y por lo general todos la leen sin dificultad. Regreso a la frase que está en griego y pregunto su significado. Y claro, ¿cómo van a saberlo si no entienden el lenguaje! Pueden leerla pero no entenderla. Vemos luego la ecuación y al preguntar por su significado la sorpresa es que ocurre lo mismo que con la frase en griego: pueden leerla pero no entenderla. Entonces les digo:

¿Saben, muchachos?, yo creo que las matemáticas no les gustan porque no las entienden; las desarrollan mecánicamente y cuando llegan a un resultado no lo saben interpretar, no saben lo que están obteniendo. Dense cuenta: una ecuación es una frase escrita en el lenguaje de la ciencia. Y hay una

---

*Ingeniero mecánico electricista. Maestro en ciencias físico matemáticas por el Florida Institute of Technology. Invitado por la Universidad Pontificia de Comillas, cooperó con otros especialistas en la realización de un trabajo sobre utilización de software especializado en la enseñanza de las matemáticas, que posteriormente se presentó en un congreso en Leningrado.*

*Formador de generaciones de estudiantes del ITESO desde 1967, ha participado en la creación y desarrollo del Departamento de Matemáticas y Física, los laboratorios y el observatorio. Ha sido maestro de álgebra, cálculo, métodos numéricos, estática, dinámica, teoría electromagnética, funciones especiales y ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Colaboró desde*

*la Junta de Gobierno y Organismos Colegiados del ITESO en el desarrollo de la actual estructura de la universidad.*

*Amante de la naturaleza y la música, observador acucioso, viajero incansable: “Viví los embates de un tifón en un buque relativamente pequeño, durante la travesía desde Nahodka en la Unión Soviética a Yokohama en el Japón; crucé el Estrecho de Gibraltar y el Adriático en barcos de alta velocidad; he estado en la plaza de Marrakech con los encantadores de cobras; vi a un grupo de alpinistas escalar las paredes verticales de las gargantas del Togra en Marruecos y después con un grupo de Beréberes fui hacia la frontera con Argelia a lomo de dromedario por el desierto del Sahara.”*

gran diferencia entre sólo escribir o leer una frase y entender su significado. Por ejemplo, si me pongo a copiar un guión en alemán y no sé alemán, ¡qué aburrido!, porque aunque lo puedo escribir no lo puedo entender. Con las matemáticas puede ocurrir algo semejante: conocen el proceso mecánico para llegar a los resultados, pero no entienden exactamente lo que están haciendo no les significa nada, y si no tiene un significado ¿qué interés les puede despertar?

Es necesario, pues, profundizar en el conocimiento del lenguaje de la ciencia para entender el significado de sus expresiones. Ése es el objetivo que tenemos en mente los maestros al exponer la teoría, y también es una de las razones por las cuales insistimos en ella.

### Encontrar el porqué de las cosas

“Una de las razones de estudiar es aprender y formarse para la vida, no sólo es aprender para pasar los exámenes”, les digo a mis alumnos. Pasar es una consecuencia de saber, pero de ninguna manera el fin con el que se estudia. Por otra parte, dense cuenta que existen diferentes niveles de conocimiento; mencionaré por lo menos dos de ellos:

- Cómo se hacen las cosas. Si yo pregunto: “¿Cómo se prende la luz?”, la respuesta es inmediata: “Se aprieta ese botón y prende la luz”.
- Ahora bien, “¿Por qué cuando se aprieta ese botón prende la luz?” Estoy seguro de que para todos es claro que la respuesta implica otro nivel de conocimientos.

“Es necesario saber los ‘cómo’, pero los ‘porqué’ dan la razón que los justifica, y eso en matemáticas, como en muchas otras áreas, es algo muy importante. Conocer el porqué de las causas permite modificar los procedimientos para llegar a los resultados; así, quien conoce la lógica que hay detrás de las fórmulas que está empleando, puede idear caminos alternativos de solución, pues sabe la razón de utilizar una fórmula y no otra. Los maestros insistimos mucho en la teoría porque precisamente en ella está el porqué de las cosas.

“Quien sabe cómo se hacen las cosas siempre va a tener trabajo, pero el que además sabe por qué se hacen así, va a ser el jefe; pues será él quien podrá, con fundamento, proponer caminos diferentes de solución, ya que conoce las razones tras los procedimientos”. Así voy exponiendo ideas semejantes a mis alumnos al principio y a lo largo del curso.

La búsqueda del porqué de las cosas es una constante en mis clases. “¿Por qué es esto así?”, les pregunto con frecuencia a mis alumnos, y en ocasiones me contestan: “Porque el maestro dijo.” Entonces les pido que justifiquen lo que afirman, pues no admito como razón eso de que otro maestro se los dijo. “Pues ahora, tienen un maestro que les dice que eso es diferente, y ¿ustedes qué van a decir? Lo que sin pruebas se afirma, sin pruebas se niega”. Por eso a lo largo del curso insisto en que se entienda el porqué de lo que tratamos.

Les digo: “Lo que no demuestre en clase están en libertad de no saberlo; toda fórmula tendrá su justificación, que además espero que ustedes entiendan y aprendan.” Claro, no justifico cada procedimiento o fórmula que empleo si se refieren a temas que se suponen sabidos, pues entonces nunca terminaríamos.

Enfatizo la diferencia entre entender y aprender. Desde mi punto de vista, para que el curso sea bueno es necesario que los alumnos entiendan y aprendan, pero ello no será posible si ambas partes no hacemos lo que nos toca hacer. Como maestro, me tocará preparar bien la clase, exponer con claridad, elegir problemas que sean representativos del tema que estoy tratando, en lo posible resolver sus dificultades con la mayor claridad y plantear como tarea problemas con grados de dificultad ascendente, de modo que vayan exigiéndoles poco a poco mayor habilidad en el manejo de los temas. Pero una vez que ya entendieron, les digo: “¿Qué más puedo hacer? Mi trabajo termina en el momento en que ustedes entienden, ahora hace falta que reafirmen lo que entendieron para que lo puedan manejar con habilidad, y eso implica trabajo personal. Poco puedo hacer yo si ustedes no hacen lo que les toca. El trabajo del maestro será inútil si no consolidan el aprendizaje mediante investigación y trabajo personal.” La disciplina que

---

el estudio y el trabajo personal exigen, es en realidad lo más difícil.

Comienzo todas mis clases preguntando si hay alguna dificultad. Si no la hay, les digo que entonces puedo suponer que entendieron todo o no estudiaron nada, y que como no voy a suponer que no estudiaron nada, lo más probable es que entendieron todo; y sigo adelante, pues quiere decir que ya manejan el tema y en cualquier momento podría hacer un examen. Y en ocasiones al iniciar la clase pongo sorpresivamente algún problema. Como maestro yo realmente soy lírico, pero esa forma intuitiva de proceder me ha dado resultado y me ha permitido establecer una relación de cercanía con mis alumnos. En 35 años nunca he tenido dificultad con ellos; al contrario, más bien siento que al final del curso tengo un amigo en cada uno. Si paso lista es para conocerlos, no para saber quién asiste a clase, y eso lo digo desde el principio. De igual manera cuando necesitan hablar, dejo que lo hagan con libertad, no me opongo, nada más les pido que yo no los oiga.

### Cada clase es diferente

Algunas clases me gustan más que otras, pero siempre las preparo todas. Me gustan las clases de dinámica, teoría electromagnética, variable compleja, cálculo vectorial, y ecuaciones diferenciales en derivadas parciales; me gustan porque se prestan para las aplicaciones físicas.

La primera vez que di clases fue hace 35 años, a un grupo de secundaria del Instituto de Ciencias. Por ese mismo tiempo en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) estaba dando clases el ingeniero José Tapia, quien estaba enfermo desde hacía tiempo, y el padre Jorge Villalobos, que era el rector, me pidió que ayudara al ingeniero. Acepté con mucho gusto, y dejé una plaza que acababa de conseguir. Vine y me entrevisté con el director de Ingeniería, el ingeniero Arnold Mainers. Recuerdo muy bien que en la primera clase iba a tratar las funciones gamma y beta dentro del tema de integrales impropias y criterios de convergencia. Recuerdo que venía un periodo de vacaciones, un “puente”, así que una vez que hablé con el ingeniero Mainers y

quedamos en que iniciaría el primer día de clases siguiente, aproveché el puente para preparar lo mejor posible mi clase, sabía que la primera clase sería crítica. Compré un pizarrón, me encerré en casa como si estuviera frente al grupo, y me puse a hacer los desarrollos matemáticos que tendría que presentar en clase, centrándome en los puntos en que claramente veía que estarían las dificultades y en cómo iba a explicarlos para que el alumno entendiera. Fui identificando todos esos puntos. Estaba en eso cuando llegaron varios de mis alumnos del Instituto de Ciencias para invitarme a ir al Iztaccíhuatl —con el grupo que luego, por desgracia, se accidentó—; claro que quería ir, pero tenía el compromiso con el ITESO y por eso decidí quedarme a preparar mi primera clase.

Desde entonces siempre preparo las clases. A pesar de que he impartido la misma materia en muchas ocasiones, estoy seguro de que no he dado dos cursos iguales, porque cada año hay algo que puedo añadir, modificar, darle un enfoque diferente, presentar nuevas aplicaciones; esto también lo hace atractivo para mí, sería terriblemente tedioso estar repitiendo siempre lo mismo. Incluso he buscado formas diferentes de presentar los desarrollos teóricos, de tal manera que una pequeña variante los pueda hacer más accesibles o les pueda dar un enfoque hacia otro tipo de aplicaciones. Y eso requiere tiempo de preparación. Además no sé por qué el primer día de clases de todos los años me cuesta muchísimo trabajo, siempre me pongo nervioso. Pero poco a poco los alumnos y yo nos vamos conociendo y luego la relación es excelente.

Cada clase es para mí una nueva vivencia. Entro a la clase y me olvido de todo. Cuando vine al ITESO lo único que quería era ser maestro. Haber llegado a jefe de departamento y director de la División de Ingeniería lo viví como uno de esos accidentes que ocurren en la vida. Cuando estuve al frente de la División de Ingeniería, dar clases era un descanso, por eso nunca las dejé, pues al entrar a clase me olvido de los problemas.

Cuando doy la misma materia dos veces, pido que de ser posible no toque a un mismo grupo ser el segundo, sino que vayan alternados, porque normalmente la segunda clase es mejor que la primera. En la segunda clase ya sé en donde va a “sal-

tar la liebre”. En la primera salieron las dificultades y se encontró la forma de resolverlas; en la segunda se tiene ya una mejor idea de cómo hacer los planteamientos; por eso no quiero que el segundo grupo sea siempre el mismo sino que estén alternados.

Al principio prácticamente aquí daba clases a todos los alumnos de ingeniería. Pero es que en esos tiempos teníamos un solo grupo, en él estaban los alumnos de todas las carreras; ahora hay tantos grupos y alumnos que a muchos de ellos no los llego a conocer, ni siquiera nos cruzamos en el camino. En alguna ocasión he pedido que me dejen llevar uno de los grupos de una generación desde primero hasta cuarto; todos los semestres. Claro, dejando a los alumnos la libertad de seguir o no en el grupo.

Dar clases es una gran experiencia, esa relación de amistad con los muchachos que nace y va creciendo... Aunque es poco el tiempo que estamos en comunicación pues se da sólo durante la clase y, eventualmente, cuando vienen por alguna consulta, creo que sí hacemos amistad; eso me da mucho gusto.

Al hacerme cargo de un grupo considero fundamental creer en mis alumnos. Nunca juzgo a un grupo por lo que otro hace. Cada grupo es diferente y de entrada confío en ellos. Pienso que una buena relación debe estar cimentada en cosas tan simples como la confianza, el respeto y la atención, en saber oír las preguntas de los alumnos y tratar de dar respuesta a sus inquietudes. En ocasiones en que no tengo una respuesta, les digo: “Déjame pensarlo, voy a estudiar el problema.” Pero eso sí, la siguiente clase lo primero que hago es dar respuesta a la pregunta; me pongo a prepararla, y la siguiente clase es lo primero que resuelvo. Me parece que ésa es una forma de atender a los alumnos y de que ellos se den cuenta de que sus inquietudes no caen en vacío, sino que uno se interesa por ver de qué manera aclara en lo posible sus dudas. Es demostrar con hechos el interés en ellos.

El ambiente de amistad que se va construyendo a lo largo del curso es una de las cosas que me gusta de dar clases. Por otra parte, el grupo puede

ser grande o pequeño, pero en ambos casos la atención que me merecen es la misma.

Hace poco, un coordinador de carrera me preguntó si no me importaba tener tres alumnos en un curso. “No”, le dije, “Para mí un grupazo es de uno o cien alumnos.”

Me gusta entusiasmarlos poco a poco con los temas que expongo, me parece que uno de los trabajos —no sé si la palabra adecuada sea *trabajo*— importantes del maestro es despertar el interés del alumno por el tema que se está impartiendo, descubrir cuáles son los intereses de los alumnos y tratar de ligar esos intereses con lo que uno expone. Si el alumno es de algún área de ingeniería, lo que trato de hacer es buscar problemas de esa área, cuya solución implique el conocimiento de los temas que estoy presentando. Busco ejemplos que estén relacionados con sus intereses, de modo que al ver el planteamiento se convenzan de la necesidad de conocer los temas que expongo, para poder profundizar en lo que les interesa y, desde luego, para que vean su utilidad.

Hay que aclararles, sin embargo, que no todo lo que se ve en la clase tiene una utilidad tan pragmática como la puede tener una fórmula para resolver algún problema. Por ejemplo, al exponer la teoría, una de las razones para hacer una demostración es justificar lo que después voy a manejar; otra es que las demostraciones son modelos de razonamiento, en donde se establecen hipótesis y se obtienen conclusiones que sabemos son verdaderas si aquellas hipótesis en que nos basamos lo son también y si es lógicamente correcto el proceso para llegar a los resultados.

No me gusta que me impongan procedimientos para llevar a cabo una clase; me gusta sentir la libertad de seguir lo que el grupo va pidiendo, identificar el camino que debo tomar para poder desarrollar un tema. Mi gusto por dar clases se da en tanto tengo libertad de impartirlas de la manera como yo creo que es la mejor, puesto que voy viendo los resultados: los alumnos aprenden, el nivel que tenemos es bueno o, en ocasiones, muy bueno.

Si se establecen procedimientos que tratan de estandarizar, siento que no quepo en ellos, y me

revelo de alguna manera. Ésas son de las pocas cosas que me causan malestar al impartir clases.

Cuando las instituciones crecen, se hace necesario establecer normas y procedimientos que en ocasiones hacen engorroso el trabajo y cuya aplicación generalizada a veces nos pone ante situaciones de aparente intransigencia y posible injusticia. Entonces me pregunto ¿cuál es el espíritu tras esta norma?, ¿cuál es la enseñanza que pueden sacar los alumnos de su aplicación o no aplicación?, ¿cómo los va a afectar en su formación y en su carrera?, ¿qué consecuencias pudiera tener tratar de facilitarles el camino en esta ocasión?

Pensando en la formación de mis alumnos y lo que pudiera representar el hecho de quebrantar una norma, creo que cuando salgan a trabajar van a tener que restringirse a normas y reglamentos que en ocasiones verán que son aplicados de manera ciega, sin tener en cuenta el espíritu que los originó. Es contra esa forma de proceder que me revelo. Prefiero formar a un alumno que, con una base valoral suficientemente razonada, sea capaz, el día de mañana, de quebrantar una norma por no cometer una injusticia con sus empleados, que a otro que las aplique a rajatabla. Estas acciones son importantes porque dejan huella en los alumnos, y lo que esperamos como maestros es que de alguna manera ayuden en su formación.

En clases de matemáticas o física no siempre hablamos de valores, pero estoy seguro que de alguna manera los transmitimos. Aún cuando de manera explícita no se hable sobre temas de formación, a través de nuestras acciones vamos dejando en los alumnos una serie de valores que ellos perciben en la forma de tratarlos, de oírlos, de resolver un problema de relaciones humanas, al reconocer que me equivoqué y disculparme. Esto es importante, pues sienta la base para esa relación de amistad entre alumnos y maestro, lo cual a fin de cuentas redundará también en que el alumno se interese por la materia.

Así, también a través de su comportamiento en la clase, el maestro va despertando el interés por la materia que imparte. A mí me preocupa el programa por cubrir, pero no me interesa tanto llegar al final de él, primero me interesa que los alumnos vayan aprendiendo, y por eso vamos al

paso que siento que ellos deben ir. Por eso a veces me molestan estandarizaciones que se vuelven una “camisa de fuerza”: hay que hacer tal cosa porque todos van a hacerla. Pero si no todos los grupos son iguales, ¿por qué tratarlos a todos igual? No, en la respuesta del grupo a mi trabajo voy viendo la necesidad de hacer cambios, basado prioritariamente en su aprendizaje.

En ocasiones tengo que reprobar a algunos alumnos, y entonces es importante para mí hacerles ver que era algo que debía hacer y, por lo tanto, justo. Aceptarlo les resulta formativo, confronta al alumno consigo mismo para analizar sus errores y aprender de ellos.

### Cómo se aprenden las matemáticas

Doy clases en una preparatoria desde hace muchos años, precisamente en la escuela en donde estudié griego; ahí doy matemáticas y física.

Les digo a mis alumnos que las matemáticas son fáciles porque todo es lógico, bien estructurado, claro, con un significado y tal poder de predicción en las aplicaciones, que las hace realmente una belleza. Veo que poco a poco la mayoría de los alumnos —aunque no todos, por cierto— empiezan a mostrar entusiasmo, lo cual me da mucho gusto. Les pongo problemas que sé que ya vieron y les pido que me digan el procedimiento por seguir para llegar a la solución, pero cada vez que me dicen algo les voy preguntando ¿por qué?, y si no hay una razón clara, la vamos encontrando. Sé que si al final del curso puedo dejar en ellos la inquietud de buscar una razón al porqué de las cosas y de respaldar con un argumento lo que afirman, habremos ganado muchísimo, porque tratar de dar una respuesta fundamentada a la pregunta ¿por qué?, es la semilla de la investigación.

O ¿acaso la investigación no consiste en buena parte en estudiar un problema para tratar de responder a un porqué?, y además la respuesta debe estar bien fundamentada para que no pueda ser rebatida. Por esa razón insisto en las demostraciones como modelos de razonamiento y constantemente los estoy retando con los porqué.

Los confronto con problemas simples que ya vieron, de álgebra o de trigonometría. Por ejem-

plo: “Ustedes ya saben álgebra, ¿verdad? Supongan que su hermanito que está en un curso inferior les comenta ‘El maestro me dijo que cualquier cantidad elevada a la cero potencia es uno. ¿Es cierto?, ¿por qué?’ La respuesta no puede ser ‘porque así me lo dijeron.’” Otro ejemplo: “¿Cuál es la explicación que van a dar si les preguntan si es verdad que los ángulos internos de un triángulo suman 180 grados?” Pongo entonces un triángulo en una superficie curva y vemos que la afirmación anterior es cierta sólo si la superficie es plana.

Que uno más uno son dos, todo mundo lo dice, pero vamos a suponer que estamos utilizando el sistema binario, un lenguaje que usan las computadoras, en el que, como su nombre lo dice, sólo hay dos números: el cero y el uno; pero si el dos ni siquiera existe, ¿cómo puede ser que uno más uno sean dos?, ¿el cero es un número?, ¿realmente numeramos algo con él? Confronto a los alumnos con cosas como esas, que parecen tan evidentes y que luego resulta que sólo son verdaderas bajo ciertas condiciones. Ahí está justamente el poder del razonamiento lógico, pues nos permite llegar a una respuesta que sabemos es verdadera cuando el proceso lógico para llegar a ella fue correcto, y verdaderas las hipótesis en que nos basamos. Eso va despertando su interés, pues empiezan a ver que aun cuando los resultados no son tan obvios como pensaban, se pueden encontrar.

Les pregunto sobre el infinito, lo qué significa para ellos; les pongo de ejemplo los números enteros o las fracciones. Les muestro la dificultad de asir el infinito y cómo éste no puede darse en algo de orden material, por ello cuando en nuestras ecuaciones aparece como resultado un infinito, es necesario revisarlas. *Infinito* es una palabra que utilizamos para decir que un proceso no tiene término lógico, o sea que no hay una razón lógica para que ese proceso tenga un límite o por qué detenerse. Disfrutamos cuando expongo situaciones de reflexión que parecen chuscas, que a veces también los hacen reír mucho.

#### Una forma creativa de resolver problemas: contar un cuento

Un cuento muy conocido es aquel en que un maestro, tratando de establecer un modelo matemáti-

co para determinar cómo cambia la presión con la altura, dijo a sus alumnos: “Aquí tienen este barómetro; quiero que utilizándolo me digan cuál es la altura de ese edificio.” Como el maestro no expresó la necesidad de establecer un modelo matemático para resolver el problema, los alumnos se centraron en tratar de saber cuál era la altura del edificio mediante el barómetro, así, un alumno amarra el barómetro con un hilo, sube a la parte más alta, lo descuelga hasta que el barómetro toca el piso y después mide el hilo. Le dice al maestro que el edificio mide tanto y que para averiguarlo usó el barómetro. El maestro le insiste en que tiene que utilizar un método más científico, que por lo menos utilice una fórmula.

El alumno vuelve a subir hasta arriba del edificio, deja caer el barómetro y toma el tiempo que tarda en llegar al piso. Después le da al maestro lo que quedó del barómetro y le dice que, de acuerdo con la fórmula para caída libre de los cuerpos, la altura del edificio es tal. El maestro le pide volver a hacerlo pero sin golpear ni destruir el barómetro. Entonces el alumno se retira del edificio, mide la distancia, coloca verticalmente el barómetro en el suelo y establece una relación entre triángulos: con la distancia y la altura de los objetos, llega también al resultado. Así, desde el alumno que fue al sótano del edificio con el conserje y le ofreció el barómetro si le decía la altura del edificio, hasta el que ideó un modelo matemático para relacionar el cambio de presión con la altura, resolvieron el problema y utilizaron el barómetro en el proceso. De este modo ellos ven que las formas creativas e ingeniosas de resolver un problema son muchas.

#### Algo que aprendí con el padre Carreira

En ocasiones abordo temas que considero verdaderamente apasionantes; de manera muy condensada trataré de exponer algunos de ellos. Comienzo preguntando, por ejemplo, si a través del método científico puedo llegar a saber cuál es la razón por la que algo existe, ¿Cómo determinar a través de un método experimental la finalidad de las cosas? Si el método científico se basa esencialmente en contar, pesar y medir, ¿será posible, uti-

lizándolo, llegar a saber la finalidad para la que algo fue construido? Al ser negativa la respuesta, nos damos cuenta de que para profundizar en nuestros conocimientos es necesario contar con otras formas de acceder a la realidad, y entonces aparece la necesidad, primero, de la filosofía y, luego, de la teología.

Así llegamos a reflexiones sobre la razón de que exista el universo, su fin y principio o si es cíclico y eterno; sobre la materia, la gran explosión, las fuerzas gravitacionales; la masa crítica que frena la expansión del universo...

Las visitas y conferencias del padre Manuel Carreira en ocasiones me han permitido introducir temas que relacionan ciencia y fe.

Por ejemplo, este año, al inicio de la clase de teoría electromagnética y después de una breve introducción sobre lo que necesitamos hacer maestro y alumnos para que el curso dé el resultado esperado, entramos en materia hablando de las fuerzas que existen en el universo.

Comencé: “De acuerdo con los conocimientos actuales de física, existen solamente cuatro fuerzas que parecen regir el comportamiento de la materia: la electromagnética, la gravitacional, la nuclear fuerte y la nuclear débil. Con esas cuatro fuerzas es posible explicar el comportamiento de lo que llamamos materia, aunque realmente no sabemos por qué son sólo cuatro, ni por qué hay una diferencia tan grande entre ellas; la diferencia entre la fuerza gravitacional y la fuerza electromagnética es increíblemente grande, del orden de  $10^{39}$ . Sin embargo, hablamos constantemente de las fuerzas que rigen la interacción entre las diferentes manifestaciones de la materia, y establecemos modelos que la simulan. A veces, equivocadamente, se dice que estos modelos determinan el comportamiento de tal o cual fenómeno físico, pero eso en realidad no es cierto, pues si están bien planteados, acaso lo describen, pero de ninguna manera lo determinan.”

“Ahora bien, puesto que a lo largo del curso estaremos constantemente hablando de campos electromagnéticos y medios materiales, ¿por qué no comenzar preguntándonos qué es la materia?”

“Creo que la respuesta más honesta que podemos dar a esa pregunta es que no lo sabemos. Y

una vez dicho eso, podemos intentar dar una definición basada en el conocimiento que tenemos de las leyes y fuerzas que intervienen en su comportamiento: así, podemos decir que materia es toda realidad susceptible de ser afectada por al menos una de las cuatro fuerzas que actúan en el universo. Parece lógico que si cuatro fuerzas permiten describir el comportamiento de lo que llamo materia, pueda decir que materia es cualquier realidad susceptible de ser afectada por al menos una de ellas.

“Pero, díganme, ¿cuál de esas cuatro fuerzas podría explicar el pensamiento? Ahora bien, si no es posible explicar el pensamiento mediante alguna de ellas, puedo, de acuerdo con la definición anterior, concluir que el pensamiento no es materia, y, por lo tanto, postular al menos la existencia de una realidad no material que de alguna manera es la causante del pensamiento. A esa realidad no material le pueden llamar alma, espíritu o como quieran. Lo que me interesa ahora señalar es cómo al tratar de dar respuesta a la pregunta sobre la materia, venimos a dar a otro tema, el hombre. Sigamos un poco y veamos a dónde llegamos; la pregunta ahora es ¿está el hombre formado por una dualidad de materia y espíritu? Porque de ser así, entonces la parte no material causante del pensamiento no está sujeta ni a espacio ni a tiempo —pues espacio y tiempo son parámetros de la materia— y, por lo tanto, esa realidad no material, una vez que existe, no puede, con el paso del tiempo, dejar de existir.

“Por otra parte, ustedes habrán oído que, con base en algunas ramas de la física que estudian el origen y la evolución del universo, se ha podido, de manera aproximada, medir la cantidad de materia que hay en él. Todas las mediciones llevan a la conclusión de que la materia existente constituye cuando mucho 30 o 40% de la masa necesaria para frenar su expansión; por lo tanto, la implicación es que el universo seguirá expandiéndose indefinidamente y nunca volverá a contraerse. Sin embargo, algunos investigadores opinan que hay gran cantidad de materia: en hoyos negros, materia difusa, nubes de materia opaca... y así aunque nosotros no la podamos detectar, contribuye a la masa crítica necesaria para frenar la expansión.

“Suponiendo eso cierto y que la masa existente en el universo sea suficiente para frenar la expansión, entonces la materia se va a contraer y condensar hasta formar una singularidad, y no conocemos absolutamente ninguna ley física que permita predecir ‘el rebote’, la vuelta otra vez a la expansión. Decir que eso va a ocurrir sería una afirmación gratuita, porque no tenemos base para afirmarlo. Ahora bien, si con el tiempo se llegara a descubrir esa ley, hay otro fenómeno importante que considerar: en el interior de las estrellas constantemente se transforma hidrógeno en helio y, en el proceso, parte de la masa se transforma en energía de acuerdo con la ecuación  $E = mc^2$ .

“Gran parte de la energía que constantemente están disipando las estrellas es resultado de ‘la pérdida de masa’ durante el proceso de transformación de unos elementos en otros, lo cual significa que cada segundo que pasa hay en el universo menos materia en forma de masa y más en forma de energía, y como la energía radiada no tiene masa, no es frenada por la fuerza gravitacional. Por lo que, aun cuando se diera “el rebote”, las condiciones iniciales de la segunda expansión serían diferentes a las de la primera, y así sucesivamente. Por lo tanto, el universo tiene un número

finito de ciclos y, en cada ciclo sucesivo, una cantidad menor de materia en forma de masa. De manera que terminaría siendo una inmensidad de espacio prácticamente vacío, oscuro y frío.

“Pero si todo cuanto existe tiene una razón de ser, entonces ¿para qué existe el universo?, ¿su existencia es un sin sentido? Si al final todo acabará destruido, ¿para qué la maravilla de vida que es el hombre? Vean que hemos entrado por el camino de la materia hasta llegar a especular acerca de la razón de la existencia del universo. Y, por lo que hemos planteado, parece razonable concluir que aun cuando el único planeta habitado fuese la Tierra, el universo sí tiene un propósito, cumple su cometido al servir como base para la creación de algo no material, el espíritu del hombre, que no dejará de existir aun cuando al final el universo sea sólo oscuridad, vacío y frío.

“Bueno, pero... ¿qué les parece si ahora empezamos la clase?”

---

#### Nota

1. Significa “A una golondrina”, es el título de una oda de Anacreonte.





Jorge Sevilla



Zoe Aguilar