

Esta sección retoma las nociones y conceptos fundamentales de la formación universitaria, esto es, el entusiasmo creador del investigador, los antecedentes ideológicos de las teorías científicas, la influencia de colegios invisibles y de modas, la amistad y el debate entre colegas, el orgullo del oficio, la paciencia, las preocupaciones educativas de los investigadores y todo eso que podríamos llamar "la dimensión humana de la ciencia".

Enseñar a pensar (parte II). De monstruos y demostraciones

José Luis Córdova F.*

No, no, estimado lector. Supere el susto inicial. En este artículo no hablaremos de las monstruosas demostraciones econométricas que nos convencen (¿?), de que la recuperación del nivel de vida es un hecho. Ni de las abstrusas demostraciones del teorema de Gödel o del último teorema de Fermat. Haremos, según nuestra inveterada costumbre, una aproximación etimológica y conceptual a ambos términos a fin de encontrar relaciones con nuestro quehacer docente.

Comencemos pues con los monstruos. Los monstruos son tales por poco frecuentes. En épocas pasadas usaban otras mitologías para explicarse los acontecimientos¹ y una de ellas eran los mensajes de la divinidad. La etimología del término "monstruo" remite a *mostrare* "mostrar"; los monstruos eran un aviso de Dios a los mortales, una *muestra* de la ira del Creador.

Hoy entendemos una "demostración" como una "explicación rigurosa". Y es aquí donde vale la pena remitirse a la historia. Porque lo que hoy entendemos como "demostración" no siempre lo ha sido; lo que hoy entendemos por "explicación rigurosa" no siempre lo ha sido.² He aquí algunos ejemplos:

1. Kepler buscó ajustar las órbitas planetarias a cuerpos geométricos simples: los sólidos platónicos. Las formas geométricas simples *explicaban* la naturaleza del cosmos.
2. Dalton presentó sus modelos atómicos apoyado en sencillas construcciones de esferitas y espigas de madera. Los críticos de la Sociedad Filosófica y Literaria de Manchester respondieron: "El señor Dalton reporta los pesos de partículas que *nunca ha visto*".
3. Semmelweis, allá por 1860, había inferido las causas de la fiebre puerperal. Sin embargo, ni los microscopios de la época ni los filtros disponibles lograron captar algo. Sus aportaciones a la profilaxis fueron ignoradas.
4. Newton optó por presentar su *Principia Philo-*

sophiae Naturalis utilizando argumentaciones geométricas. El recién inventado cálculo no tenía obviamente prestigio y era un muy discutible instrumento de demostración. Las explicaciones geométricas, en cambio, tenían gran aceptación. Si bien la teoría de gravitación universal de Newton *predecía* los efectos de esta fuerza, no decía absolutamente nada acerca de sus orígenes. El mismo Newton afirmó: "al respecto no hago ninguna hipótesis". Con ello no se ajustaba a la noción de ciencia entonces vigente: "conocimiento de las cosas por sus causas".

5. El modelo de vórtices de Descartes postulaba la existencia de un medio que permitía la acción a distancia. De aquí que, 40 años después de la publicación de la teoría de gravitación, se siguiera enseñando en Cambridge el modelo de Descartes: daba las causas mecánicas de la atracción en términos de sutiles partículas en contacto.
6. Cuando el maestro Carlos Graef discutió con Einstein el modelo de Birkhoff convinieron que el punto central era el concepto de "explicación". Para Graef era "un conjunto de ecuaciones que predicen fenómenos". Para Einstein, "un modelo consistente con la filosofía de la Naturaleza".
7. Cuando se presentó la demostración del último teorema de Fermat³ surgió la pregunta ¿cuántos entienden las 200 páginas de la argumentación? Demostración, explicación ¿para quién?

Nuestra labor de profesores nos enfrenta continuamente con el problema de "dar explicaciones", y aceptamos que la explicación por excelencia es "la que demuestra". Cuenta la leyenda que Euler presentó a Diderot el siguiente argumento:

$$e^{-\pi i} + 1 = 0, \text{ Por tanto, Dios existe.}$$

¿Puede haber explicación o demostración sin aceptar de entrada unas premisas y una inferencia? Es obvio que maestros y alumnos no comparti-

* Departamento de Química. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D.F.

¹ Parte de nuestra mitología es el progreso continuo, el bienestar tecnológico, la aldea global.

² Lo mismo podría decirse de "excelencia", "calidad" y demás términos usados indiscriminada y acriticamente por los administradores.

³ Sin duda aceptamos que "una demostración matemática" es el paradigma de las explicaciones.

mos tales requisitos. Y con sorpresa constatamos que los alumnos aceptan la explicación de otro compañero totalmente ininteligible para nosotros! También es cierto que, las más de las veces no entendemos siquiera las preguntas de los alumnos! Creo que el problema no es sólo de lenguajes, no; lo problemático es la misma naturaleza de la explicación. E intentaré "explicarlo":

Para el maestro "explicar" es relacionar de manera única, necesaria y suficiente, un concepto con una estructura. Para el alumno "explicar" es, frecuentemente, referirse a un "conjunto de instrucciones" del maestro o del cuate o del libro (?). Hay excepciones, sí, pero generalmente el estudiante busca el "cómo se hace", no el "por qué se hace así". Ahora bien, al hablar de "por qué" estoy bordeando el abismo insondable de la "comprensión".

En la vida diaria nuestras explicaciones, cuando lo son,⁴ son causales: quién hizo esto, quién lo otro. Ciertamente, dentro de las explicaciones causales también se hallan las "causas finales", el "para qué". ¿Ha escuchado el lector la ubicua y estudiantil pregunta "y esto ¿para qué me servirá?" ?

En mi opinión, la enseñanza más valiosa de la ciencia moderna es haber acotado los problemas a preguntas que sí tienen respuesta. Ciertamente, ha abandonado las preguntas inquietantes y profundas de la existencia humana: ¿Qué es la vida? ¿Para qué sirve? ¿Qué fundamenta a los valores? ¿Por qué existe la injusticia? ¿Qué es la belleza? Y ha elaborado complejos modelos matemáticos para predecir el comportamiento de ciertos sistemas, en ciertas condiciones, con cierta exactitud. Y esto es lo que, en mi opinión, los maestros llamamos "explicación".

Permítaseme una vez más acudir a la historia. En tiempos de Galileo prevalecían las preguntas acerca de "la naturaleza de las cosas", qué es la materia, qué es el movimiento, qué es el espacio. El mérito del ilustre toscano fue cambiar las preguntas. Galileo no preguntó qué es el movimiento o qué es la distancia. Simplemente buscó responder la pregunta particular ¿cómo varía la distancia de un móvil en caída libre respecto al tiempo transcurrido? Su respuesta fue una ecuación matemática. Lo mismo ocurrió con Newton; no preguntó *la causa* de la atracción gravitatoria sino que *describió*, matemáticamente una vez más, la relación entre tres variables.

El éxito resultante de abandonar las preguntas

cotidianas, amén de la mayor eficiencia en la producción, llevó a una organización social basada en las especializaciones.

Y es esto precisamente lo que valoran los estudiantes en perjuicio del desarrollo de habilidades generales como son: capacidad de abstracción, capacidad de representación simbólica, traducción a diferentes lenguajes (del cotidiano al matemático, del matemático al químico, del químico al gráfico, etcétera), acotamiento del problema, definición de las condiciones límites, anticipación de situaciones extremas, etcétera. Cada vez más ¡ay! los alumnos quieren las recetas que les permitirán aprobar el examen. Esto, temo, resulta de variables poco controlables por los profesores: disminución en la autoestima, precariedad de las condiciones de bienestar, bombardeo de noticias alarmantes e indignantes en la misma jerarquía que las estúpidas y frívolas. Y estas variables, ¡ay, ay! afectan a profesores y a alumnos.

Razonar es, esencialmente, explicarse uno a sí mismo.⁵ Es buscar en el arcón de la memoria y de las nociones familiares aquéllas que pueden eslabonarse necesaria y suficientemente con el nuevo material. Y subrayo *puedan eslabonarse* porque más de una vez constatamos que no logramos tal eslabonamiento.⁶ Y subrayo *familiares*, porque las ideas con las que más ha convivido uno son las más inamovibles y persuasivas.

A decir verdad, la persistente situación del alumno es que no tiene tiempo (ni interés) para involucrarse en un juego de intentos, tinos y desatinos, desaciertos y aciertos efímeros. Razonar, esto es, explicarse a sí mismo, supone que uno disfruta la aventura, la tensión y el desasosiego. La situación, lo sabe el lector, no es muy distinta a la del enamoramiento.

Soneto anónimo (s. XVI)

El que tiene mujer moza y hermosa,
qué busca en casa de mujer ajena?
La suya, ¿es menos blanca? ¿es más morena?
¿Es fría, floja, flaca? No hay tal cosa.
¿Es desgraciada? No, sino graciosa.
¿Es mala? No por cierto, sino buena;
es una Venus, es una sirena,
un fresco lirio y una blanca rosa.
¿Pues qué busca? ¿dó va? ¿de dónde viene?
¿Mejor que la que tiene piensa hallarla?
¿Ha de ser su buscar un infinito?

⁴ Intente el audaz lector detectar cuántas de sus interacciones verbales son "explicaciones". Muy frecuentemente son comentarios, opiniones, informaciones, etc. que nos relacionan socialmente. Pero no más.

⁵ Vale recordar que, en la tradición nahuatl el sabio es "el que dialoga con su propio corazón".

⁶ El término "eslabón" se deriva de "esclavón". Concluya Ud., amable lector.

No busca él mujer, que ya la tiene.
 Busca el trabajo dulce de buscarla,
 que es el que enciende al hombre el apetito

Mas regreso a la “explicación” y a la “especialización”. En la vida cotidiana aceptamos explicaciones de muy diverso jaez. La explicación que aceptamos sobre cómo llegar a tal lado, es muy distinta a la de “por qué el país está como está”⁷ o a la de los resultados de un partido de fútbol. Dejo como tarea al lector descubrir si hay o no *inferencia* en esas explicaciones o simple *redundancia*. Tengo para mí que ésta es la diferencia sustancial con las explicaciones científicas; éstas implican claridad y precisión en las premisas y en la argumentación, claridad y precisión en los métodos de argumentación y en los de validación.

La historia del pensamiento permite identificar los criterios de explicación usados, abandonados y ¿superados? Pueden parecer etiquetas pero son algo más. Racionalismo, empirismo, positivismo, idealismo, etcétera, identifican en términos amplios los criterios de explicación que han empleado diversos grupos humanos. ¿Puede algo o alguien garantizar que ahora tenemos los definitivos? ¿Ahora sí hemos llegado al “*non plus ultra*” del conocimiento?

Todos sabemos que los artículos científicos implican una estimación del intervalo de error. Ésta es una diferencia clave entre el discurso científico y el burocrático: ningún político termina sus discursos dando un intervalo de error a sus afirmaciones.

Uno de los criterios de explicación de nuestra época es la *utilidad*. Así, si queremos explicarle el sentido de los cursos de química a un alumno de prepa tendremos que decirle *para qué sirve*, más exactamente: *para qué LE sirve*. Difícilmente nos aceptará *porque te hace pensar*. Los criterios de explicación son muy diferentes para alumno y maestro.

Y es que, me parece, la disposición de los alumnos al esfuerzo está muy localizada en los deportes y algunas actividades: dominó, baraja, ajedrez. No es extraño: nuestra cultura occidental está orientada al confort y apoyada en la rutina: el mayor placer con el menor esfuerzo. Hay muchísimas cosas que los alumnos no hacen por *utilidad*, (ver a los cuates, ir al cine, estar con la novia) sino porque *la pasan bien*; es obvio que los cursos, ay, ay, no cumplen esta condición. Se han vuelto una prueba de resistencia al aburrimiento. Pero quiero llevar mis comentarios al terreno de la rutina (sin que sean rutinarios):

muchas veces el alumno se reúne con los cuates *por rutina*, no *porque la pasa bien*, en este caso el criterio de explicación es: “así lo he hecho siempre”, o “así se acostumbra”. Y no debe asombrarnos que estos argumentos lleven a usar el pelo verde, mechones de colores. O asistir a clases.

¿Cómo enseñar a pensar a jóvenes que no necesitan explicaciones? ¿No resulta la aventura del pensamiento de la necesidad de hallar unidad en la diversidad? ¿Del descontento por una pregunta sin respuesta?

La historia, y hablo de la historia personal, la de cada uno, ivamos, la que fundamenta nuestra identidad! nos ha mostrado que nuestras mayores satisfacciones han resultado de nuestros mayores esfuerzos, que placer y dolor, son muy cercanos, que una actividad sin limitaciones no es gratificante. Recuerdo el caso del novato jugador de tenis que preguntó “¿Y si mejor quitamos la red?”

En breve, enseñar a preguntar, crear un ambiente favorable a las preguntas, es la primera condición para el aprendizaje relevante del alumno. Mostrar la *necesidad* del esfuerzo para la intensidad del placer intelectual, la segunda condición. Y la tercera, mostrar la *necesidad* de tal conocimiento. No digo nada nuevo al decir que para lograrlo no hay fórmulas universales; caeríamos en el reiterativo error del alumno: buscar “*la fórmula*”.

Y ése es, en mi opinión el error fundamental de los proyectos importados de enseñanza de química. Parece que, una vez más, han dado con “*la fórmula*”.⁸ Aceptable que las autoridades lo anuncien bombásticamente. Se trata, bien lo sabemos, del, ay, ay, inevitable juego de la simulación y el escapatate. Pero ¿querer tomarlo en serio como para que sea dogma en las aulas?

Así que regresemos a las aulas: el alumno promedio espera “instrucciones” más que “explicaciones”. Si nuestra enseñanza persuadiera a los estudiantes de que la actividad intelectual no es puro gozo sino que, como todas las actividades enriquecedoras, es un binomio tensión-distensión, esfuerzo-relajación y que *ellos pueden llegar a entender todo lo que se propongan*,⁹ estaríamos más cerca de los nobles ideales de la educación. Para esto último, me parece, la aproximación histórica en los cursos de química general es un apoyo incomparable.

Pero éste será tema de la próxima entrega. ■

⁷ La mejor explicación que he oído al respecto es la del Filósofo de Huelmes: “estamos como estamos porque somos como somos”.

⁸ Como sabe el lector “fórmula” significa “pequeña forma, horma o molde”.

⁹ Esto no implica que sea posible con los tiempos y métodos definidos por la Academia.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla



Posgrado 1998 Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas

Centro de Química del Instituto de Ciencias
y Facultad de Ciencias Químicas

REQUISITOS DE INGRESO

- Se aceptan candidatos que hayan realizado estudios de Química, Químico Farmacobiólogo, Ingeniería Química o estudios similares. Entregar copia fotostática reducida del título profesional, acta del examen profesional o constancia de titulación por cualquier otra vía.
- Para ingreso a Maestría se requiere un promedio mínimo de 8 (ocho) en los dos últimos años de la licenciatura.
- Para ingreso al Doctorado se requiere promedio mínimo de 8.5 (ocho cinco).
- Dedicar tiempo completo al Posgrado
- Aprobar los exámenes de admisión en química inorgánica, fisicoquímica, química orgánica y matemáticas.
- Derecho a examen de admisión: \$150.00

Exámenes de admisión

Inscripciones a los exámenes de admisión:

1° al 10 de julio de 1998.

Fecha de realización de los exámenes de admisión:

27 de julio al 7 de agosto de 1998.

DURACIÓN DE LOS ESTUDIOS

La Maestría en Ciencias Químicas se cursa en dos años, en las áreas de:

- Fisicoquímica
- Química Inorgánica
- Química Orgánica

El Doctorado en Ciencias Químicas tiene una duración de cuatro años, si el ingreso se realiza con nivel licenciatura o tres años si el ingreso se realiza con grado de Maestro en Ciencias. El área donde se oferta el doctorado es:

- Química Orgánica

El mapa curricular del doctorado es igual al de la Maestría en los dos primeros años. En los dos años restantes se continúa con la realización de tesis.

CURSO PROPEDEÚTICO

En el curso se imparten tópicos importantes sobre las asignaturas de:

- Química Inorgánica
- Fisicoquímica
- Química Orgánica
- Matemáticas

El curso propedeúutico no es obligatorio para presentar los exámenes de admisión, aunque sí ampliamente recomendado para homologar los conocimientos requeridos para los exámenes de admisión.

Inscripciones al curso propedeúutico: 11-29 de mayo de 1998

Duración del curso: 1 de junio al 10 de julio

Costo del curso: \$200.00

Cupo limitado

INFORMES E INSCRIPCIONES

Centro de Química, ICUAP.

Tel./Fax: (22) 45-62-07

Apdo. Postal 1613

Srita Guadalupe Domínguez

Blvd. 14 Sur 6303, (esq. Av. San Claudio)

Ciudad Universitaria, San Manuel

C.P. 72570, Puebla, Pue., México

Facultad de Ciencias Químicas

Tel./Fax: (22) 45-49-72.

Srita. Silvia García

Av. San Claudio Esq. con Blvd. 14 Sur

Ciudad Universitaria, San Manuel

C.P. 72570, Puebla, Pue., México.