

RESPUESTA AL DISCURSO DE INGRESO DE EUSEBIO JUARISTI COMO MIEMBRO DE EL COLEGIO NACIONAL

LEOPOLDO GARCÍA-COLÍN SCHERER
Miembro de El Colegio Nacional

Muy buenas noches colegas y distinguido público.

Mi misión es responder al discurso de Eusebio Juaristi, aunque no sé cómo responder a una intervención en la cual no hay preguntas. En realidad lo que voy a hacer es, en una forma muy objetiva, primero presentar los méritos de nuestro nuevo Miembro, y segundo, hacer algunos comentarios muy pertinentes a lo que él ha mencionado como los retos de la química en México en el futuro. El doctor Juaristi acaba de mostrar un cuadro donde nos hace ver cuál es su árbol genealógico intelectual. Yo quisiera presentarles otro árbol genealógico, que es un poquito diferente. Para mí el trabajo del doctor Juaristi descansa en tres grandes, tres gigantes de la química: Augusto Kekulé que como todos ustedes que llevaron un curso de química elemental saben, fue la primera persona que reconoció la tetravalencia del átomo de carbono, y además fue el creador de la estereoquímica; el otro fue el gran químico alemán Emil Fischer, al que me voy a referir en un momento; el tercero que el doctor Juaristi no mencionó, es el químico francés Victor Grignard. ¿Quién en sus buenos cursos de química no se acuerda de las Reacciones de Grignard? A él, si el tiempo me lo permite, me referiré muy brevemente.

¿Por qué Kekulé? Porque es el padre de la estereoquímica. Fue la primera persona que nos hizo pensar cómo la estructura de una molécula puede visualizarse en tres dimensiones. Ése no es un problema fácil; de hecho es un problema muy complicado, ya que no hay que hacer sólo una geometría, sino que hay que hacer una geometría de la molécula, basada en un conocimiento que no es trivial de obtener, en particular la forma como están dispuestas las ligaduras entre los diferentes átomos. Además, tampoco es fácil inferir si la estructura, que finalmente nosotros inferimos, es única, unívoca, o que no es así. De hecho, hasta 1970 la

estructura que propuso Kekulé para el benceno, se sabe que es incorrecta. Entonces viene el problema del isomerismo. Todas aquellas formas geométricas de una molécula, que sean equivalentes entre sí después de hacer rotaciones y reflexiones, sin cambiar la ubicación de las moléculas en esa estructura, generan muchos problemas, y más problemas aparecen cuando de todas esas estructuras, uno se pregunta cuál es la más estable. Los químicos utilizan un lenguaje un tanto particular; cuando se refieren a conformaciones, se refieren a moléculas cuya estructura está en equilibrio móvil y no pueden aislarse cada una independientemente; cuando hablan de configuraciones, lo que es muy general, están hablando de estructuras estables que pueden aislarse individualmente.

Ahora, ¿cuál fue la primera excursión de nuestro distinguido colega a la estereoquímica? ¿Fue un problema de casualidad como él dice, o de intuición? Dentro de toda la pléyade de posibilidades que ofrece la química orgánica, para poder hacer estereoquímica, están los monosacáridos, los azúcares. Y el grán mérito del químico alemán Fischer, en las postimerías del siglo XIX, fue establecer cuáles eran las configuraciones estables de las dieciséis posibles estructuras, teóricamente permisibles para la glucosa que, de todos los sacáridos, es el más común en la naturaleza, que resultan ser la dextro y la levoglucosa. *Dextro* y *levo* son términos que tienen que ver con la forma en que una molécula desvía la luz polarizada en un plano, cuando incide sobre ella; *levo* si la desvía hacia la izquierda respecto del plano, y *dextro* si la desvía hacia la derecha.

Pero eso no es todo, la dextroglucosa, que es la más común de los monosacáridos, todavía puede presentar simetrías internas; la glucosa tiene una molécula de aldehído en un extremo, entonces se pueden formar ligaduras cíclicas; y respecto a ese carbono donde se estructuran dichas ligaduras cíclicas, aparece otro efecto isomérico, que es el famoso efecto anomérico, al que se refirió el doctor Juaristi. Ahora bien, resulta que ese efecto no sólo es muy importante en el estudio mismo de la estructura de los monosacáridos, sino que la forma en que se producen estos compuestos, las alfa-dextro y beta-dextro glucosas, son muy importantes para estudiar reacciones químicas complicadas en donde intervienen ellos. En este campo, Juaristi está considerado hoy en día, como el líder mundial en el estudio del efecto anomérico. Una de sus principales contribuciones tiene que ver con eso, como él mencionó en forma muy rápida. Su libro, coautorado con Gilberto Cuevas, es ya un clásico.

Pero aquí no se acaba la relación con Fischer, porque el mismo autor en esa época, fue la primera persona que pudo establecer claramente que todas las proteínas que aparecen en la vida, en los mecanismos

vivientes, están constituidas de secuencias de los veinte aminoácidos naturales. No voy a entrar aquí en detalles, ya que esto no es una clase de química orgánica, pero esos veinte aminoácidos, son todos levógiros, esto es, frente a la acción de un haz de luz, desvían la luz plano-polarizada hacia la izquierda. Surge entonces un problema. El primer problema es cómo se sintetiza un enantiómero; se llaman enantiómeros aquellas moléculas que son, una, exactamente la imagen especular de la otra. Cuando se mezclan enantiómeros en diferentes proporciones, se obtiene lo que se llama una mezcla racémica; y las mezclas racémicas tienen una terrible dificultad, como estos compuestos tienen las mismas propiedades físicas y químicas, y sólo difieren en propiedades de simetría, son muy difíciles de separar. De hecho, cuantos de nosotros no aprendimos estas cosas, cuando se nos platicaba de los experimentos de Luis Pasteur. Una de las grandes hazañas de Luis Pasteur fue el haber logrado separar los ácidos levo y dextro-tartárico de una mezcla racémica, por cristalización, que es un método que no siempre funciona. La síntesis de estos compuestos es un problema complicado; imagínense que yo quiero sintetizar un aminoácido levo o dextro, de otros compuestos; imagínense además que estos compuestos son ópticamente inactivos; algo así como tratar de producir tuertos de un ojo o del otro, de un mundo de ciegos. El problema no es sencillo. Esa síntesis se conoce como la síntesis asimétrica, de la que habló Eusebio Juaristi.

Y ahora viene esa complicación adicional que en términos muy técnicos, él nos explicó, ¿qué pasa cuando tengo beta-aminoácidos? Los alfa-aminoácidos sólo tienen un carbono en la cadena. Cuando hay dos átomos de carbono los aminoácidos pueden ser alfa o beta, dependiendo en qué carbono está adherido el radical NH_2 en la cadena. Y los beta-aminoácidos, como el doctor Juaristi nos hizo ver, son muy importantes en medicina, en agroquímica, en la industria farmacéutica y en muchas otras aplicaciones. Entonces, y para mí ésta es la idea más original y más brillante de Eusebio, la gran pregunta es: ¿puedo sintetizar beta-aminoácidos, utilizando esta síntesis asimétrica? Porque si lo puedo hacer, estoy en el camino de responder esta pregunta que es hoy en día, una de las grandes interrogantes de la química orgánica: ¿por qué la naturaleza escogió a los alfa-levoaminoácidos, como los constituyentes de las proteínas, y no a los beta-aminoácidos? ¿Por qué hay materia en el Universo y por qué no hay antimateria? ¿Por qué las masas interactúan de una manera, y las cargas eléctricas interactúan polarmente? Hay una serie de asimetrías en la naturaleza, que constituyen retos todavía no resueltos.

La gente tiende a decir que los químicos hacen cosas muy complicadas. Pues una de las grandes interrogantes en la química es ésta y es fundamental por las razones que el doctor Juaristi ya mencionó, porque las proteínas son los elementos fundamentales en todo el código genético humano. De manera que su contribución en este campo es, para mí, la más importante de todas; y esto se ve reflejado en lo que él mencionó, muy modestamente, en su libro intitolado *Enantio Selective Synthesis of Beta-aminoacids*, cuya primera edición apareció en 1997, y la segunda en el año de 2005. Es una obra que ha desatado un verdadero furor en el campo de la química orgánica y es, hoy en día, uno de los campos más solicitados por los investigadores en química.

El tercer aspecto de su investigación, al cual no me voy a referir en detalle, tiene que ver con el señor Grignard. Por cierto, Fischer recibió el Premio Nobel en 1902 y Grignard en 1912. Los que estudiaron química orgánica recordarán los compuestos organo-metálicos, es decir compuestos que además de tener carbono, hidrógeno y posiblemente oxígeno, tienen un metal pegado en algún lado. Cuando ese metal es magnesio, las reacciones que se generan con esos compuestos son llamadas las Reacciones de Grignard. Resulta que la reactividad, la rapidez con que pueden ocurrir estas reacciones, depende en mucho de la formación de unos iones metálicos, conocidos como carbaniones. Otro de los grandes logros de Juaristi ha sido lograr establecer en qué condiciones y bajo cuáles características, estos iones organo-metálicos son importantes en las Reacciones de Grignard. De manera que, a *grosso modo*, las contribuciones de Eusebio en la química orgánica, han sido contribuciones de primer nivel.

Ahora bien, ¿eso es todo? No. Aquí aparece un ingrediente pocas veces reconocido en el campo del conocimiento, sobre lo que es la química hoy y lo que fue la química hace cincuenta años. El poder hacer toda esta labor, no sólo tiene que ver, como decía el gran maestro Jesús Romo, con estar frente a una mesa de laboratorio, dándole vueltecitas a un matraz, doce horas diarias, eso era la química hace cincuenta años. Para hacer el tipo de química que el doctor Juaristi realiza, se necesita de una infraestructura enorme. Primero se necesita conocer a fondo las leyes de la química cuántica moderna. El compuesto químico más simple es la molécula de hidrógeno: un átomo de hidrógeno unido a otro. La molécula de hidrógeno fue estudiada por primera vez por Walter Heitler y Fritz London en 1928. La solución de ese problema nunca se ha logrado analíticamente. Claro, es un problema de tres cuerpos: dos electrones y un núcleo; así como el problema sol-tierra-luna no se ha resuelto, no tiene por qué

resolverse este otro problema. Y así como ahora se ha generado una industria por gente que todavía trata de establecer teoremas de existencia y un montón de propiedades sobre cómo se puede resolver el problema de los tres cuerpos, en química cuántica, el problema de la molécula de hidrógeno sigue constituyendo un reto. Nótese que estamos hablando sólo de la molécula de hidrógeno; piensen ahora en el benceno, en un beta-aminoácido, en una proteína, que son moléculas terriblemente complejas. Entonces, pretender soluciones analíticas, en términos de funciones conocidas de las propiedades de esas moléculas, es un reto enorme que obliga al químico, como el doctor Juaristi acaba de mencionar, a no sólo conocer a fondo lo que ahora se conoce como teoría de orbitales; se requiere también tener un amplio conocimiento del buen empleo de las computadoras, para poder hacer ese tipo de cálculos. De aquí surge la química computacional; y debo de admitir que el trabajo del doctor Juaristi en esa dirección es bien reconocido; de hecho tiene contribuciones notables a la obra llamada *Chemical Computational Analysis*. No obstante, esto no es suficiente.

Suponiendo que ustedes ya saben cómo diseñar una molécula en el espacio, viene el problema, insisto, de saber cómo caracterizar la estabilidad y luego de sintetizarla en el laboratorio, donde regresamos a la etapa de agitar un matraz. La sustancia que se obtiene de esa agitación, tiene que someterse a una prueba experimental para saber que representa lo que ustedes quieren o piensan que sintetizaron. Esto requiere del uso de técnicas muy sofisticadas, que hace cincuenta años no existían y que son todas las técnicas de espectroscopía de absorción, en todo el espectro de las ondas electromagnéticas, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, la espectroscopía Raman, la difracción de electrones de bajo ángulo, la resonancia paramagnética electrónica, la resonancia nuclear magnética, etcétera. La mayor parte de los químicos usan estas técnicas como cajas negras. No tienen idea de los principios que están detrás de todo ello. Para hacer un trabajo fino de investigación, uno necesita compenetrarse con los principios que están detrás de todas estas técnicas. Y éste es otro de los grandes méritos de Juaristi. Así cuando alguien me pregunta, ¿por qué afirmas que este señor es un químico moderno? Respondo que es precisamente por eso, porque además de todo el trabajo que ha realizado en la química, es una persona capaz de entender toda la infraestructura que proviene de la fisico-química moderna, que no es trivial y muy poca gente la conoce. Además de su obra sobre la química computacional, todo este conocimiento está plasmado en el libro llamado *Físico-Química*

Orgánica y que me impresionó grandemente cuando lo leí por primera vez. En ese entonces estaba yo en el comité editorial de ciencia y tecnología del Fondo de Cultura Económica y me pidieron que revisara el libro. Cuando lo leí me fui de espaldas. Nunca creí que alguien en México pudiese escribir un libro en el cual todos los conceptos de los que les estoy hablando estuvieran plasmadas con tanta claridad y con tanta simplicidad. Es cierto que hice algunas observaciones de carácter pedagógico, pero la obra me pareció excelente. Así conocí al doctor Eusebio Juaristi. Ese libro, que por cierto está agotado, debería reimprimirse porque es una joya, es una obra fabulosa para los estudiantes de química orgánica que persigan hacer investigación en este campo. Para terminar esta primera parte respecto a su obra científica, debo agregar que de todos los premios que le han otorgado (sobre algunos él ya relató aquí, otros no) hay algo más que no se ha dicho y que yo quiero mencionar. El año pasado, la muy prestigiada revista de química orgánica *Arkivoc*—que es el acrónimo de *Archives of Organic Chemistry*—dedicó al doctor Juaristi todo un número, del cual ya se encuentra accesible la versión electrónica y la versión impresa está por aparecer. El editor de la revista escribió un editorial del cual quiero transcribir unos párrafos. Cito: “el doctor Eusebio Juaristi, profesor de química en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados de México es, argumentativamente, el químico orgánico más importante de México”; después se hace un recuento de su *curriculum vitae*, y dice: “las huellas de la investigación independiente del doctor Juaristi han sido de diversificación en cuanto a los tópicos; diligencia y minuciosidad, combinadas con un alto grado de motivación y habilidad para explicar sus resultados con claridad, tanto verbalmente, como por escrito. No es sorprendente que el resultado haya sido extraordinario en productividad. Tiene aproximadamente 220 trabajos en su nombre, incluyendo 131 trabajos originales, casi todos ellos en revistas internacionales de muy alto prestigio. Ha sido muy consciente de la necesidad de resumir y organizar, tanto su trabajo, como el de otros, en artículos de revisión, que suman 16, capítulos en libros, que suman 21, y un número importante de contribuciones en libros individuales, coautorados y editados. El resto de sus publicaciones son de naturaleza histórica o pedagógica. Su trabajo ha sido citado más de 4 200 veces”; si ustedes hacen aritmética, eso les da 20.5 citas por artículo, lo que en los criterios internacionales sobrepasa, por mucho, lo que se llama excelencia en un investigador; y, continuó: “es el químico mexicano más citado, y el autor de dos de las publicaciones mexicanas más citadas en la década de 1990 a 2000”. Esta primera parte que resume la obra científica

de Eusebio Juaristi, da una idea del porqué está aquí sentado hoy, para ocupar un sitial en El Colegio Nacional.

Ahora quisiera hacer un comentario, respecto a la segunda parte: Eusebio Juaristi como miembro de una sociedad donde las actividades científicas no son precisamente de las más, ni respetadas, ni auspiciadas, pero es miembro de ella. Aparte de lo que ya nos dijo, acompañada a su enorme labor científica, ésta no la ha hecho solo; ya nos mostró muchas fotografías de su productividad científica, que incluye la formación de personal calificado, que llega ya a los cien graduados; veintiocho doctores en química, veintitrés maestros y cuarenta y siete licenciados, hasta hace dos años.

En este país la investigación y la docencia no se pueden disociar. Hacer investigación sin acompañarla con docencia, significa estar perdiendo el tiempo. México tiene que formar cuadros importantes, sólidos, en materia de investigación científica. Cuántas veces don Manuel Sandoval Vallarta, tanto en este recinto, como en los recintos donde nos acogía los viernes en la tarde en sus seminarios, nos decía repetidamente: “en México no hay una tradición científica, y mientras no la haya las cosas no van a mejorar” desde el punto de vista del avance de la ciencia. A este respecto, quiero citar también una reflexión que hizo el doctor Juaristi, respecto a una pregunta que se le hizo en alguna entrevista, y que tiene que ver justamente con esta dicotomía, mal entendida en la mayoría de los casos, de lo que es la ciencia básica y la ciencia aplicada. Él dice, cito: “lo que he encontrado en nuestros proyectos de investigación es que algunas ideas que se conciben como básicas conducen a resultados y a observaciones de interés aplicado y viceversa. Por ejemplo, el efecto anomérico, es un fenómeno fundamental en química, pero al saber interpretarlo se dan las bases para sintetizar carbohidratos y otros derivados que son útiles como antibióticos, etcétera. Así mismo, hace algunos años desarrollamos un método analítico para la cuantificación de alquil-litios, que son empleados como indicadores en algunos tipos de polimerización. Bueno, resulta que para entender el comportamiento de los alquil-litios, lo que facilita su utilización, es necesario llevar a cabo estudios básicos de su estructura, estados de agregación y de su reactividad. De esta manera una situación ideal sería poder contar con la libertad para trabajar, tanto en los aspectos fundamentales, como en sus posibles aplicaciones tecnológicas”.

En la química es difícil separar la inexistencia de estas aplicaciones; en física y en matemáticas puede ser más fácil, pero no en la química, no existe la química abstracta.



El doctor Eusebio Juaristi recibe el diploma que lo acredita como miembro de El Colegio Nacional.

“Claro no siempre las instituciones cuentan con la infraestructura para experimentar en ambas direcciones. Nosotros mismos no necesariamente estamos preparados para explotar el potencial tecnológico de nuestras observaciones. Uno pensaría que esta limitante se resolverá mediante una comunicación eficaz entre los químicos, en los laboratorios de investigación académica, con otros químicos en la industria. En mi experiencia, dicha colaboración entre nuestro laboratorio y las empresas químicas mexicanas es muy difícil y frágil” y cita dos ejemplos. Yo voy a citar otro que ilustra perfectamente bien lo que está diciendo Eusebio Juaristi. La semana pasada estuvo de visita el profesor Richard Schrock, del Instituto Tecnológico de Massachusetts. El profesor Schrock, junto con Yves Chauvin y Robert H. Grubbs, fue laureado con el Premio Nobel de Química del año 2005 y esto se debió a su trabajo intitulado “La metatesis de olefinas”; ¿qué quiere decir eso? Las olefinas son hidrocarburos donde hay una doble ligadura. Lo que hicieron estos señores fue encontrar catalizadores mediante los cuales podían utilizar reacciones químicas para modificar la ubicación de las dobles ligaduras de las olefinas en cadenas de hidrocarburos, para formar otros nuevos hidrocarburos como los dienos. Entre ellos el butadieno, que es un compuesto un poco más complicado, era hasta hace poco una de las materias primas fundamentales para la producción del hule. La idea por la cual les dieron el Nobel, la empezó Chauvin en 1971 y ahora cristalizó.

Resulta que ese problema lo empezamos a trabajar en el año de 1967 en el Instituto Mexicano del Petróleo, aunque con un nombre diferente; los responsables del proyecto eran Susana Chow P. y Joaquim Ferreira. Pemex tenía una sobreproducción brutal de etileno, que es justamente un compuesto formado por dos carbonos con dos hidrógenos y una doble ligadura. La idea era saber si era posible encontrar la forma de llevar al etileno a un hidrocarburo de mucho mayor valor comercial, verbigracia el 1, 3-butadieno. Desgraciadamente, el proyecto no fructificó debido a la torpeza de la administración en México y a toda la burocracia que había en Pemex. El punto fundamental aquí, es que independientemente de que hubiéramos podido resolver o no ese problema, hace exactamente cuarenta años la catálisis estaba dando el salto de ser casi magia negra, a ser considerada una ciencia, por lo que se tenía la oportunidad enorme de hacer descubrimientos notables, sobre todo en catalizadores que pudiesen favorecer ciertas reacciones petroquímicas. Esta oportunidad era casi la misma para los diferentes grupos de investigación. Al mismo tiempo se tenía la oportunidad de formar infraestructura científica. Sin embargo, todo esto se detuvo, en cierto modo se destruyó.

La industria de catalizadores para procesos químicos, genera en los Estados Unidos un millón de millones de dólares al año. En México no tenemos, independientemente de las características políticas del problema, la infraestructura humana para desarrollar dicha industria y por lo tanto para hacer una industria petroquímica.

El otro comentario tiene que ver con la educación. El doctor Juaristi comentó rápidamente sobre ella, pero la educación en química en nuestro país es una tragedia nacional. Nadie puede ocultar el hecho de que México con los recursos renovables y no renovables con que cuenta y siendo la sede de la industria petrolera más importante en Latinoamérica, no le haya dado nunca prioridad al desarrollo de la química. La química en nuestro país, que se inició oficialmente en 1923, empezó como una actividad técnica, no con un enfoque científico. Nunca estuvo en una Facultad de Ciencias, nunca. Los químicos que egresamos de la Escuela de Química éramos técnicos de laboratorio. Recuerdo que en 1951, al pasar del tercero al cuarto año de la carrera en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, me encontré con la sorpresa de que la materia Termodinámica Química, que es el corazón de la química, es la que regula todos los aspectos energéticos de las reacciones químicas, no era obligatoria para la carrera de químico. Eso ha creado una deformación de la carrera. A esto hay que agregar la situación de la enseñanza química a nivel medio. Si la física y las matemáticas causan rechazo entre los estudiantes, con la química es todavía peor.

Las matemáticas finalmente son fáciles de enseñar. Uno recurre a Leopold Kronecker quien sabiamente dijo “Dios creó los números enteros y el resto es labor del hombre”. Los físicos tienen el apoyo de los modelos puntuales, las masas y las cargas puntuales, con lo que se entretiene a los alumnos. ¿Pero cómo se enseña la química? ¿Con orbitales? Un chico de 13 años me preguntó, ¿qué son los orbitales? No se puede enseñar química en secundaria con el concepto de orbital, que es un concepto muy sofisticado de la mecánica cuántica. La química tiene que enseñarse jugando. Los que aprendimos química, lo hicimos jugando con el concepto de valencia, el concepto de reactividad y otros conceptos básicos se aprenden en el laboratorio, insisto, jugando y haciendo experimentos. El que se dedique a hacer química en serio, se ocupará después de aprender desde un punto de vista más formal. Entonces, es muy claro el porqué del rechazo.

Eusebio fue muy generoso al decir que hay dos mil estudiantes de química en el país, yo no estoy tan seguro. Me refiero a la química como

ciencia, no como una cuestión técnica. Siete de cada diez alumnos que terminan la preparatoria, eligen carreras sociales o administrativas. O son contadores, o administradores de empresas, abogados y esto es terrible para un país como México. Cuántas veces en el seno de este Colegio, al haber alguna vacante, y estar discutiendo sobre candidatos, Jesús Kumate, el maestro Guillermo Haro entre otros se preguntaban, ¿qué no hay químicos en México? ¿Petroquímicos? ¿No hay petroquímica en México? Tristemente, no hay petroquímica en México, nunca ha habido la carrera, lo que es el colmo del absurdo. Al nacionalizar el petróleo en 1938, se debió declarar a la química como una ciencia prioritaria; había que formar químicos que supieran lo que era la ciencia del petróleo de una manera seria. Se debió instituir la carrera de petroquímica; es increíble, pero cierto, no tenemos petroquímicos. Al ir al fondo del problema de la educación en química y su posible reivindicación como una ciencia útil en México, nos enfrentamos con problemas muy serios, uno de los cuales y la gran barrera se llama Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación. Los que hemos tratado de hacer alguna reforma en programas de estudio en la enseñanza de la química a nivel medio, únicamente perdemos el tiempo.

De manera que los retos de la química son tremendos, por lo que yo espero que con la presencia de Eusebio Juaristi en El Colegio Nacional, junto con Mario Molina y Francisco Bolívar, que es nuestro otro químico, el foro de El Colegio ayude a mejorar un poco esta situación, pero no es una tarea simple.

Para concluir, quiero regresar a lo escrito por el editor de la revista *Arkivoc*, con lo cual estoy cien por ciento de acuerdo: argumentativamente, Eusebio Juaristi es hoy en día el químico orgánico más distinguido de México. Bienvenido, Eusebio, a El Colegio Nacional.

Muchas Gracias.

México, D. F., 13 de febrero de 2006