

- 23 R. M. Claramunt, J. Elguero  
«Problemas metodológicos de la enseñanza de las ciencias: El lenguaje de la química»,  
*100cias@uned*, Madrid, 1999, 2, 87-90.

## EL LENGUAJE DE LA QUÍMICA

**Profesora Dra. Rosa María Claramunt (Departamento de Química Orgánica y Biología, Facultad de Ciencias, UNED) y Profesor Dr. José Elguero (Instituto de Química Médica, Centro de Química Orgánica "Manuel Lora Tamayo, CSIC)**

---

---

### RESUMEN

Los estudiantes de los primeros cursos de **Química** pretenden aprender "razonando" y eso no suele ser posible. Primero hay que aprender a hablar *químico*, como se aprende a hablar francés o danés y luego profundizar en la estructura de ese lenguaje. El comparar la Química a un idioma es sólo una metáfora, además dicha ciencia usa una escritura que recuerda a la de los antiguos egipcios los llamados jeroglíficos, que como sabemos es el termino aplicado a la escritura en la que el significado de las palabras se representa mediante figuras o símbolos. En el artículo se pone de manifiesto que una vez se conoce el *químico*, se trata de un idioma extraordinariamente cómodo y eficaz para comunicar con otros químicos, aunque difícil de entender para los no-químicos. Como ocurre con los idiomas, sólo se disfruta de ellos cuando se conocen bien.

---

---

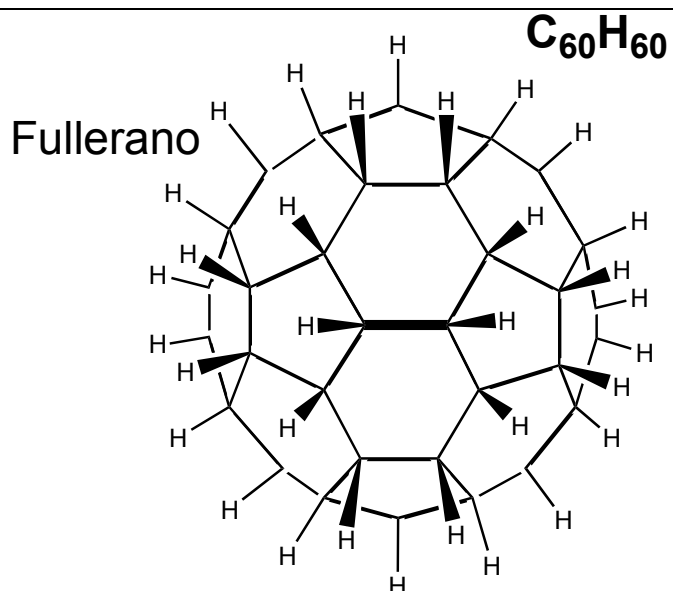
Vamos a utilizar una metáfora para tratar de explicar nuestra concepción de como se debe enseñar (y aprender) química. Dada nuestra especialidad, este artículo se refiere más específicamente a la **química orgánica**. Como es bien sabido, toda metáfora es falsa, tanto más cuanto más detalladamente se examina. Su función es la de transferir algo que conocemos o comprendemos bien a algo nuevo o mal entendido. La metáfora "**aprender química es como aprender un idioma**" supone que el alumno tiene una idea clara de como aprender un idioma extranjero y que puede usar ese conocimiento cuando se enfrenta al problema de aprender química.

Simplificando mucho, hay dos maneras de enseñar química. O, al menos, dos maneras extremas entre las cuales se sitúan todas las maneras prácticas (a veces, por razones no didácticas, se usan las dos a la vez con gran desconcierto del alumnado). La primera manera se puede llamar **cartesiana o deductiva**, la segunda **empírica o inductiva**.

La manera "lógica" de enseñar la química está relacionada con el sueño de Russell et Whitehead de construir una matemática sin contradicciones a partir de unos pocos axiomas. Se puede llegar a una profunda comprensión de la química orgánica siguiendo el camino: física  $\mathbb{A}$  mecánica cuántica  $\rightarrow$  termodinámica  $\rightarrow$  química física  $\rightarrow$  química general  $\rightarrow$  **química orgánica**. Se puede continuar el camino con la secuencia: **química orgánica**  $\rightarrow$  bioquímica  $\rightarrow$  biología molecular  $\rightarrow$  biología celular  $\rightarrow$  medicina. Es probable que en un futuro lejano se pueda recorrer así todo el camino aunque no es claro que didácticamente sea bueno. Hoy por hoy, no es posible.

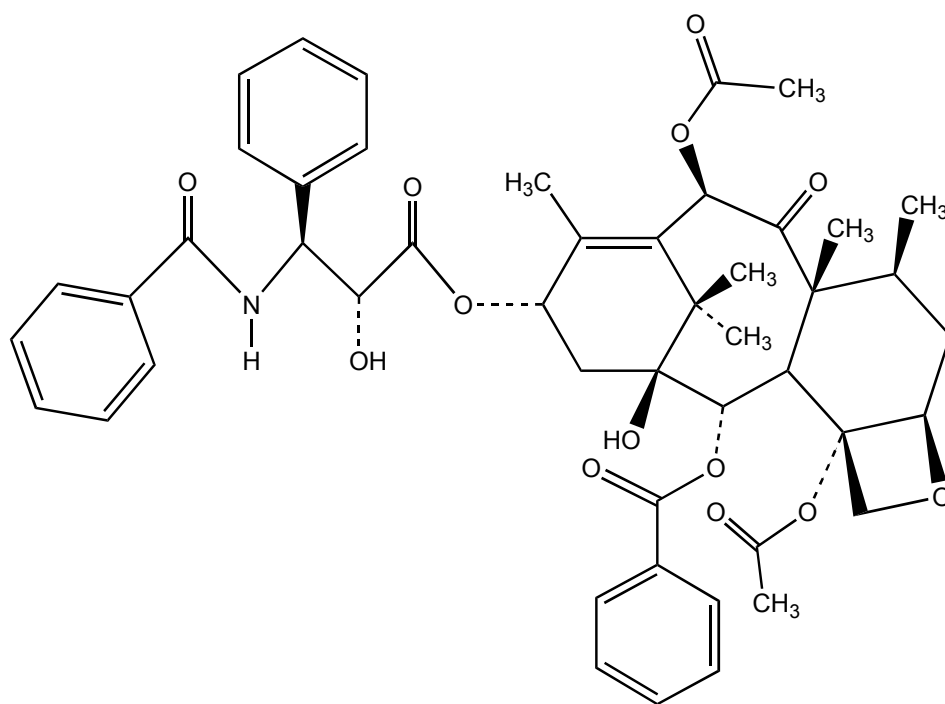
No por una limitación impuesta por el teorema de Gödel, sino por la complejidad creciente del recorrido, que obliga a simplificaciones cada vez más alejadas de la física. Para ilustrar la imposibilidad de deducir toda la química y toda la biología de unos pocos axiomas, citemos el ejemplo de los medicamentos. Hoy no es posible diseñar *a priori* un nuevo medicamento para tratar una enfermedad determinada (de 10.000 compuestos **diseñados específicamente** con fines terapéuticos, uno sólo se convierte en un fármaco). Antes de abandonar esta aproximación, dejemos constancia que no supone, por nuestra parte, ningún vitalismo camuflado: creemos que no hay nada en la química que esté fuera de la física ni nada en la biología que esté fuera de la química orgánica.

La **manera empírica** de enseñar la química parte del laboratorio, de los resultados anteriores ya publicados (lo que en nuestro jerga se llama "la literatura") y de los intentos por explicar los nuevos resultados que el químico obtiene. Es la manera clásica de enseñar química durante la realización de la tesis doctoral que suele dar excelentes resultados. Claro está que cuando un alumno o una alumna llega a un Departamento Universitario o a un Instituto de Investigación para empezar su tesis doctoral se supone que ya **habla químico**. Por otro lado, cuando llega a la Facultad de Ciencias por primera vez, trae los conocimientos adquiridos en la enseñanza media que, con toda probabilidad, han sido inculcados siguiendo el primer modelo. Ello lleva a una actitud de incomprensión frente a la docencia que recibe en la Facultad: ¿porqué debe memorizar ciertas cosas que no "entiende"? ¿porqué se le enseñan cosas fragmentarias, obviamente primeras aproximaciones? ¿porqué ciertas cosas se repiten año tras año? ¿porqué ciertos temas se ven en distintas asignaturas de distinta manera? Una posible respuesta podría ser: porqué aprender química es como aprender un idioma. Si no, para aprender francés habría primero que aprender latín, luego etimología, gramáticas comparadas, lexicografía, ... No, lo que hace un alumno es irse un verano a Tours o a Limoges y hablar con la gente **al mismo tiempo que se va a clase**. Hay que memorizar "ciegamente" una serie de **palabras** (caracteres chinos o jeroglíficos): nomenclatura (que no puede ser sistemática si quiere ser eficaz: ver recuadro 1), nombres de las reacciones más importantes (un homenaje a los grandes químicos: ver recuadro 2), datos espectroscópicos (donde aparece un grupo carbonilo en infrarrojo, un nitrilo en RMN de  $^{13}\text{C}$ , una porfirina en UV, ....). Naturalmente esto es más fácil cuando se trata de un compuesto que uno ha preparado por vez primera, por que entonces es un poco nuestra criatura y nos es fácil memorizar sus datos.



Hentriacontaciclo[29.29.0.0<sup>2,14</sup>.0<sup>3,29</sup>.  
0<sup>4,27</sup>.0<sup>5,13</sup>.0<sup>6,25</sup>.0<sup>7,12</sup>.0<sup>8,23</sup>.0<sup>9,21</sup>.0<sup>10,18</sup>.  
0<sup>11,16</sup>.0<sup>15,60</sup>.0<sup>17,58</sup>.0<sup>19,56</sup>.0<sup>20,54</sup>.0<sup>22,52</sup>.  
0<sup>24,50</sup>.0<sup>26,49</sup>.0<sup>28,47</sup>.0<sup>30,45</sup>.0<sup>32,44</sup>.0<sup>33,59</sup>.  
0<sup>34,57</sup>.0<sup>35,43</sup>.0<sup>36,55</sup>.0<sup>37,42</sup>.0<sup>38,53</sup>.0<sup>39,51</sup>.  
0<sup>40,48</sup>.0<sup>41,46</sup>]hexacontane

**Fármaco: Taxol**



Ester 6,12b-bis(acetoxi)-12-(benzoiloxi)-2a,3,4,4a,5,6,9,10,11,12,12a,12b-dodecahidro-4,11-dihidroxi -  
4a,8,13,13-tetrametil-5-oxo-7,11-metano-1H-ciclodeca[3,4]benz[1,2-b]oxet-9-ilico de ácido  
[2 $\alpha$ R-[2 $\alpha\alpha$ ,4 $\beta$ ,4 $\alpha\beta$ ,6 $\beta$ ,9 $\alpha$ ( $\alpha$ R\*, $\beta$ S\*)],11 $\alpha$ ,12 $\alpha$ ,12aa,12 $\beta\alpha$ ]- $\beta$ -(benzoilamino)- $\alpha$ -hidroxibenceno-  
propanoico.

Figura 1: Casos de nomenclatura trivial y sistemática.

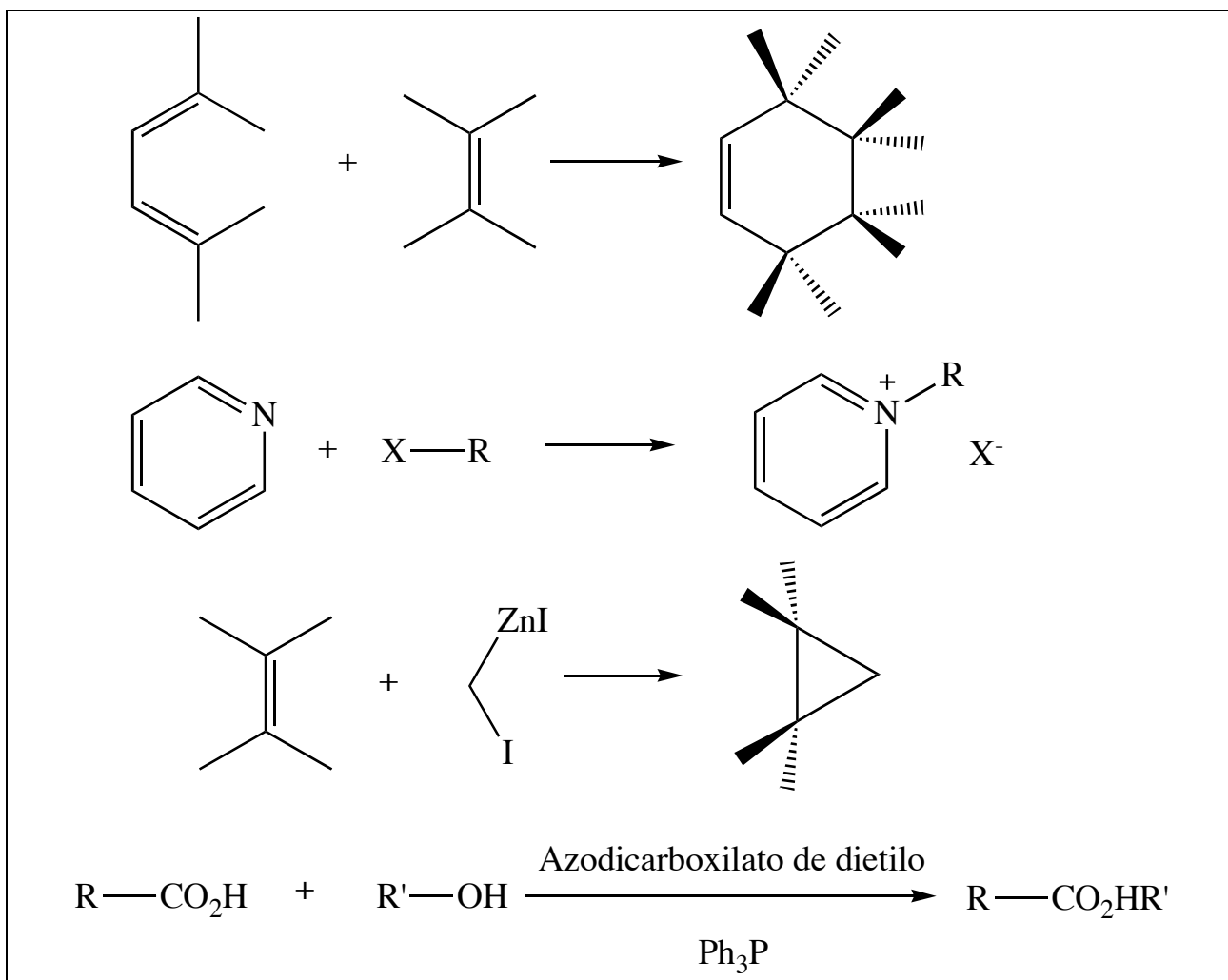


Figura 2: Nombres de reacciones química: Diels-Alder, Menshutki, Simmons-Smith y Mitsunobu.

Al mismo tiempo (pero la perfecta sincronización no es posible), las grandes reacciones recibirán un formalismo mecanístico más o menos elaborado (primero poco elaborado, cualitativo, tipo Hückel-Ingold-Woodward/ Hoffmann-Gillespie; luego más cuantitativo, basado en cálculos teóricos), los datos espectroscópicos se situarán dentro de sus correspondientes teorías (una vez más, simplificadas para empezar) y así el alumno aprenderá nuestro lenguaje y al mismo tiempo lo entenderá. Pero es fundamental que acepte las reglas del juego: tiene que aprender cosas, muchas cosas, que no tienen justificación lógica, son convenciones como "käse", "indol", "trigémino". Primero se aprenden, luego se explica porque se llaman así. Todos los químicos orgánicos saben lo que es el imidazol, pocos saben porque se llama así (ver recuadro 3).

PIRROL  $\Rightarrow$  PIRAZOL  $\Rightarrow$  AZOL  $\Rightarrow$  **IMIDAZOL**

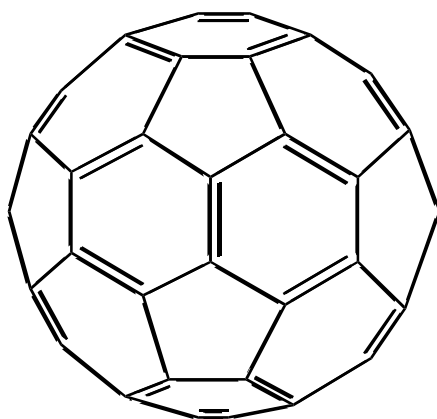
Imidazol (Hantzsch, 1888), viene de Azol.

Azol: viene de Pirazol.

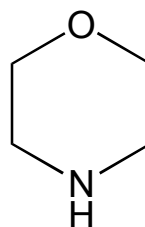
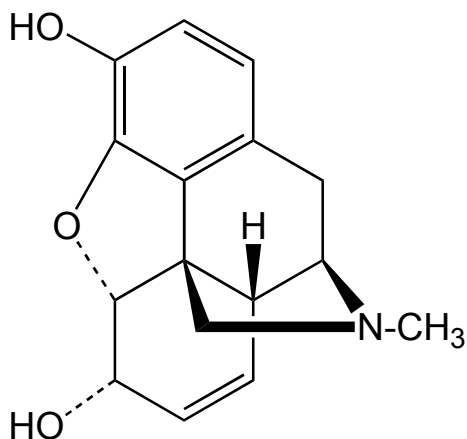
Pirazol (aza-pirrol) (Knorr, 1885), viene de Pirrol.

Pirrol: del griego "pyrros" (rojo vivo) y del latín "oleum" (aceite) porque es un líquido que colorea de rojo las astillas de pino (1835)

Buckminster Fuller (domos geodésicos)  $\Rightarrow$  **FULERENO**



Morfina  $\Rightarrow$  **MORFOLINA**



Knorr creyó erroneamente que la morfina contenía un núcleo de oxazina, por eso llamó morfolina a la 1,4-oxazina más sencilla

Figure 3: Origen de algunos nombres químicos.

Cualquier estudiante de doctorado o de los últimos años de la carrera es capaz de escribir muchísimas cosas a partir una fórmula desarrollada **imaginaria** (puede que exista, pero no lo sabe). Hemos dado un ejemplo en el recuadro 4. Eso le permite al químico discutir con un lápiz y un papel con cualquier otro químico, del país que sea (ruso, japonés, indio,...). Si posee unos sencillos modelos moleculares puede tener una idea bastante exacta de la forma de la molécula. Es algo tan normal que no nos damos cuenta de lo extraordinario que es. Imagínenos que cogemos una de esas cajitas de modelos (átomos y enlaces): el benceno será plano (lo imponen los seis ángulos de 120°),

el anillo de siete miembros se plegará (lo imponen los ángulos de  $109^\circ$ ),... Si un día sintetizamos esa molécula y determinamos su estructura por rayos X habrá alguna pequeña sorpresa, pero lo más extraordinario es **que se parecerá mucho al modelo molecular de varillas y polígonos**.

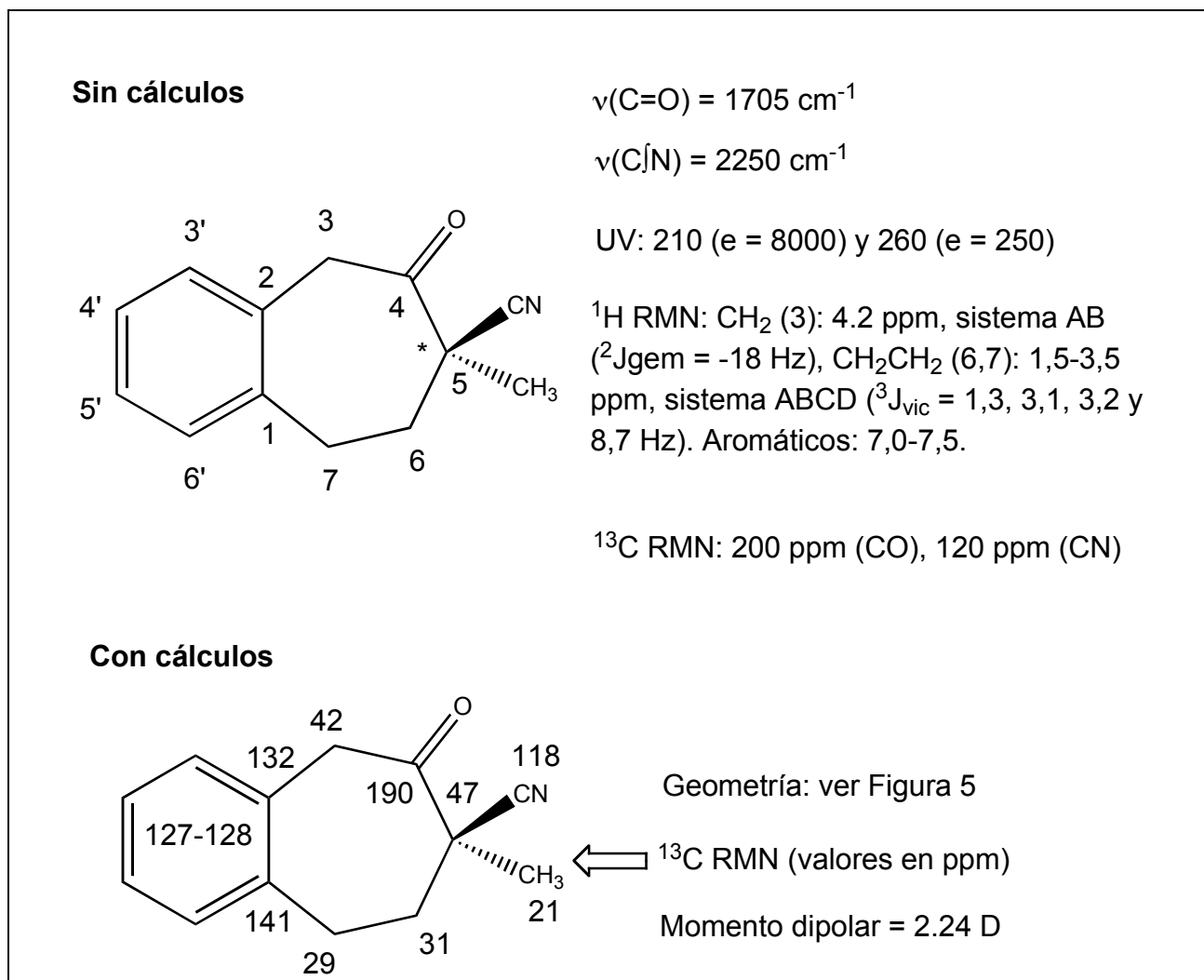


Figura 4: Datos sobre la 7-ciano-7-metil-benzosuberona o 7-ciano-7-metil-5,7,8,9-tetrahidro-6H-benzociclohepten-6-ona.

Hoy día, es posible ir mucho más allá con la ayuda de un ordenador personal y unos cuantos programas fundamentados en la **química teórica** (ver Figuras 4 y 5). Cálculos adicionales proporcionarían la frecuencia de las vibraciones de valencia del  $\text{C}=\text{O}$ , del  $\text{C}\equiv\text{N}$ , etc así como las transiciones electrónicas (espectro UV-visible), el coeficiente de reparto y otras muchas propiedades.

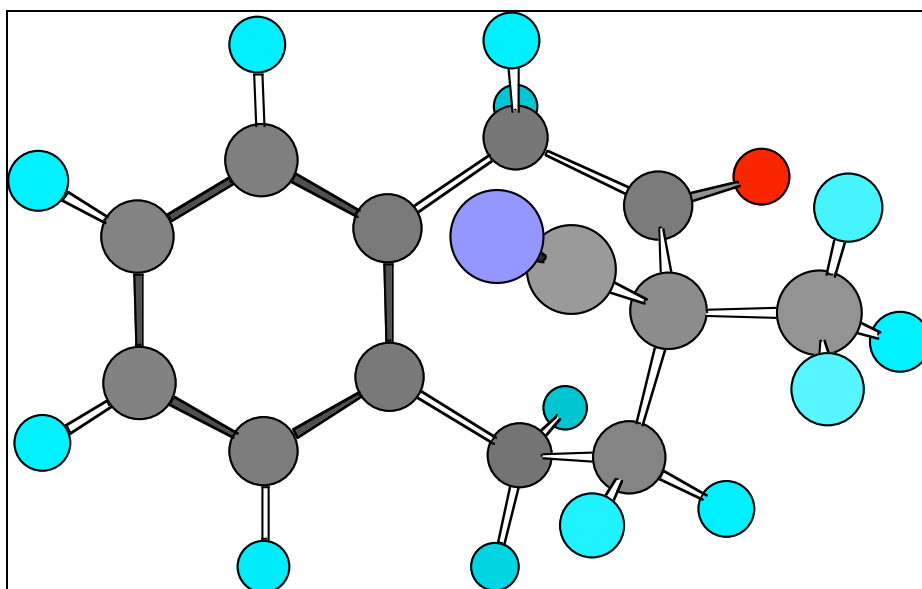


Figura 5. Geometría HF/STO-3G de la 7-ciano-7-metil-2-benzosuberona.

En conclusión, el lenguaje de la química utiliza constantemente en paralelo un discurso narrativo textual y una esquematización pictográfica mediante fórmulas. Hasta Lavoisier en 1789, la química y el lenguaje formaban una mala pareja, era común entre los filósofos manifestar cuán deplorable era la manea de expresarse de los químicos. Descartes en una carta al marqués de Newcastle en 1694 acusa a los químicos de decir palabras fuera del lenguaje común para hacer ver que saben lo que realmente ignoran. En su "*Discours Préliminaire*", Lavoisier hace énfasis sobre la importancia de la denominación precisa y minuciosa. ***"Las palabras conservan las ideas y las transmiten, no se puede perfeccionar el lenguaje sin perfeccionar la ciencia ni la ciencia sin el lenguaje y, ni por muy ciertos que fueran los hechos, ni por justas las ideas, no transmitirían más que impresiones falsas si no dispusiéramos de términos exactos para su expresión"***.