

CIENCIA BÁSICA Y CULTURA

Boletín de Ciencias Básicas



Año 2026

Número 29

30 de marzo



Alexander Borodin, un puente entre la música y la ciencia.

El químico-compositor que descubrió la condensación aldólica.

Coordinación de Física y Química de la División de Ciencias Básicas

Al día de hoy nos resulta bastante común consumir medicamentos para aliviar casi cualquier dolencia que nos aqueje, esto incluye desde una tableta de ácido acetilsalicílico, para mitigar un dolor de cabeza, hasta fármacos especializados como la metformina o la atorvastatina que ayudan a regular procesos metabólicos en nuestro cuerpo.

La industria farmacéutica es tal vez una de las más rentables e importantes a nivel mundial. Las estimaciones de ganancias netas anuales en 2024, de acuerdo con consultoras como IQVIA, Statista y Bloomberg, las ubican alrededor de los 200 000 y 250 000 millones de dólares.

El crecimiento y desarrollo de esta industria no podría entenderse sin el impulso y desarrollo de la química orgánica, que a su vez se consolidó como una de las ramas de la química de mayor importancia durante el siglo XIX y principios del XX. Muchos de los científicos que contribuyeron a su desarrollo han quedado inmortalizados en los nombres de reacciones químicas famosas y en el mundo de la síntesis orgánica son muy frecuentes las referencias a estas reacciones.

Pero más allá de esta breve descripción entre la relación que guarda la química orgánica con los fármacos, el objetivo de esta publicación es incluir un elemento adicional: la música nacionalista rusa del siglo XIX. Sin embargo, para plantear esta relación equivale a preguntarnos ¿cómo se relaciona una obra musical como el poema sinfónico "En las estepas de Asia central" con la atorvastatina? La atorvastatina ($C_{33}H_{35}N_2FO_5$) es un fármaco que ayuda al organismo a regular los niveles de colesterol en sangre.



Para dar respuesta, aparece en escena Alexander Borodin, quien es actualmente reconocido como uno de los compositores nacionalistas rusos más importantes, pues formó parte del grupo conocido como "los cinco rusos" junto a Mily Balakirev, Modest Musorgsky, César Cui y Nikolái Rimsky-Korsakov. Quienes guiados por su amor a la música y a sus raíces rusas, se embarcaron en la aventura de hacer música con fuerte influencia nacionalista que reflejara el espíritu del pueblo ruso en una época en que la música académica rusa tenía una gran influencia europea. Esta actitud nacionalista y su actitud desenfadada hacia los cánones musicales de la época, llamó mucho la atención y les trajo algunas disputas, principalmente con otro gran compositor ruso: Piotr Ilich Chaikovski, quien frecuentemente lanzaba críticas hacia ellos, por la falta de formación académica rigurosa en la música.

Cabe destacar que este grupo de entusiastas músicos tenían una formación musical elemental, pues la mayoría de ellos ejercían otras profesiones, solo Mily Balakirev, era pianista y compositor autodidacta, pero César Cui era ingeniero militar, Modest Musorgsky era militar, Nikolái Rimsky-Korsakov, ingeniero naval y Alexander Borodin, médico que trabajaba como docente de química en la Academia de médicos cirujanos de San Petersburgo. Balakirev, fue el fundador del grupo y es considerado uno de los padres de la música rusa moderna. Balakirev buscaba crear una música de esencia puramente rusa y anti académica.

Cuando Alexander Borodin entra en contacto con Balakirev y los demás, durante el año de 1861, estaba mucho más enfocado en su trabajo como docente y químico. Para Borodin, la composición musical era una actividad que desempeñaba principalmente en los periodos vacacionales o cuando enfermaba, y requería ausentarse de sus labores académicas. Algunos de sus amigos músicos solían decirle, con cierta ironía, que debería de enfermarse con más frecuencia.

Curiosamente, hoy en día Alexander Borodin es más recordado como compositor que por su trabajo como químico. No obstante, este olvido no es porque su trabajo haya sido menor o de poca importancia, sino principalmente porque sus condiciones materiales de trabajo fueron relativamente desventajosas en comparación con las de sus contemporáneos químicos europeos.

Atorvastatina. (Imagen 1)

La atorvastatina es un fármaco que se prescribe para regular los niveles de colesterol en sangre y que, para sintetizarse, requiere el uso de una reacción bastante conocida en la síntesis orgánica, la condensación aldólica (paso 1 de la imagen 2), la cual fue descubierta en 1872 por Alexander Borodin. Sin embargo, en ese mismo año fue reportada de forma independiente por Charles Adolph Wurtz, químico francés de mucho mayor renombre y a quien se le ha asignado históricamente el descubrimiento de dicha reacción.

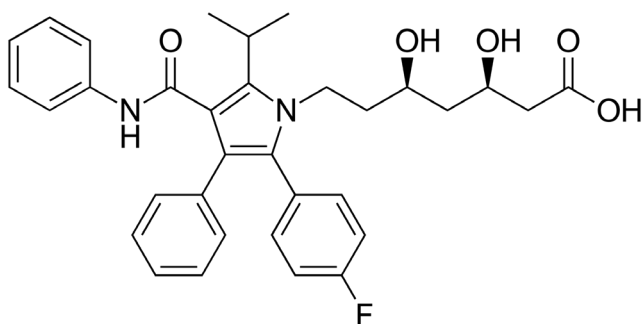


Imagen 1. Estructura de la molécula de atorvastatina.^[1]

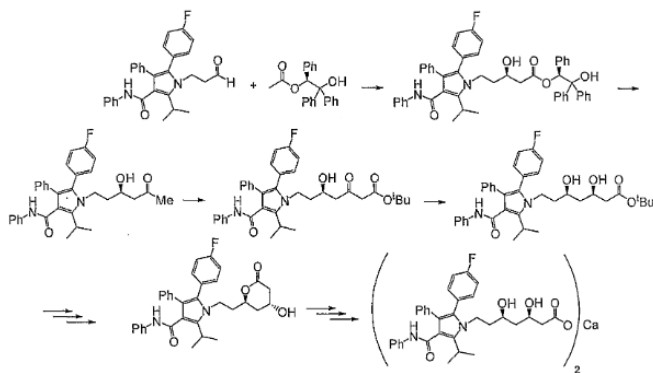


Imagen 2. Resumen de la ruta de síntesis de la atorvastatina.^[2]

Ruta de síntesis de la Atorvastatina.

La condensación aldólica es importante porque es una de las primeras reacciones químicas que permite crear enlaces C-C de forma sencilla y representa una de las principales herramientas de la síntesis orgánica que es usada hasta la actualidad. Durante la reacción, se lleva a cabo el acoplamiento de un ion enolato, que funciona como nucleófilo y reacciona con un grupo carbonilo de otra molécula para dar lugar a un compuesto beta-hidroxicarbonílico que, dependiendo de las condiciones, puede deshidratarse y formar un compuesto carbonílico alfa-beta insaturado.

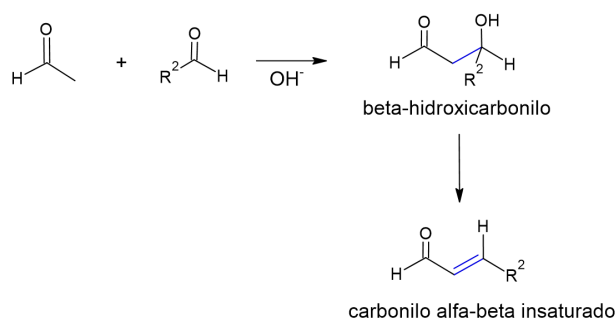


Imagen 3. Ejemplo general de la condensación aldólica.

Vida y obra de Borodin.

Alexander nació en San Petersburgo, en la calle de Gagarinskaia el 31 de octubre de 1733, de acuerdo al calendario Juliano. Sin embargo, según el calendario Gregoriano, nació el 12 de noviembre de ese mismo año. Fue hijo de Luca Stepanovich Gedianov de 62 años y de Avdot'ia Konstantinova Antonova de 24 años^[3].

Luca Stepanovich Gedianov era un príncipe originario de Georgia, descendiente de la nobleza de la región de Imericia. Esta región se encuentra al sur de las montañas del Cáucaso entre el mar Negro y el mar Caspio. La región fue parte de los gobiernos de Tiflis y Kutais, antes de ser anexados a Rusia en 1810. Como dato curioso, se dice que la línea de reyes de Imericia desciende del rey David ya que en el antiguo escudo de armas de este linaje real aparece la honda con la que David derrota al filisteo Goliat y el arpa con la que David calmaba con su música al rey Saúl.



Imagen 4. Escudo de armas de la dinastía Bagrationi que gobernó Georgia desde la Edad media hasta el siglo XIX. ^[4]

Por su parte, Avdot'ia Konstantinova Antonova era hija de Konstantin Antonov, soldado ruso y nacida en el pueblo de Narva ubicado a 145 km del oeste de San Petersburgo^[5].

Niñez y adolescencia.

Creció al lado de su madre, quien se casó con Khristian Ivanovich Kleineke, un médico militar retirado, cuando Alexander tenía alrededor de 6 años. La relación con su madre, parecía no ser muy cercana pues al dirigirse a ella o hablar de ella lo hacía diciéndole: "tía".

Su educación fue esmerada, su madre era una mujer inteligente, con una visión cultural amplia y procuró que su hijo recibiera una buena educación a través de diferentes tutores que ella misma elegía, algunos de los cuales eran amigos cercanos de ella. La atmósfera en la que creció le permitió desarrollar su sensibilidad artística y su interés por las ciencias naturales. Esto último como una influencia de Khristian Kleineke, marido de su madre. Durante su niñez recibió lecciones de francés, alemán, italiano e inglés, que lo hicieron ser una persona políglota. Además, recibió lecciones de flauta, cello y piano. Todo esto lo llevó a hacer sus primeras composiciones. A la edad de 9 años compuso una polka titulada "Hélène" y dedicada a una chica llamada Elena de quien se enamoró.

A los 12 años, conoció a Mikhail Shchiglev (futuro compositor y profesor de música), con quien estableció una amistad que duró toda su vida y compartió momentos musicales en su adolescencia. Dentro de los que destacan las interpretaciones que hacían para ellos mismos de las sinfonías de Beethoven, Mozart y Haydn en arreglos para cuatro manos (al piano), o el especial gusto que ambos profesaban por la música de Felix Mendhelson.

Alrededor de esa misma época, en 1847, Borodin compuso su primer trabajo musical considerable al escribir un concierto para flauta y piano, en donde él interpretaba la

sección correspondiente a la flauta y Shchiglev interpretaba la parte del piano.

En ese mismo año compuso un trío para dos violines y cello, basado en un tema de la ópera "Roberto, el diablo" del compositor prusiano Giacomo Meyerbeer (1791-1864).

Desafortunadamente no hay registros escritos de estos u otros trabajos de Borodin durante su adolescencia, pues para él no era importante escribirlos.

En el ámbito científico, se sintió atraído por la química al desarrollar un interés particular en los juegos pirotécnicos, que posteriormente se fue dirigiendo hacia otros objetivos.

A la edad de 13 años, construyó un laboratorio en casa, lo cual no fue del agrado total de su madre ^[6]. Su amigo Misha Shchiglev relataba que el apartamento de Sasha (diminutivo de Alexander) estaba repleto de frascos, retortas y todo tipo de sustancias químicas.

A los 16 años, realizó su examen de ingreso al Colegio de medicina de San Petersburgo y a los 17 años, ingresó como estudiante de esta institución.

Borodin en la academia de medicina.

Durante su estancia en la academia de médicos cirujanos de San Petersburgo fue alumno del químico Nikolái Zinin, considerado el abuelo de la química en Rusia y quien a su vez fue alumno de Justus von Liebig (químico alemán considerado uno de los pioneros de la química orgánica).



Imagen 5. Foto de Nikolái Zinin, profesor de Química de A. Borodin durante su estancia en la academia de medicina. ^[7]

Cabe señalar, que a pesar de entrar a estudiar medicina, nunca dejó de lado su pasión por la música, de tal forma, que en esta etapa de su vida se cuenta que Zinin le dijo en algún momento:

“Señor Borodin, por favor evite pensar en baladas cuando esté aquí. Confío en su futuro y estoy entrenándolo para sucederme. No puede cazar dos liebres al mismo tiempo.”^[8]

No obstante, Borodin se esforzó por cazar ambas liebres. Durante su estancia en la academia de medicina dedicaba tiempo para mejorar sus conocimientos sobre las formas musicales y compuso varios de sus primeros trabajos registrados. Año con año pulía sus conocimientos y al mismo tiempo aprobaba sus exámenes con distinción. En 1856 concluyó sus estudios de medicina con honores y fue nombrado asistente de patología y terapéutica.

Ejerció como médico en un hospital militar pero fue una actividad que no continuó, ya que eligió enfocarse mejor a la investigación.

Poco tiempo después, presentó su tesis para graduarse como doctor en medicina. En ella, comparaba los ácidos fosforoso (H_3PO_3) y arsenioso ($H_3P_5O_3$) desde un punto de vista químico y toxicológico obteniendo el grado en 1858.

Para 1859, Zinin consiguió que Borodin hiciera una gira de estudios a través de Europa junto con otros jóvenes rusos de gran talento entre quienes se encontraba Dmitri Mendeleev, con el objetivo de que adquiriera experiencia antes de tomar un puesto de enseñanza en Rusia.

La intención inicial era que Borodin trabajara en el laboratorio de Robert Bunsen en Heidelberg pero al llegar, no encontró las condiciones adecuadas para laborar ahí. En su lugar trabajó en el laboratorio de Emil Erlenmeyer, quien tenía como uno de sus campos de estudio el de los fertilizantes.

Durante su estancia en Alemania, asistió a conferencias de importantes científicos de aquella época como Robert Bunsen, Hermann von Helmholtz y Gustav Kirchhoff. Para 1860, hizo una gira por el sur de Alemania y Suiza junto con Nikolái Zinin y Dmitri Mendeleev.



Imagen 6. A. Borodin (segundo de izquierda a derecha) junto a D. Mendeleev (segundo de izquierda a derecha) en el Congreso internacional de Química en la Ciudad de Karlsruhe. ^[9]

Participó en el primer congreso internacional de Química en la ciudad de Karlsruhe, Alemania en 1860 al formar parte del comité del congreso. En dicho congreso participaron químicos como: Stanislao Cannizzaro quien presentó una versión mejorada de la tabla de pesos atómicos propuesta por Berzelius que se basaba en la hipótesis de Amadeo Avogadro, la cual había sido planteada aproximadamente 50 años antes y que permitió hacer una clara distinción entre lo que es un átomo y una molécula. Además, su compañero de gira D. Mendeleev, propuso su ordenamiento periódico de los elementos químicos. Durante su viaje por Europa junto a Borodin, Mendeleev relata la siguiente anécdota:

“Comenzamos (el viaje) con equipaje ligero, una mochila para los dos; llevábamos “blusas” para hacernos pasar por artistas, lo que, en Italia, siempre es ventajoso para el bolsillo del viajero. Nos compramos ropa en el camino, y cuando se ensució, la dejábamos a los camareros. De esta manera visitamos Venecia, Verona y Milán en la primavera de 1860, y Génova y Roma en el otoño del mismo año.

En nuestro primer viaje tuvimos una aventura interesante. Cerca de Verona, nuestro carruaje fue visitado por la Policía austríaca que estaba en busca de un prisionero italiano que había escapado. Borodin, con su “tipo sureño” atrajo la atención de la policía que creía haber encontrado en él al hombre que estaban buscando. Saquearon nuestro equipaje de arriba a abajo y nos interrogaron; pero pronto descubrieron que éramos estudiantes rusos

pacíficos y luego nos fuimos. Pero, apenas pasamos la frontera austríaca y entramos en los Estados de Cerdeña, nuestros compañeros de viaje comenzaron a abrazarnos, a gritar "Evviva" y cantar. Luego descubrimos que el prisionero al que buscaba la policía estaba entre nosotros y había pasado sin ser visto. Así, gracias a las sospechas suscitadas por la fisonomía de Borodin, el prisionero había escapado de las garras de Austria".

Durante su estancia en Heidelberg en 1861, conoció a Catherine Sergeievna Protopova, una talentosa pianista rusa de 29 años de quien se enamoró y quien se convirtió posteriormente en su esposa cuando regresó a Rusia años más tarde. Juntos adoptaron un par de hijas.

Poco después de conocerse Catherine (Ekaterina) tuvo que desplazarse hacia Pisa, Italia debido a que su salud era delicada al enfermar de tuberculosis. Esta situación puso a Borodin en un conflicto que finalmente resolvió solicitando una estancia de trabajo en Italia, con los investigadores italianos Sebastiano De Luca y Paolo Tassinari^[10]. Sobre su estancia en el laboratorio de estos investigadores, Borodin comentó:

"Tienen un laboratorio de primera clase, agradable, luminoso y muy cómodo. Me dijeron que podía usarlo siempre que deseara. Las cosas no podrían haber funcionado mejor. Heidelberg es demasiado frío para hacer los experimentos al aire libre, como hago aquí, donde puedo trabajar todo el invierno"^[11]

Durante su estancia en Italia, trabajó con la fluoración de compuestos orgánicos. El trabajo se publicó en la revista *Il Nuovo Cimento* en 1862 con el título "Contribución a la historia de los fluoruros y preparación del fluoruro de benzoilo".

Un año antes, en 1861, Borodin había publicado un artículo en donde reportó la preparación de bromuro de metilo a partir de acetato de plata (imagen 7). Esta reacción fue usada 80 años después para generar un método de síntesis general de halogenación de alcanos por Heinz y Cläre Hunsdiecker por lo que se conoce como reacción de Hunsdiecker^[12].

Durante su estancia en Europa, publicó alrededor de 8 artículos en revistas rusas, francesas e italianas. Un poco antes de regresar a Rusia, trabajó con Würst en Francia.

Hunsdiecker Reaction

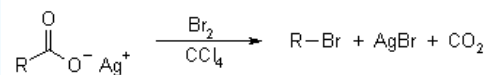


Imagen 7.

Borodin, A. *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1861, 119, 121.

Hunsdiecker, H.; Hunsdiecker, C. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1942, 75, 291.

El retorno de Borodin a la música.

En septiembre de 1862, Borodin regresa a Rusia para ocupar el puesto de profesor ayudante en la Academia de Médicos Cirujanos de San Petersburgo al lado de N. Zinin. Un par de meses después, es nombrado profesor adjunto.

Es en esta época cuando conoce a Mily Balakirev y se integra al grupo de los cinco rusos.

De los cinco, Rimsky-Korsakov fue el único que se enfocó totalmente a la música. En un escrito él menciona lo siguiente:

"Debido a deficiencias en la técnica, Balakirev escribe poco; Borodin, con dificultad; Cui, descuidadamente; Mussorgsky, de manera desordenada y a menudo sin sentido".

Con el paso del tiempo las diferencias entre ellos se hicieron muy notorias, en ocasiones no se dirigían la palabra. Pero era Borodin, quien siempre se preocupaba por los demás. Sobre todo por Musorgsky, quien durante buena parte de su vida libró una larga batalla con el alcoholismo. De hecho, Borodin lo vio un día antes de su muerte). y Balakirev, quien además del alcoholismo libraba luchas internas contra su padecimiento maniaco-depresivo.

Para 1867, concluye su primera sinfonía, la cual comenzó en 1862 siguiendo los consejos de Balakirev. Al componerla, sólo dedicó medio tiempo debido a que ya para entonces era profesor de Química orgánica de la Academia de medicina.

Ya siendo profesor de Química Orgánica en San Petersburgo, se enfocó a sus cursos, su investigación y obviamente a la música. En cuanto a sus actividades como investigador, dirigió sus esfuerzos al estudio de los aldehídos, especialmente a las reacciones de condensación. Este campo de estudio era entonces cubierto por dos científicos de mayor renombre: August Kékule, en Alemania y Charles Adolph Würtz, en Francia.

En 1872, juega un importante papel en la fundación de la Escuela para mujeres en San Petersburgo. Ahí enseñó química durante 15 años. En ese mismo año, descubre la condensación aldólica de manera simultánea a Würtz. En 1877, viajó a Alemania para visitar varias universidades. Se hizo acompañar por dos alumnos suyos para que conocieran el trabajo químico de Europa y así poder mejorar y reorganizar el departamento de Química en San Petersburgo.

En este viaje, también visitó la universidad de Weimar donde entró en contacto con Franz Liszt, quien conoció su trabajo musical y se mostró interesado en el movimiento musical de corte nacionalista del que formaba parte Borodin.

Su último artículo lo publicó en 1886 y en él, se abordaba el tema de la determinación de nitrógeno en el organismo.

El título del artículo fue: *Método simplificado de la determinación de urea y nitrógeno, y su empleo en determinaciones clínicas. Metamorfosis de sustancias nitrogenadas y su organización desde el punto de vista actual.*

En febrero de 1887, la esposa de Borodin viajó a Moscú por motivos de salud. Alexander se encontraba en San Petersburgo y escribió a su esposa:

"Mañana tendremos una velada musical. . . ; hoy contratamos al pianista. Habrá un baile de máscaras, pero yo no develaré los misterios, y dejaré la descripción del entretenimiento a otros de tus corresponsales que tienen mayores habilidades para redactar. . . "

Borodin asistió al baile la tarde del 27 de febrero, vestía un traje nacional: camisa roja y botas altas. De pronto al ejecutar algunos pasos de baile cayó de forma repentina y murió. Algunas fuentes indican que falleció a causa de un aneurisma y otras mencionan que fue un infarto.

Fue sepultado en el cementerio Alexander Nevsky muy cerca de las tumbas de sus amigos Musorgsky y Balakirev, junto a personajes como N. Glinka, F. Dostoievsky, P.I. Chaikovsky y A. Rubinstein.

Después de la muerte de Borodin, Mendeleev expresó al biógrafo de Alexander, Vladimir Stasov lo siguiente: Borodin fue "un químico de primera clase, a quien la química le debe mucho", y que cuando él (Mendeleev) viajaba al extranjero, otros colegas químicos le preguntaban ". . . y bien, qué cosas nuevas ha hecho tu Borodin" (V. Stasov, 1887).

Alexander Borodin, dejó un legado único al combinar con éxito la ciencia y el arte. Su música ayudó a definir una identidad rusa en la música clásica, mientras que su labor científica y educativa mostró un profundo compromiso social. Su vida demuestra que la creatividad puede florecer en múltiples campos cuando se guía por la pasión y el servicio a los demás.



Imagen 8. A. Borodin [13].

Referencias:

- [1] Wikipedia, "Atorvastatina," *Wikipedia, La enciclopedia libre*. [Enlace] <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Atorvastatina>. [Accedido: 1-abr-2025].
- [2] "Procedimiento para la preparación de derivados de 2,3-dihidro-1H-pirrol," patente WO2007034012A2, 2007. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/WO2007034012A2/es>
- [3] N. A. Figurovskii y Yu. I. Solov'ev, Aleksandr Porfir'evich Borodin: *A Chemist's Biography*. Berlín, Alemania: Springer-Verlag, 1988, p. 9.
- [4] "Coat of Arms of the Bagrationi of Mukhrani," Wikimedia Commons. Disponible en: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Coat_of_Arms_of_the_Bagrationi_of_Mukhrani.svg
- [5] F. Hetman, "Alexander Borodin: Chemist and Musician," *J. Chem. Educ.*, vol. 8, no. 11, pp. 1933–1936, 1931. doi: 10.1021/ed008p1933.
- [6] A. D. White, "Alexander Borodin: Full-Time Chemist, Part-Time Musician," *J. Chem. Educ.*, vol. 64, no. 4, pp. 289–290, 1987. doi: 10.1021/ed064p289.
- [7] A. Szejnberg, "Nikolai Nikolaevich Zinin (1812–1880) – the Eminent Russian Chemist–Organic, Discoverer of the Method of Receiving Aniline by Nitrobenzene Reduction," *Kwartalnik Historii Nauki i Techniki*, vol. 64, no. 4, pp. 7–50, 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Nikolai-Nikolaevich-Zinin-1812-1880-Academician-N-Zinin-1860-1870_fig1_339660480
- [8] H. B. Friedman, "Alexander Borodin: Musician and Chemist," *J. Chem. Educ.*, vol. 18, no. 9, pp. 403–407, 1941. doi: 10.1021/ed018p403.
- [9] B. S. Méndez, "Dmitri Mendeléiev y la tabla periódica de los elementos," *QuímicaViva*, vol. 18, no. 1, Departamento de Química Biológica, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, abr. 2019.
- [10] C. A. L. Filgueiras, "Entre a batuta e o tubo de ensaio: a carreira admirável de Alexandre Borodin," *Quím. Nova*, vol. 25, no. 6, pp. 1005–1012, 2002. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000600024
- [11] Grupo Eurema, "Alexander Borodin," *Educación secundaria. Enseñanza de la física y la química*. Disponible en: http://www.heurema.com/POFQ-Borodin.htm#_ftn4
- [12] J. J. Li, "Hunsdiecker-Borodin Reaction," en *Name Reactions: A Collection of Detailed Reaction Mechanisms*, Berlín, Alemania: Springer-Verlag, 2006, pp. 310–311. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-30031-7_137
- [13] "Alexander Borodin," *Biografías y Vidas*. Disponible en: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/borodin.htm>