



Concientifica

La biotecnología es experimentación... ¿y teoría?

Biotechnology is experimentation... and theory?

Francisco J. Valdés-Parada¹
Jessica Sánchez-Vargas^{2*}

Resumen

La biotecnología, por ser interdisciplinaria, funciona en similitud con una máquina, donde cada una de las disciplinas que la conforman es una pieza necesaria para comprender a un sistema biológico y su complejidad. Sin embargo, la falta de integración entre la teoría y experimentos plantea desafíos tanto en la docencia como en la investigación. En este documento se discuten ambos ámbitos, desde las posibles causas de la separación entre la formación teórica y experimental hasta el papel crucial que la integración de ambos enfoques aportaría para la comprensión de sistemas biológicos.

Palabras clave: Biotecnología, interdisciplinaria, teoría y experimentos.

Summary

Biotechnology, as being interdisciplinary, works similarly to a machine, where each one of the disciplines that constitute it is a necessary piece to understand a biological system and its complexity. However, the lack of integration between theory and experiments poses challenges in both teaching and research. In this document, both areas are discussed, from the possible causes of the separation between theoretical and experimental formation to the crucial role that the integration of both approaches would contribute to the understanding of biological systems.

Keywords: Biotechnology, interdisciplinary, theory and experiments.

¹División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, 09340, CDMX, México.

²Departamento de Biología Molecular y Biotecnología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, CDMX, México.

*Autor para la correspondencia:
jessica.sanchezvarg@gmail.com

Imagina una máquina contruida para estudiar un aspecto particular del universo (sistema). Cada una de sus piezas (disciplinas), se usa para cumplir con una función específica y se requieren todas para que la máquina funcione. La máquina en este caso define a una ciencia interdisciplinaria y funciona al conjuntar los aportes de cada disciplina para comprender al sistema [1]. La aportación de cada disciplina es en sí conocimiento científico bajo un enfoque particular. Para comprender al sistema, la máquina debe integrar el conocimiento de todas sus piezas y así comprenderlo sin que repercuta la tendencia particular de cada pieza. Este proceso interdisciplinario lleva a avances científicos claramente distintos de las aportaciones particulares, teniendo repercusiones en varias disciplinas de la ciencia. Más aún, cuando se juntan suficientes avances interdisciplinarios pueden nacer nuevas disciplinas, tal fue el caso de la química, la biotecnología y varias ingenierías [2].

En este sentido, si se estudian muchas disciplinas por separado, sólo se consigue aglutinar conocimiento (a esto se le define como multidisciplinaria), más no integrar sus sa-

beres [2]. Por esto, es tan relevante el papel de la máquina para generar un conocimiento nuevo sin adoptar la visión particular de una sola disciplina y, a la vez, sin dejar la aportación de alguna fuera.

La biotecnología, por ser interdisciplinaria, idealmente debe integrar tanto conocimientos teóricos como experimentales en su desarrollo. Sin embargo, la interconexión entre teoría y experimentos no es siempre clara tanto en docencia como en investigación. Por ello, el objetivo de este trabajo es discutir acerca de la relación entre teoría y experimentos en estos ámbitos. Cabe agregar que la necesidad de integrar ambos enfoques no es nueva ni específica de la biotecnología.

Teoría y experimentos en sistemas biológicos

De acuerdo con el método científico, toda hipótesis debe verificarse para llegar a un nuevo conocimiento. En biotecnología, dicha verificación suele hacerse mediante experimentos de laboratorio. En este caso, un resultado se considera válido si es replicable y reproducible bajo ciertas condiciones particulares y si además concuerda con lo reportado en la literatura. Sin embargo, esta no es la única manera de verificar una hipótesis, pues actualmente es posible llevar a cabo experimentos *in silico* con base en un modelo matemático validado experimentalmente. Si se sigue este camino, un resultado se considera válido bajo las suposiciones que sustentan al modelo matemático y además debe ser capaz de reproducir resultados de laboratorio o bien de modelos previos. Este trato que se le da al modelado matemático pareciera demeritar sus resultados respecto a los que se obtienen en laboratorio. Esto se suele sustentar con el argumento de que todo modelo implica suposiciones y simplificaciones. Lo cual, aunque es cierto, también aplica a los resultados de laboratorio ya que provienen de modelos físicos (por ejemplo, el uso de ratones, líneas celulares, etc.) bajo condiciones controladas. En otras palabras, tanto el modelado matemático como el trabajo de laboratorio son caminos para verificar una hipótesis que no de-

berían estar separados, debido a que son enfoques complementarios y tienen el mismo fin. Lo anterior debe discutirse durante la formación (tanto en licenciatura como en posgrado) e investigación en ciencias interdisciplinarias.

Docencia y planes de estudio

Un sentimiento más común de lo que se suele admitir al final de una licenciatura interdisciplinaria es que se sabe un poco de todo pero no hay certidumbre de saber bien a bien nada. Esto se debe a que muchos planes de estudio sólo logran que el alumno adquiera un conocimiento meramente introductorio de varias materias para que, si es de su interés, pueda profundizar más en estos temas por su cuenta o en estudios de posgrado.

Durante la formación de carreras como ingeniería biotecnológica (IPN) o ingeniería bioquímica industrial (UAM-I), que son altamente interdisciplinarias, existe una carga importante de materias propias de cualquier ingeniería. En estos cursos se suelen usar ejemplos sin una relación clara con sistemas biológicos, lo que provoca el sentimiento equivocado de que no son aplicables a problemas con los que un ingeniero biotecnólogo o bioquímico se enfrentará en su profesión. A esto debe sumarse la falta de interconexión práctica entre todas las materias, pese a que en la trayectoria escolar exista relación entre ellas, lo cual acaba quedando en manos de los docentes y del estudiante. En otras palabras, la forma en que se enseña promueve que el alumno se convierta en una maquinaria multidisciplinaria pero no interdisciplinaria.

Una práctica común en la docencia en biotecnología es que los ejemplos y modelos matemáticos utilizados suelen estar simplificados y provienen en muchos casos de analogías con sistemas no biológicos. A pesar de que el uso de modelos simplificados no es equivocado por sí mismo, es un problema cuando, debido a su uso cotidiano, las suposiciones asociadas quedan en el olvido. Lo anterior puede deberse a que quienes están mejor preparados para enseñar las materias “ingenieriles” en muchas

ocasiones tienen una formación no biológica (como por ejemplo en ingeniería química), sin la facilidad para abordar un tema con aplicación en biotecnología y reflexionar al respecto. Otro factor a tomar en cuenta en algunas instituciones es la división de las materias en áreas o departamentos, aislando hasta cierto punto a los profesionales que dominan temas ingenieriles de aquellos que dominan temas biológicos. Afortunadamente, existen instituciones donde se favorece la interconexión entre áreas o departamentos.

Las problemáticas planteadas arriba evidentemente no tienen una solución universal y sencilla ya que dependen de varios aspectos particulares de cada institución, profesor y estudiante. Sin embargo, de manera general, se propone revisar en cada caso la factibilidad de llevar a cabo las siguientes acciones:

- **Para las instituciones:** Generar mayor vinculación entre departamentos durante la elaboración de los temarios, así como buscar profesorado especializado en temas interdisciplinarios. Además, se sugiere una constante actualización de planes y programas de estudio y verificar que se cumplan los objetivos para los que fueron creados.
- **Para los profesores:** Procurar impartir clases que inviten a la reflexión, profundización y discusión de cada tema, incorporando diferentes puntos de vista. Además, es recomendable que los profesores establezcan vínculos entre lo que se está enseñando, lo que ya se aprendió y para qué servirá lo que están aprendiendo los alumnos.
- **Como estudiante:** Informarse adecuadamente sobre los perfiles de egreso (no sólo por las vías institucionales sino también entrevistándose con egresados de la carrera). Solicitar a los profesores que cumplan con lo sugerido en el punto anterior. Procurar ir más allá de lo que se enseña en las aulas (por ejemplo, revisando artículos en revistas de divulgación o bien, especializadas). Así mismo, reflexionar sobre lo que se ha aprendido y establecer relaciones entre las

diferentes materias que han tomado.

Si eres un alumno, te invitamos a reflexionar sobre el aprendizaje que recibes y cómo lo analizas, recomendamos que respondas el cuestionario elaborado por Hernandez-Armenta y Dominguez para evaluar tu percepción y actitud ante la interdisciplinariedad (página 31) [4].

Investigación

Una manera de clasificar los modelos matemáticos usados en biotecnología son modelos antes del experimento (modelos *a priori*) y modelos después de los experimentos (modelos *a posteriori*). En los primeros, se formulan ecuaciones con base en principios de conservación (de masa, cantidad de movimiento y energía), las cuales se suelen simplificar de acuerdo con la aplicación deseada para su posterior evaluación y validación. Estos modelos no requieren ajustar parámetros para su aplicación (es decir, no necesitan que se realicen experimentos de laboratorio). En los segundos, se recurre a ajustes que representen los datos experimentales bajo las condiciones específicas en las que se llevó a cabo el experimento. Cabe mencionar que los modelos matemáticos basados en principios de conservación pueden reducir el trabajo experimental si se utilizan para seleccionar las mejores condiciones que se deben probar en el laboratorio [3].

Actualmente, la investigación experimental suele suplir los modelos *a priori* por descripciones fenomenológicas (*a posteriori*). Además, aunque el uso de modelos *a posteriori* es permisible, este tipo de modelos simplemente describen el experimento pero no ayudan a entender el por qué sucede cierto proceso. Por ello, es deseable promover la aplicación de principios fundamentales en el modelado de sistemas biológicos. Más aún, es posible que no todos los conceptos que se toman prestados de otras disciplinas sean pertinentes para su uso en sistemas biológicos, por lo que es necesario desarrollar nuevas teorías específicas para este campo de la ciencia. Desafortunadamente, en la actualidad es poco común encontrar inves-



Figura 1. Caricatura sobre la desproporción entre el amplio equipamiento para la realización de experimentos y la preparación para el trabajo teórico.

tigadores que realmente combinen la teoría y los experimentos para el estudio de sistemas biológicos (ver Figura 1).

Al igual que en el caso de la docencia, el desarrollo de la investigación en biotecnología requiere una sinergia entre (al menos) instituciones, investigadores y estudiantes. En este sentido, se invita a las partes a reflexionar acerca de las siguientes propuestas:

- **Instituciones:** Fomentar (administrativa y presupuestalmente) la interdisciplina mediante la colaboración entre departamentos o bien, la reformulación de la estructura departamental. Además, se deben repensar las estructuras normativas y operacionales de los posgrados para que sean más abier-

tos a las colaboraciones entre distintas disciplinas o instituciones.

- **Investigadores:** Abrirse a una colaboración más amplia que la que tengan actualmente. Animarse a discutir con colegas que no hablen su mismo idioma académico, lo cual implica aprender de otras disciplinas y salir de la zona de confort. Participar en proyectos interdisciplinarios de manera tal que no solo se cumplan los objetivos, sino que todos los miembros del proyecto aprendan de lo que hacen todos los integrantes.
- **Estudiantes:** A pesar de estar dedicados mayoritariamente en un proyecto específico, tener la apertura a lo que se hace en otras disciplinas y buscar colaboraciones

transdisciplinarias. Esto puede realizarse formando parte de proyectos colaborativos entre grupos de investigación. De ser posible, involucrarse en proyectos que no sean 100% experimentales ni 100% teóricos. No olvidar que este es el periodo en el que es más fácil hacerse tiempo para adquirir conocimiento.

Por supuesto, estos comentarios no son la última palabra y, si al lector le interesa discutir más del tema, lo invitamos a contactarnos.

iBIO

Glosario

Ciencia interdisciplinaria: es aquella que contiene conocimientos de diferentes disciplinas y las integra.

Ciencia multidisciplinaria: es aquella que contiene conocimientos de diferentes disciplinas pero no las integra.

Referencias

- [1] Amaro-Rosales, M. (2020). Reflexiones interdisciplinarias para la investigación de la ciencia, la tecnología y la innovación de la biotecnología en México. En *Perspectivas contemporáneas de la investigación en ciencias sociales*, 69-110.
- [2] Lenoir, Y. (2013). Interdisciplinariedad en educación: una síntesis de sus especificidades y actualización. *Interdisciplina I*, (1): 51-86. <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485705e.2013.1.46514>
- [3] Sánchez-Vargas, J., & Valdés-Parada, F. J. (2022). El lado matemático de la biotecnología: Un lenguaje poco entendido, pero con mucho potencial. *Revista de divulgación científica iBIO*, 4(2), 6-9. <https://revistaibio.com/ojs33/index.php/main/article/view/20>
- [4] Hernandez-Armenta, I., & Dominguez, A. (2019). Evaluación de percepciones sobre la Interdisciplinariedad: Validación de instrumento para estudiantes de educación superior. *Formación universitaria*, 12(3), 27-38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062019000300027>

