

## REFLEXIONES

---

### BIOÉTICA Y BIOTECNOLOGÍA: IMPLICACIONES SOCIALES, POLÍTICAS Y AMBIENTALES

Domingo Marquina Díaz

Académico Correspondiente de la Sección de Ciencias Experimentales de la Real Academia de Doctores de España  
[dommarq@ucm.es](mailto:dommarq@ucm.es)

La Biotecnología ha transformado radicalmente la manera en que la sociedad del siglo XXI comprende e intenta modificar la vida. Si bien hablamos de Biotecnología, ésta no solo es una disciplina, sino que abarca otras como la Genética, Bioquímica, Ecología, Microbiología, Biología Molecular, distintos aspectos de las Ingenierías y la Inteligencia Artificial. Los estudios desarrollados en todas estas disciplinas generados no solo avances científicos y técnicos, sino también profundas implicaciones éticas, sociales y políticas. Frente a esta complejidad de áreas científicas y técnicas, la bioética emerge como un espacio interdisciplinario fundamental, que no se limita a establecer normas, sino que articula saberes filosóficos, científicos, jurídicos y sociológicos para evaluar críticamente los impactos de la tecno-ciencia sobre la dignidad humana, el medio ambiente y la justicia social.

Uno de los principales aportes de la bioética es su capacidad para cuestionar los límites del conocimiento científico y su aplicación, especialmente en tecnologías como la edición genética, la clonación, la reproducción asistida o el uso de organismos genéticamente modificados (OGM). Estas herramientas han ampliado el horizonte de intervención humana sobre la vida, pero también han generado preocupaciones profundas sobre sus riesgos, usos y finalidades. La bioética defiende un enfoque que combine prudencia técnica y deliberación democrática, en diálogo con las particularidades culturales y normativas de cada sociedad.

En este debate, los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) juegan un papel crucial al cuestionar la idea de una ciencia neutral y autónoma. Desde la mirada CTS, el desarrollo científico está íntimamente ligado con intereses económicos, tendencias políticas, relaciones de poder y sistemas de valores. Por ello, la Biotecnología no puede analizarse solo desde su lógica técnica o biomédica, sino como un fenómeno social que produce exclusiones, reconfigura estructuras de poder y genera nuevas desigualdades.

El enfoque CTS propone analizar críticamente quién financia la ciencia, cómo se legitima, qué actores participan en su desarrollo y qué poblaciones se benefician o pueden resultar perjudicadas. Esta perspectiva es especialmente útil en el contexto de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la nanotecnología o la edición genética, cuyos efectos sociales pueden ser profundos e incluso irreversibles.

Un ejemplo claro de estos dilemas éticos y sociales es el de las “ciencias genómicas”. La posibilidad de secuenciar el ADN ha abierto nuevas puertas en la medicina personalizada, el diagnóstico prenatal y la genética forense. No obstante, el manejo de información genética plantea múltiples retos: la protección de la privacidad, el consentimiento informado, el uso secundario de datos sensibles y las implicaciones para familiares que no han consentido los estudios. Además, los llamados hallazgos incidentales (descubrimientos no buscados que pueden revelar predisposiciones a enfermedades o parentescos desconocidos) obligan a decidir qué información debe ser comunicada y en qué condiciones.

La utilización de datos genéticos en ámbitos como el empleo, los seguros o la educación también plantea riesgos de discriminación genética, lo que exige una actualización de los marcos legales y éticos existentes. En paralelo, el campo de la terapia génica, particularmente la manipulación de la línea germinal humana ha generado grandes expectativas y controversias. Mientras que la terapia somática ha mostrado resultados prometedores en enfermedades hereditarias, su seguridad aún presenta desafíos técnicos. Pero más inquietante resulta la edición de genes en células de la línea germinal, cuyos efectos se transmiten a las futuras generaciones. Aquí, el problema no es solo técnico, sino profundamente ético: implica intervenir en el genoma de personas aún no nacidas, que no pueden dar su consentimiento.

Este tipo de intervenciones ha dado lugar al debate sobre una posible “nueva eugenesia”, muy distinta de la impuesta por los Estados en el siglo XX. Hoy, la selección genética puede operar a través de decisiones individuales influenciadas por el mercado, impulsadas por ideales de perfección, autonomía y control. Esta lógica (aunque privada y voluntaria) puede generar formas de exclusión biológica en la sociedad y reforzar estereotipos sobre lo que es una vida “normal”, “saludable” o “valiosa”. Evaluar la legitimidad de estas prácticas no puede hacerse desde una perspectiva puramente individual, sino considerando el contexto social, las presiones estructurales y las consecuencias colectivas que generan.

Otro ámbito sensible es la investigación con embriones humanos, que ha contribuido a avances en medicina regenerativa, pero que también plantea notables preguntas sobre el estatus moral del embrión y los límites aceptables de la intervención científica sobre el mismo. El debate gira en torno a si es legítimo crear embriones solo con fines de

investigación, o la comercialización de líneas celulares derivadas y a los plazos de desarrollo permitidos en el laboratorio. Las diferencias legales entre países, los criterios de consentimiento y la aparición de embriones sintéticos o clonados muestran la urgencia de revisar los marcos regulatorios y establecer acuerdos éticos internacionales, siempre con participación social activa y transparencia.

Más allá del ámbito humano, la Biotecnología también ha generado transformaciones significativas en sectores como la agricultura, el medio ambiente y la economía. La ingeniería genética ha permitido desarrollar cultivos más resistentes y productivos, con menor necesidad de pesticidas. Sin embargo, esto ha generado controversias sobre sus efectos ecológicos, la pérdida de biodiversidad y la dependencia tecnológica de los agricultores, especialmente en contextos rurales o tradicionales.

Desde el punto de vista ambiental, la Biotecnología ofrece soluciones prometedoras, como la biorremediación, la gestión de residuos o la producción de energías renovables. Aun así, estos avances deben ser evaluados con una mirada crítica, teniendo en cuenta los riesgos de liberar organismos modificados y los efectos no intencionados sobre los ecosistemas. La sostenibilidad, por tanto, no puede medirse exclusivamente por su eficiencia, sino también por su equidad, reversibilidad y capacidad de adaptación a diferentes realidades.

En lo económico, la Biotecnología ha impulsado un sector altamente competitivo, con productos como medicamentos, vacunas, enzimas industriales y bioinsumos agrícolas. No obstante, este crecimiento está fuertemente concentrado en ciertas regiones, ampliando las brechas entre países desarrollados y en desarrollo. En estos últimos, el acceso a la Biotecnología suele estar limitado por patentes, desigualdades en transferencia de conocimiento y restricciones institucionales. Aunque la biotecnología podría responder a problemas como la malnutrición o las enfermedades endémicas, su implementación efectiva requiere un enfoque inclusivo, contextualizado y respetuoso de las prioridades locales.

Por lo tanto, la Biotecnología no puede ser entendida de forma aislada de sus dimensiones sociales, políticas y éticas. Su potencial transformador exige una gobernanza responsable, orientada al bien común, que se base en equidad, transparencia y participación pública. En este camino, tanto la bioética como los estudios CTS ofrecen herramientas desde el punto de vista y metodológico que resultan claves para realizar una reflexión crítica sobre el futuro de la innovación tecnológica y su integración en sociedades más justas, democráticas y sostenibles, así como sus implicaciones éticas sobre el ser humano.