



De la investigación básica a la transferencia tecnológica: aportes veterinarios y desafíos para Una Salud.

From basic research to disseminating technology: contributions of the veterinary discipline and challenges to One Health

Hugo H. Ortega^{1,2} 

¹ Centro de Medicina Comparada, Instituto de Ciencias Veterinarias del Litoral (ICiVet-Litoral), Universidad Nacional del Litoral (UNL) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Facultad de Ciencias Veterinarias (UNL), Esperanza, Santa Fe, Argentina.

² Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Argentina.

ID Autor:

Hugo Héctor Ortega: <https://orcid.org/0000-0002-7663-3133>

Autor para correspondencia:

Correo electrónico: hortega@fcv.unl.edu.ar

Resumen

La medicina veterinaria ocupa una posición singular en la construcción contemporánea de la salud. Su campo de acción no se agota en la clínica de los animales, ni en la producción agropecuaria, ni en el control sanitario de alimentos. Desde sus orígenes, la profesión ha contribuido a integrar observaciones biológicas, patológicas, epidemiológicas, ambientales y regulatorias que permiten comprender los procesos de enfermedad en múltiples especies. Esa perspectiva, hoy reunida bajo el enfoque de Una Salud, tiene raíces profundas en la tradición de la medicina comparada. Aquí se revisa esa tradición desde tres puntos de partida: los aportes de Louis Pasteur y Rudolf Virchow, la definición conceptual de medicina comparada de Orlando Charnock Bradley y la experiencia acumulada en el Centro de Medicina Comparada de la Universidad Nacional del Litoral y CONICET como plataforma dedicada a ensayos biológicos complejos e investigación preclínica interdisciplinaria. La transferencia tecnológica no debe entenderse como una etapa posterior a la investigación, sino como una construcción que comienza con la formulación de la pregunta, continúa con la selección del modelo y la validación de la evidencia, y se consolida mediante la generación de datos técnicos sólidos que resistan las exigencias regulatorias.

Palabras clave: medicina comparada; medicina veterinaria; Una Salud; transferencia tecnológica; ensayos preclínicos; modelos animales.

Abstract

Veterinary medicine occupies a unique position in the contemporary construction of health. Its field of action is not limited to animal clinical practice, agricultural production, or the sanitary control of food. Since its origins, the profession has contributed to integrating biological, pathological, epidemiological, environmental, and regulatory observations that makes it possible to understand disease processes across multiple species. This perspective, now encompassed within the One Health approach, has deep roots in the tradition of comparative medicine. This review addresses that tradition from three starting points: the contributions of Louis Pasteur and Rudolf Virchow, Orlando Charnock Bradley's conceptual definition of comparative medicine, and the accumulated experience of the Centro de Medicina Comparada of the Universidad Nacional del Litoral and CONICET as a platform devoted to complex biological assays and interdisciplinary preclinical research. Technology transfer should not be understood as a stage that follows research, but rather as a process that begins with the formulation of the research question, continues with the selection of the model and the validation of evidence, and is consolidated through the generation of robust technical data able to meet regulatory requirements.

Keywords: comparative medicine; veterinary medicine; One Health; technology transfer; preclinical research; animal models

Introducción

Hablar de investigación básica y transferencia tecnológica como si fueran dos mundos separados es una simplificación que raramente describe lo que realmente sucede en las ciencias biomédicas. La mayoría de los desarrollos relevantes no avanza mediante una línea recta que va desde una hipótesis hasta un producto, sino más bien, por ciclos sucesivos de observación, error, corrección, validación y reanálisis de los resultados. En esos ciclos, la medicina veterinaria ha tenido un papel decisivo porque trabaja de manera natural con la variabilidad biológica, con modelos vivos, con poblaciones, con ambiente, con patología comparada, con bienestar animal y con exigencias sanitarias que son simultáneamente científicas, éticas y productivas.

El enfoque de Una Salud ofrece hoy un marco institucional para esa integración. La definición consensuada por el *One Health High-Level Expert Panel*, apoyada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), entiende “Una Salud” como un enfoque integrado y unificador orientado a equilibrar y optimizar de manera sostenible la salud de las personas, los animales y los ecosistemas (1,2). Esta definición tiene una fortaleza conceptual evidente: evita separar artificialmente los problemas sanitarios por especie o por sector. Pero también impone una obligación práctica: transformar la integración en procedimientos, capacidades, indicadores, regulación, formación de recursos humanos y tecnologías aplicables.

En ese sentido, la medicina comparada permite pasar de la consigna general a una metodología concreta. Comparar no es solamente usar animales para estudiar enfermedades humanas. Comparar implica reconocer semejanzas y diferencias entre especies, entender qué dimensiones de una enfermedad son conservadas y cuáles no, interpretar mecanismos en sistemas biológicos completos, evaluar la seguridad de nuevas intervenciones y construir modelos cuya pertinencia esté científicamente justificada. La medicina comparada es, por lo tanto, una disciplina de frontera: se ubica entre la investigación básica y la aplicación clínica, entre la biología molecular y el organismo, entre el bienestar animal y la evidencia regulatoria.

El propósito de esta revisión es recuperar esa tradición y proyectarla sobre los desafíos actuales de la transferencia tecnológica. Para ello, se propone un recorrido que comienza con Pasteur y Virchow, se centra en el artículo “*What is Comparative Medicine?*”, de Orlando Charnock Bradley publicado en 1927, previo a los conceptos de “Una Salud” y luego analiza la experiencia del Centro de Medicina Comparada (CMC) como ejemplo de construcción institucional orientada a resolver una necesidad concreta: disponer en el país de una plataforma capaz de realizar ensayos biológicos complejos bajo estándares regulatorios adecuados para investigación, desarrollo y evaluación preclínica, todo eso teniendo como premisa las incumbencias de las Ciencias Veterinarias en salud.

Pasteur y Virchow: dos raíces de una tradición integradora

Louis Pasteur suele ser reconocido como uno de los fundadores de la microbiología moderna y de la vacunología. Desde la perspectiva de la medicina comparada, su aporte excede la demostración de que los microorganismos pueden ser causa de enfermedad. Sus trabajos muestran que la investigación básica puede convertirse en tecnología sanitaria cuando existe una secuencia ordenada de observación, experimentación en animales, comprensión del mecanismo y aplicación clínica. La historia de la primera vacunación antirrábica humana, realizada en 1885 a Joseph Meister después de múltiples mordeduras

por un perro rabioso, no puede comprenderse sin los estudios previos en animales y sin la construcción experimental de un procedimiento de atenuación (3).

El ejemplo de Pasteur es especialmente útil para discutir transferencia tecnológica porque no separa descubrimiento, proceso y aplicación. La vacuna antirrábica no fue simplemente una “idea” exitosa; fue el resultado de un sistema experimental capaz de transformar un fenómeno biológico en una intervención reproducible. En esa secuencia aparece una enseñanza vigente: ningún desarrollo biomédico sólido surge sólo de la intuición. Requiere modelos pertinentes, controles, repetición, evaluación de seguridad y una traducción prudente desde el laboratorio hacia la intervención sanitaria.

Rudolf Virchow por su parte, representa una segunda raíz, más conceptual y epidemiológica. El CDC resume su aporte señalando que, al estudiar *Trichinella spiralis* en cerdos, Virchow se interesó por los vínculos entre medicina humana y veterinaria y acuñó el término zoonosis para describir enfermedades infecciosas transmitidas entre animales y seres humanos (4). Esta continuidad entre medicina humana y veterinaria está claramente expresada en una frase atribuida a Rudolf Virchow: “*entre la medicina animal y la medicina humana no existen líneas divisorias, ni deberían existir*”. Más allá de las diferencias entre especies, órganos o contextos clínicos, la observación comparada de los procesos patológicos permitía reconocer principios biológicos comunes. En esa afirmación anticipa una idea que luego sería retomada por la tradición de la medicina comparada, por el concepto de “Una Medicina” y, finalmente, por el enfoque contemporáneo de “Una Salud”: la salud no puede fragmentarse artificialmente entre especies, disciplinas o ambientes (5).

Pasteur y Virchow abren, entonces, dos caminos convergentes. El primero muestra la potencia tecnológica de la investigación experimental comparada. El segundo, muestra la imposibilidad de comprender la salud humana sin considerar animales, ambiente, alimentos, trabajo y sociedad. Para las ciencias veterinarias, ambos caminos siguen siendo actuales. La disciplina aporta una lectura que no reduce a los animales a instrumentos, sino que los entiende como especies con valor propio, como modelos biológicos, como componentes de sistemas productivos, como reservorios o centinelas epidemiológicos y como parte de los ecosistemas y de las estructuras sociales compartidas.

Orlando Charnock Bradley y la pregunta por la medicina comparada

El artículo “What is Comparative Medicine?”, de Orlando Charnock Bradley, fue publicado en noviembre de 1927 en los *Proceedings of the Royal Society of Medicine* (6). La brevedad del texto contrasta con su vigencia. Bradley partía de una pregunta aparentemente simple: qué debía entenderse por medicina comparada. Su respuesta evitaba dos reducciones todavía frecuentes: considerar la medicina comparada como sinónimo de medicina veterinaria, o limitarla al uso de animales como recursos experimentales para estudiar enfermedades humanas.

Bradley admitía que la medicina veterinaria tenía fundamento para ser considerada medicina comparada, dado que estudia enfermedades en un número considerable de especies. Sin embargo, sostenía que esa interpretación era demasiado estrecha. Proponía una concepción más amplia: la medicina humana y la medicina veterinaria, tomadas en conjunto, componen dos ramas de una medicina única, porque enfrentan problemas semejantes, emplean medios comparables y se nutren de una base común de conocimientos (6). El valor de esta formulación reside en que coloca a las dos medicinas en una relación de reciprocidad, no de subordinación.

La idea más potente de Bradley es que la medicina comparada debe abarcar el estudio de los procesos de enfermedad en todos los animales, posiblemente también en las plantas, en todas las condiciones y con todos los medios disponibles (6). Esa frase anticipa una forma de pensar que hoy resulta familiar para “Una Salud”. En lugar de delimitar la disciplina por el paciente, la delimita por el problema: comprender la enfermedad como proceso biológico, comparativo, dinámico y contextual. Esta manera de pensar es particularmente relevante en tiempos de enfermedades emergentes, resistencia antimicrobiana, biotecnología, medicina de precisión y evaluación regulatoria de terapias innovadoras.

Bradley también insistía en que el fundamento de la medicina comparada se construye a partir de aportes de múltiples disciplinas: física, química, fisiología y otras ciencias. Esta observación parece menor, pero tiene implicancias profundas. La medicina comparada no es una técnica aislada ni una especialidad encerrada en sí misma. Es un modo de integrar conocimientos para producir evidencia aplicable. En términos actuales, podríamos decir que Bradley describía una plataforma epistemológica: un lugar donde se acumulan datos, métodos y criterios que luego son tomados por la medicina humana y veterinaria para resolver problemas concretos (Tabla 1).

Tabla 1. Ideas centrales de Bradley (1927).

Idea en Bradley	Interpretación contemporánea	Implicancia para Una Salud y transferencia
Medicina humana y veterinaria como ramas de una medicina común.	La separación por especie no debe impedir el análisis de mecanismos compartidos.	Favorece equipos interdisciplinarios, modelos y decisiones mejor fundadas.
La medicina comparada excede a la medicina veterinaria entendida en sentido estrecho.	La disciplina no se define sólo por el animal atendido, sino por el modo de comparar enfermedad y respuesta biológica.	Evita reducir al veterinario a médico de animales.
El estudio de la enfermedad debe realizarse en todos los animales y condiciones posibles.	El modelo se selecciona según pertinencia biológica, no por disponibilidad.	Mejora la capacidad predictiva de los ensayos preclínicos y reduce fracasos de transferencia.
El conocimiento se nutre de física, química, fisiología y otras ciencias.	La innovación biomédica es necesariamente interdisciplinaria.	La transferencia requiere plataformas tecnológicas, calidad, trazabilidad y asuntos regulatorios.

De la medicina comparada a Una Salud

“Una Salud” no nace de la nada, es una formulación contemporánea de un problema antiguo: la salud humana, la salud animal y las condiciones ambientales se modifican mutuamente. Lo novedoso es el grado de institucionalización que el enfoque ha adquirido en los últimos años, en particular a través de la alianza cuatripartita integrada por FAO, PNUMA, OMS y OMSA, y del trabajo del Cuadro de Expertos de Alto Nivel para el Enfoque de «Una sola salud» (OHHLEP), como grupo asesor científico y estratégico (1,2,7). Este punto es importante porque transforma una tradición intelectual en agenda de política pública, investigación, vigilancia, desarrollo tecnológico y formación profesional.

La definición actual de Una Salud reconoce explícitamente la salud de humanos, animales domésticos y silvestres, plantas y ecosistemas como dimensiones vinculadas e

interdependientes (1,2). Esta ampliación es necesaria, pero también puede generar un riesgo: que el concepto se vuelva tan abarcador que pierda capacidad operativa. Para evitarlo, la medicina comparada aporta una herramienta concreta. Permite formular preguntas verificables como ser: ¿qué mecanismo se conserva entre especies?, ¿qué modelo reproduce una dimensión crítica de la enfermedad?, ¿qué marcador puede ser medido de manera longitudinal?, ¿qué intervención reduce riesgo en más de una escala y qué evidencia es suficiente para avanzar?.

La medicina veterinaria tiene aquí una función que no puede ser reemplazada por una mirada exclusivamente médica, molecular o ambiental. El veterinario trabaja con especies, poblaciones, producción, clínica, patología, bioseguridad, ética animal, alimentos y regulación. Esa formación le permite interpretar problemas donde confluyen salud individual, salud colectiva y condiciones de manejo. En términos de Bradley, toma conocimiento de diversas fuentes y lo devuelve en forma de criterio aplicado.

Desde esta perspectiva, “Una Salud” no debería entenderse como un reemplazo de la medicina comparada, sino como su expansión institucional y política. La medicina comparada aporta el método; “Una Salud” aporta el marco de acción. El desafío actual consiste en unir ambos niveles: diseñar estudios capaces de responder preguntas biológicas y, al mismo tiempo, producir evidencia útil para decisiones sanitarias, regulatorias, productivas y ambientales.

Aportes veterinarios a la investigación básica y traslacional

La investigación veterinaria contribuye a la biomedicina de varias maneras. En primer lugar, mediante el estudio de enfermedades propias de los animales, que tienen importancia clínica, productiva y sanitaria. En segundo lugar, mediante el análisis de enfermedades compartidas o comparables entre especies. En tercer lugar, mediante el desarrollo, cuidado y uso ético de modelos animales destinados a estudiar mecanismos biológicos, seguridad, farmacocinética, farmacodinamia y eficacia. En cuarto lugar, mediante la lectura poblacional y ambiental de los problemas sanitarios.

El National Research Council (NRC) de Estados Unidos sostuvo en 2005 que la investigación veterinaria se organiza en campos interconectados: salud pública e inocuidad alimentaria, salud y bienestar animal, y medicina comparada (8). La medicina comparada aporta a la investigación biomédica una perspectiva de organismo completo que no puede ser reemplazada por el estudio aislado de células, moléculas u órganos. Esto no significa negar el valor de los sistemas *in vitro* o de los métodos alternativos; significa reconocer que la traslación requiere articular diferentes niveles de organización biológica.

La pregunta central en investigación preclínica no debería ser qué modelo tenemos disponible, sino qué modelo responde mejor a la pregunta. Esta distinción parece obvia, pero en la práctica define la calidad de un desarrollo. Un modelo animal mal elegido puede generar resultados aparentemente robustos y, sin embargo, poco relevantes. A la inversa, un modelo cuidadosamente seleccionado, aunque sea más complejo o costoso, puede reducir incertidumbre y evitar decisiones equivocadas. Esta es una contribución veterinaria directa: conocer la especie, la cepa, la edad, el sexo, el estado sanitario, el comportamiento, el ambiente, el microbioma y las limitaciones del procedimiento.

La transferencia tecnológica en biomedicina depende de esa calidad inicial. Cuando un desarrollo falla en fases avanzadas, suele atribuirse el problema a la molécula o al producto. Sin embargo, muchas veces el origen está en decisiones tempranas: diseño experimental débil, biomarcadores no validados, falta de cegamiento, pobre trazabilidad,

ausencia de controles, interpretación excesiva de resultados exploratorios o desconocimiento de requisitos regulatorios. La medicina veterinaria, cuando se integra desde el inicio, ayuda a anticipar esos problemas.

El aporte veterinario tampoco se limita al modelo animal utilizado. Las enfermedades espontáneas de animales de compañía, por ejemplo, han ganado importancia en oncología comparada y en estudios traslacionales porque algunos tumores comparten comportamientos biológicos, heterogeneidad y contextos inmunológicos que resultan relevantes para la medicina humana (8). La misma lógica puede aplicarse a enfermedades infecciosas, metabólicas, reproductivas, neurológicas y degenerativas. La comparación entre especies no busca identidad perfecta; busca reconocer qué dimensión del proceso puede ser aprendida en cada sistema.

Transferencia tecnológica: un proceso, no una etapa final

En el ámbito universitario y científico, la transferencia tecnológica suele imaginarse como el momento en que un resultado se convierte en producto, patente, licencia o simplemente un servicio. Esa definición es incompleta. La transferencia comienza mucho antes, en la forma en que se ordena el conocimiento para que pueda ser utilizado por otros. En biomedicina, esto implica pasar de la observación a la prueba de concepto, de la prueba de concepto a la validación, de la validación al paquete preclínico y de allí a la aplicación clínica, productiva o regulatoria.

La experiencia demuestra que los desarrollos biomédicos requieren una cadena de evidencias. Esa cadena incluye identificación de blanco o problema, caracterización de la molécula o intervención, ensayos *in vitro*, ensayos *in vivo*, métodos analíticos, toxicología, farmacología, inmunogenicidad cuando corresponde, biodistribución, estabilidad, escalado, estudios documentales y documentación trazable. La medicina comparada interviene en numerosos eslabones porque permite definir qué datos son necesarios, cómo obtenerlos y cómo interpretarlos.

Los estándares regulatorios no deben verse como obstáculos externos a la ciencia. Son mecanismos para transformar datos en evidencia confiable. Las Buenas Prácticas de Laboratorio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) establecen principios para la organización, planificación, ejecución, monitoreo, registro, archivo y reporte de estudios no clínicos (9). En el mismo sentido, la guía ICH M3(R2) orienta los estudios de seguridad no clínica necesarios para conducir ensayos clínicos y respaldar autorizaciones de comercialización de productos farmacéuticos (10). Estas guías son parte del lenguaje de la transferencia: permiten que la evidencia sea evaluada por terceros.

En investigación con animales, las guías ARRIVE 2.0 (Animals in Research: Reporting In Vivo Experiments) también son relevantes porque buscan mejorar la calidad y transparencia de los reportes experimentales (11). Su valor no es meramente editorial, un ensayo mal reportado pierde utilidad, aunque haya sido técnicamente correcto. En cambio, un estudio con diseño claro, variables definidas, justificación del tamaño muestral, asignación adecuada, controles y reporte transparente puede ser reinterpretado, auditado y utilizado como base para nuevas decisiones, incluso para el registro de nuevos productos.

La transferencia exige además una cultura institucional diferente. No alcanza con producir artículos o servicios aislados; se requiere una plataforma que sostenga continuidad, memoria técnica, equipamiento, documentación, personal entrenado, gestión de calidad, confidencialidad, bioseguridad y capacidad para dialogar con empresas, agencias

regulatorias, investigadores académicos y comités de ética. Ese tipo de organización no se improvisa. Se construye durante años, con inversión, errores, aprendizaje y decisiones de gestión.

Tabla 2. Secuencia simplificada de transferencia tecnológica en desarrollos biomédicos y puntos de intervención veterinaria.

Etapa	Pregunta dominante	Aporte veterinario/comparado	Riesgo si se omite
Investigación básica	¿Cuál es el mecanismo o blanco biológico?	Interpretación interespecie, patología, fisiología y contexto del organismo.	Hipótesis biológicamente plausible pero poco transferible.
Prueba de concepto	¿Existe actividad funcional?	Elección de modelos <i>in vitro/in vivo</i> y variables pertinentes.	Resultados positivos sin relevancia fisiológica o clínica.
Validación preclínica	¿El candidato es seguro, activo y medible?	Toxicología, farmacología, bienestar animal, bioimágenes, biomarcadores.	Incertidumbre sobre dosis, seguridad y biodistribución.
Evidencia regulatoria	¿Los datos son trazables y auditables?	Buenas Prácticas de Laboratorio, control de calidad, documentación y reporte.	Datos no aceptables para agencias o socios tecnológicos.
Aplicación/transferencia	¿Puede adoptarse el producto o servicio?	Escalado, asesoramiento técnico, vigilancia, lectura sanitaria.	Innovación desconectada de necesidades reales o de requisitos de uso.

El Centro de Medicina Comparada como experiencia institucional

La experiencia del Centro de Medicina Comparada permite ejemplificar, en un ámbito concreto, cómo la medicina veterinaria puede ocupar un lugar estratégico entre la investigación básica, la investigación aplicada y la transferencia tecnológica. Desde su origen en 1997, como Centro de Experimentaciones Biológicas y Bioterio de la ex-Facultad de Agronomía y Veterinaria, hoy Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Litoral, el desarrollo no se orientó únicamente a proveer animales de laboratorio, sino a construir una plataforma tecnológica integral para la realización de ensayos biológicos complejos. Esa definición implicó un cambio conceptual relevante: dejar de pensar la actividad como una suma de servicios aislados y comenzar a organizarla como una capacidad científica, técnica y regulatoria destinada a resolver problemas de investigación, desarrollo e innovación para grupos académicos, empresas de base tecnológica e industria farmacéutica, química y agroquímica. En esa trayectoria se integraron infraestructura específica, equipamiento, recursos humanos especializados de diversas disciplinas, sistema de gestión de calidad, modelos animales, técnicas analíticas, estadística y asuntos regulatorios.

Este recorrido expresa una forma contemporánea de medicina comparada. No se trata solamente de estudiar enfermedades en animales para extrapolarlas al ser humano, sino de construir modelos experimentales capaces de responder preguntas biológicas, farmacológicas, toxicológicas y regulatorias. En ese marco, el uso responsable de animales

de laboratorio requiere integrar dos exigencias que no deben considerarse opuestas: por un lado, asegurar el bienestar y el buen trato de los animales utilizados en investigación y desarrollo; por otro, estudiar la biología y las enfermedades de los modelos animales para generar conocimiento útil para la salud humana y animal. Esta doble responsabilidad es central para el enfoque de “Una Salud”, porque reconoce que la investigación biomédica no puede separarse de la ética, la calidad científica, la bioseguridad, la salud pública y la transferencia de conocimiento hacia soluciones concretas.

La consolidación del CMC también muestra que la transferencia tecnológica no es un evento final, sino un proceso continuo. Comienza en la identificación de una pregunta relevante, continúa con el desarrollo de modelos y métodos, avanza mediante pruebas de concepto y estudios preclínicos, y finalmente puede contribuir a decisiones regulatorias, desarrollos productivos, innovación clínica o sanitaria y formación de recursos humanos. La presentación institucional del CMC describe este tránsito desde la investigación fundamental y aplicada hacia estudios preclínicos de toxicidad, inocuidad, farmacocinética, farmacodinamia y eficacia, como parte del camino que precede a la investigación clínica y a la aprobación de nuevos productos. También muestra una oferta tecnológica amplia: provisión de animales con certificación genética y sanitaria, asesoramiento para bioterios, desarrollo de modelos experimentales específicos, ensayos *in vitro*, estudios bioquímicos, farmacológicos, toxicológicos, histopatológicos e inmunológicos, cirugías experimentales, desarrollo de tecnologías analíticas para biofármacos, controles de calidad, estudios para biosimilares y ensayos conformes a protocolos BPL-OCDE.

Recientemente, la incorporación de tecnologías de bioimágenes fortaleció especialmente esta capacidad de puente entre ciencia básica y desarrollo preclínico. Las técnicas de bioluminiscencia, fluorescencia, infrarrojo cercano, microtomografía y ecografía Doppler permiten visualizar procesos biológicos en organismos vivos, realizar seguimientos longitudinales en un mismo animal y obtener información sobre progresión de enfermedad, biodistribución, farmacodinamia, respuesta terapéutica y toxicidad sin depender exclusivamente de procedimientos invasivos o terminales. Esto mejora la calidad de los datos, permite diseños experimentales más informativos y contribuye al principio de las 3R, particularmente a la reducción y refinamiento del uso de animales.

La relevancia de esta plataforma se entiende mejor cuando se observan ejemplos concretos. Estudios como la evaluación no clínica y biodistribución de CoviFab (12), el desarrollo y evaluación biológica de nanogeles como carriers vacunales (13), o el análisis de actividad antiparasitaria en modelos experimentales (14), muestran cómo una infraestructura de medicina comparada puede participar en proyectos de alto impacto científico y sanitario. En el mismo sentido, la experiencia asociada al desarrollo preclínico de ARVAC Cecilia Grierson (15,16) y otros candidatos vacunales (17), ilustra la magnitud que puede alcanzar un programa traslacional cuando debe responder a exigencias de calidad, trazabilidad y control regulatorio. A estos ejemplos se suma una línea especialmente relevante para la producción animal: el desarrollo y evaluación de hormonas reproductivas, incluyendo una gonadotropina coriónica equina y una hormona folículo estimulante bovina recombinante de larga acción. En el primer caso, el trabajo constituye un antecedente singular a nivel internacional, ya que describe una estrategia capaz de producir reCG bioactiva que ya se comercializa, con potencial para reemplazar preparaciones derivadas del suero de yeguas preñadas; en el segundo, representa una plataforma biotecnológica novedosa orientada a mejorar propiedades farmacocinéticas y bioactividad de gonadotropinas recombinantes aplicadas a reproducción animal (18,19). Estos ejemplos no deben leerse solo como prestaciones técnicas, sino como evidencia de una capacidad instalada que permite transformar conocimiento biológico en información

útil para la toma de decisiones sanitarias, regulatorias y productivas, junto con la generación de conocimiento de alto impacto y la formación de recursos humanos.

En conjunto, esta plataforma tecnológica permite sostener que la medicina veterinaria aporta a Una Salud mucho más que un conocimiento sobre especies animales. Aporta una manera de pensar problemas complejos: comparar especies, construir modelos, interpretar respuestas biológicas, evaluar riesgos, cuidar animales, asegurar calidad, dialogar con agencias regulatorias y acompañar desarrollos tecnológicos desde etapas tempranas. En países como Argentina, donde la transferencia tecnológica suele enfrentar limitaciones estructurales, plataformas de medicina comparada con calidad certificada y orientación traslacional cumplen una función estratégica. Permiten que universidades, organismos científicos, empresas y sistemas regulatorios encuentren un espacio común para convertir preguntas científicas en desarrollos verificables. Esa es, probablemente, una de las contribuciones más vigentes de la tradición iniciada por la medicina comparada clásica: no separar la salud humana, animal y ambiental, pero tampoco separar la investigación del camino necesario para que sus resultados lleguen a la sociedad.

Otra enseñanza que surge de la experiencia del CMC es que el crecimiento institucional ocurre cuando se deja de describir únicamente lo que se hace y se comienza a identificar lo que se sabe hacer. Un concepto hoy mencionado como el *know-how* (o "saber hacer"). Esta distinción es más profunda de lo que parece. "Hacer" puede ser producir animales, medir una variable, ejecutar un protocolo o entregar un informe. "Saber hacer" implica comprender por qué se hace, bajo qué condiciones es válido, qué límites tiene, cómo se documenta, cómo se audita y cómo se adapta a una nueva pregunta. Ese cambio de perspectiva transforma un bioterio en una plataforma tecnológica. La plataforma no es solamente un conjunto de equipos, es una combinación de equipamiento, personal, procedimientos, calidad, historia institucional, relaciones con usuarios, capacidad de aprendizaje y criterio científico. La experiencia sería transferible a otras instituciones, dejando en claro que la medicina comparada no se consolida por declarar un área nueva, sino por acumular capacidades comprobables. No basta con publicar; también hay que valorar la construcción de capacidades que permiten que otros publiquen, desarrollen, regulen y produzcan.

Desafíos para las ciencias veterinarias en "Una Salud"

El primer desafío es evitar que "Una Salud" se convierta en una expresión retórica. Para que sea operativa, debe traducirse en problemas, diseños, indicadores, responsables, presupuesto y mecanismos de evaluación. La definición del OHHLEP es exigente porque incluye personas, animales, plantas y ecosistemas (1). Si se la toma en serio, obliga a crear estructuras que trabajen más allá de los compartimentos administrativos tradicionales.

El segundo desafío es sostener calidad en contextos de recursos limitados. Los sistemas de calidad, las acreditaciones, las auditorías, los monitoreos genéticos y sanitarios, los equipos de bioimágenes y las técnicas analíticas no son lujos. Son condiciones para producir datos confiables. En países con restricciones presupuestarias, la tentación es reducir estos componentes para abaratar estudios. Pero esa reducción puede encarecer el proceso total si genera resultados no reproducibles, no auditables o no aceptables para decisiones regulatorias.

El tercer desafío es formar veterinarios capaces de participar en equipos de investigación y desarrollo. La formación clínica sigue siendo esencial, pero no suficiente para los problemas actuales. Se requieren competencias en biología molecular, patología, farmacología, toxicología, estadística, diseño experimental, bioética, regulación,

comunicación científica y gestión de proyectos. Esto no significa abandonar la identidad veterinaria; significa ampliarla para recuperar su lugar histórico en la medicina comparada.

El cuarto desafío es integrar nuevas metodologías sin caer en falsas oposiciones. Los métodos *in vitro*, organoides, órganos en chip, modelos computacionales e inteligencia artificial tendrán un peso creciente en la evaluación biomédica. Su desarrollo es necesario y deseable. Pero no reemplazan automáticamente todo estudio *in vivo*, ni eliminan la necesidad de comprender sistemas completos. El camino más razonable es una integración crítica: usar métodos alternativos cuando son adecuados, validar su desempeño y reservar modelos animales para preguntas que exigen organismo completo, farmacología sistémica, interacción inmune, comportamiento o toxicidad integrada.

El quinto desafío es comunicar mejor el aporte veterinario. Muchas veces la contribución queda oculta detrás de términos como “modelo animal”, “bioterio”, “ensayo preclínico” o “servicio”. Esa invisibilidad empobrece la percepción pública y académica de la profesión. La medicina veterinaria no sólo provee animales o certifica bienestar; diseña modelos, interpreta enfermedad, protege calidad, anticipa riesgos, integra disciplinas y hace posible que el conocimiento básico avance hacia soluciones concretas.

Una agenda para el futuro

La agenda futura debería recuperar el espíritu de Bradley con herramientas contemporáneas. En primer lugar, es necesario fortalecer plataformas de medicina comparada en instituciones veterinarias, con vínculos estables con universidades, CONICET, agencias regulatorias, hospitales, empresas y organismos sanitarios. También, es necesario consolidar programas de formación que permitan a estudiantes y graduados comprender la investigación traslacional como una incumbencia profesional legítima y necesaria. Deben promoverse modelos de financiamiento que reconozcan la naturaleza acumulativa de estas plataformas. Los equipos, acreditaciones y recursos humanos no se sostienen sólo con proyectos a corto plazo. La transferencia tecnológica requiere continuidad y una plataforma que pierda personal entrenado o deje vencer certificaciones pierda más que capacidades; pierda confianza. Además, debe fortalecerse la cultura de reinversión y la experiencia del CMC muestra que parte del crecimiento provino de convertir servicios, convenios y proyectos en infraestructura, laboratorios, equipamiento, formación y calidad.

Sumado a esto, se requiere una relación madura con la industria. La colaboración público-privada no debe interpretarse como una concesión de la ciencia al mercado, sino como una forma de transformar conocimiento en soluciones, siempre que se preserve independencia técnica, calidad, ética y transparencia. La experiencia con vacunas, anticuerpos, biofármacos reproductivos y modelos preclínicos muestra que esta colaboración puede generar productos, publicaciones, patentes, formación de recursos humanos y capacidades nacionales.

Finalmente, “Una Salud” debe incorporar con mayor fuerza la dimensión tecnológica. La prevención de zoonosis, la vigilancia ambiental, la resistencia antimicrobiana y la seguridad alimentaria son ejes esenciales, pero no los únicos. También pertenecen a “Una Salud” la generación de vacunas, terapias, biomarcadores, métodos diagnósticos, bioensayos, plataformas preclínicas y tecnologías productivas que mejoran simultáneamente salud humana, salud animal, bienestar y soberanía sanitaria.

Conclusiones

La pregunta de Bradley conserva una fuerza notable casi cien años después. *¿Qué es la medicina comparada?* No es solamente medicina veterinaria; no es sólo investigación con animales; no es una subdisciplina menor de la biomedicina humana. Es una forma de construir conocimiento a partir de la comparación entre especies, procesos y contextos, con la ambición de comprender mejor la enfermedad y aplicar ese conocimiento allí donde sea útil.

Pasteur mostró que la investigación básica puede transformarse en tecnología sanitaria cuando se sostiene en experimentación rigurosa. Virchow mostró que la salud humana y animal no tienen fronteras naturales. Bradley ofreció una formulación conceptual que todavía ordena estos campos de conocimiento. “Una Salud” retomó esa tradición y la convirtió en una agenda global. La medicina veterinaria argentina, y en particular las experiencias institucionales como el CMC, muestran que esa agenda puede hacerse concreta cuando se construyen capacidades, calidad y transferencia.

Desde esta perspectiva, nuestro trabajo en medicina comparada no debe presentarse como una actividad auxiliar. Es una contribución central a la ciencia biomédica, a la salud pública, a la innovación farmacéutica, a la producción animal, al bienestar y a la soberanía tecnológica. El desafío es sostenerlo con rigor, explicarlo con claridad y proyectarlo hacia nuevas generaciones de veterinarios capaces de ocupar el lugar que la historia de la disciplina les asigna: estar en la frontera entre el conocimiento y su aplicación responsable.

Literatura citada

1. One Health High-Level Expert Panel; Adisasmito WB, Almuhairi S, Behravesh CB, et al. (2022). One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. PLOS Pathogens. 18(6):e1010537. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>
2. World Health Organization. (2021). Tripartite and UNEP support OHHLEP's definition of One Health. <https://www.who.int/news/item/01-12-2021-tripartite-and-unep-support-ohhlep-s-definition-of-one-health>
3. Institut Pasteur. (2023). The history of the first rabies vaccination in 1885. 2023. <https://www.pasteur.fr/en/research-journal/news/history-first-rabies-vaccination-1885>
4. Centers for Disease Control and Prevention. (2025). One Health History. <https://www.cdc.gov/one-health/about/one-health-history.html>
5. Gyles C. (2016). One Medicine, One Health, One World. Canadian Veterinary Journal.;57(4):345-346. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4790223/>
6. Bradley OC. (1927) What is Comparative Medicine? Proceedings of the Royal Society of Medicine. 21(1):129-134. <https://doi.org/10.1177/003591572702100129>
7. World Health Organization, FAO, UNEP, WOA. (2022) One Health Joint Plan of Action (2022-2026). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240059139>
8. National Research Council. (2005). Critical Needs for Research in Veterinary Science. Washington, DC: The National Academies Press; <https://doi.org/10.17226/11366>
9. OECD. (2026). Principles on Good Laboratory Practice. <https://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/good-laboratory-practiceglp.htm>
10. European Medicines Agency. (2013). ICH M3(R2): Non-clinical safety studies for the conduct of human clinical trials and marketing authorisation for pharmaceuticals.

11. Percie du Sert N, Hurst V, Ahluwalia A, Alam S, Avey MT, Baker M, et al. (2020). The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research. *PLOS Biology*. 18(7):e3000410. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000410>
12. Salinas F, Marelli BE, Sanguineti S, Goldbaum F, Muñoz L, Etchevers L, Silvestrini P, Notaro US, Salvetti NR, Zylberman V, Ortega HH. (2022). Non-clinical safety assessment and in vivo biodistribution of CoviFab, an RBD-specific F(ab')₂ fragment derived from equine polyclonal antibodies. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 434:115796. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2021.115796>
13. Soriano Pérez ML, Funes JA, Flores Bracamonte C, Ibarra LE, Forrellad MA, Taboga O, Cariddi LN, Salinas FJ, Ortega HH, Alustiza F, Molina M. (2023). Development and biological evaluation of pNIPAM-based nanogels as vaccine carriers. *International Journal of Pharmaceutics*. 630:122435. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122435>
14. Loos JA, Negro PS, Ortega HH, Salinas FJ, Arán M, Pellizza L, Salerno GL, Cumino AC. (2024). Anti-echinococcal effect of metformin in advanced experimental cystic echinococcosis: reprogrammed intermediary carbon metabolism in the parasite. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 68(10):e00941-24. <https://doi.org/10.1128/aac.00941-24>
15. Pasquevich KA, et al. (2023). Safety and immunogenicity of a SARS-CoV-2 Gamma variant RBD-based protein adjuvanted vaccine used as heterologous booster in healthy adults: a phase 1 trial. *eClinicalMedicine*. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40272-3>
16. Coria LM, Rodríguez JM, Demaria A, et al. (2024). A Gamma-adapted subunit vaccine induces broadly neutralizing antibodies against SARS-CoV-2 variants and protects mice from infection. *Nature Communications*. 15:997. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45180-8>
17. López MV, Vinzón SE, Cafferata EGA, Núñez FJ, Soto A, Sanchez-Lamas M, Afonso MJ, Aguilar-Cortes D, Ríos GD, Maricato JT, Braconi CT, Silveira VB, Andrad TM, Bonetti TCS, Ramos Janini LM, Girão MJBC, Llera AS, Gomez KA, Ortega HH, Berguer PM, Podhajcer OL. (2021). A Single Dose of a Hybrid hAdV5-Based Anti-COVID-19 Vaccine Induces a Long-Lasting Immune Response and Broad Coverage against VOC. *Vaccines*. 9(10):1106. <https://doi.org/10.3390/vaccines9101106>
18. Villarraza CJ, Antuña S, Tardivo MB, Rodríguez MC, Mussio P, Cattaneo L, Fontana D, Díaz PU, Ortega HH, Tribulo A, Macagno A, Bó GA, Ceaglio N, Prieto C. (2021). Development of a suitable manufacturing process for production of a bioactive recombinant equine chorionic gonadotropin (reCG) in CHO-K1 cells. *Theriogenology*. 172:8-19. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.05.013>
19. Villarraza J, Antuña S, Tardivo MB, Rodríguez MC, Díaz PU, Notaro US, Ortega HH, Prieto C, Ceaglio N. (2024). Development of a biotechnology process for the production of a novel hyperglycosylated long-acting recombinant bovine follicle-stimulating hormone. *Biotechnology Journal*. 19(6):e2400260. <https://doi.org/10.1002/biot.202400260>