

**R**evista de **I**ngeniería  
**Y**  
**T**ecnología **E**ducativa

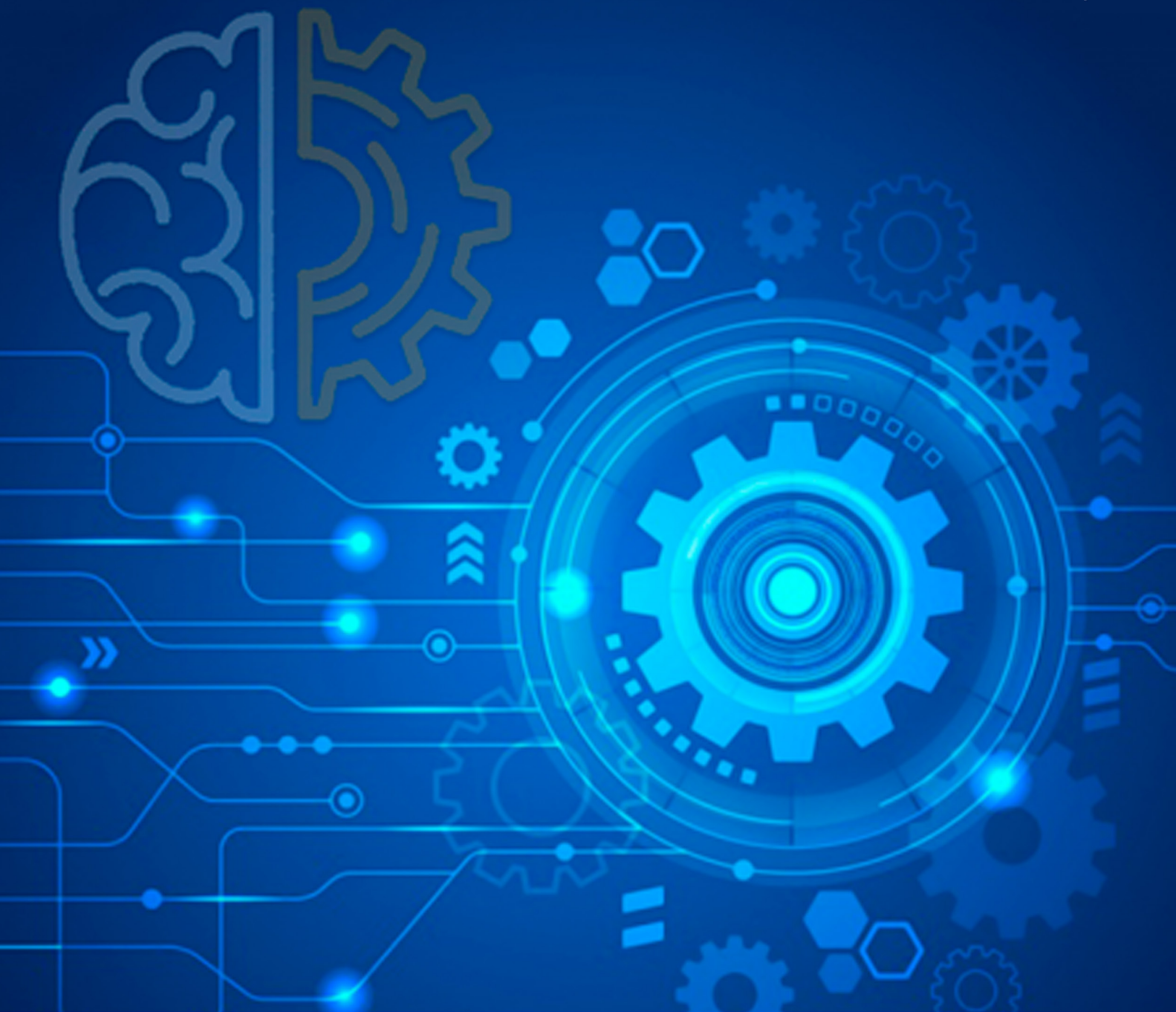


 UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES  
VENEZUELA  
*Núcleo Universitario Alberto Adriani*

 **GIIE**  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIO  
EN INGENIERÍA Y EDUCACIÓN

Enero - Junio 2026

Volumen 9, N° 1



**Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**  
**Universidad de Los Andes,**  
**Núcleo Universitario Alberto Adriani**  
**Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339**  
**<https://doi.org/10.53766/RITE>**  
**Volúmen 9, N° 1, Enero - Junio 2026**

**RITE**  
**RITE**

**RITE (Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa)**, es una publicación arbitrada e Indizada que se edita en dos números anuales que constituyen un volumen. Es una revista editada en el Núcleo Universitario Alberto Adriani y está destinada a dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas de la ULA, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las diferentes especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Educación y áreas conexas.

#### **Misión**

Dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas del Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA), así como las que se realicen en otras dependencias de la Universidad de Los Andes (ULA), otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Tecnología Educativa y áreas conexas.

#### **Visión**

Enriquecer el patrimonio bibliográfico de la ULA con trabajos internos y/o preparados por otras instituciones educativas, centros de investigación y empresas del país y del exterior.

- Servir de fuente de actualización bibliográfica para alumnos y profesores de la ULA.
- Mantener y acrecentar el prestigio y la imagen de la ULA ante la región y el país y la comunidad científica.

**RITE** está indizada y acreditada en Revistas Venezolanas de Ciencias y Tecnologías (**REVENCYT: RVR093**).

**RITE** cuenta con la acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes. Universidad de los Andes-Venezuela (**CDCHTA-ULA**).

**RITE**, asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el comité de ética en publicación científica (COPE). Igualmente todos los trabajos están sometidos a un proceso de arbitraje y de verificación por plagio.

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una licencia creative Commons Atribución-No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional. Por lo que el envío, procesamiento y publicación de artículos en la revista es totalmente gratuito.

**Dirección:** Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía-5145-Edo. Mérida. **Teléfonos:** 02758817920/04140078283.

#### **Contactos y Redes Sociales**



**Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**  
**Universidad de Los Andes,**  
**Núcleo Universitario Alberto Adriani**  
**Depósito Legal ME2018000068, ISSN: 2665-0339**  
**<https://doi.org/10.53766/RITE>**  
**Volúmen 9, N° 1, Enero - Junio 2026**

# Comité Editorial

## Comité Editorial

### **Editor Jefe**

Dr. Domingo Alarcón

### **Editor Adjunto**

Dra. Milagro Montilla

### **Comité Editorial**

Dr. Domingo Alarcón  
Dra. Milagro Montilla  
MSc. Keyla Márquez  
MSc. Jaimel Salcedo

### **Comité de Arbitraje**

Dr. Idel Contreras  
Dra. Elkis Weinhold  
Dr. Jairo Márquez  
Dra. Olga Márquez  
Dr. Reynaldo Ortiz  
Dra. María Teresa Celis  
MSc. Rubén Belandria

### **Consejo de Redacción y/o Asesor**

MSc. Sara Burgos

### **Diseño, Diagramación y Edición**

MSc. Ingrid Suescun



# Tabla de Contenido

## Tabla de Contenido

### PRESENTACIÓN

EVOLUCIÓN Y UTILIDAD DE GOOGLE CLASSROOM EN LA UNIVERSIDAD CONTEMPORÁNEA: HISTORIA, ARQUITECTURA TÉCNICA Y DESAFÍOS DIDÁCTICOS.

**Domingo Alarcón**

6

### ARTÍCULOS

MODELO TEÓRICO EMERGENTE DE INTEGRACIÓN DE ENTORNOS VIRTUALES PARA LA FORMACIÓN TRANSDISCIPLINARIA EN TURISMO AGROECOLÓGICO

**Mildred del Valle Paredes de Martínez, Alfonso José Fernández, Betzaida Margarita Cáceres Montilla y Jorge Eliezer Zamudio Camacho.**

9

APLICACIONES DE LA ELECTROQUÍMICA EN NEUROFISIOLOGÍA

**Olga P. Márquez, Jairo Márquez P.**

26

### REVISIONES

TERAPIA CON DOSIS MASIVAS DE VITAMINA C ENDOVENOSA: REVISIÓN DE MECANISMOS MOLECULARES, EVIDENCIA CLÍNICA Y PERFIL DE SEGURIDAD

**Reynaldo Ortiz**

42

### ENSAYOS

LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO ENFOQUE INTEGRADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

**Jaimel Salcedo**

55

### NORMAS PARA LOS AUTORES

66

# Index Index

## PRESENTATION

EVOLUTION AND USEFULNESS OF GOOGLE CLASSROOM IN THE CONTEMPORARY UNIVERSITY: HISTORY, TECHNICAL ARCHITECTURE AND DIDACTIC CHALLENGES.

**Domingo Alarcón**

6

## ARTICLES

EMERGING THEORETICAL MODEL FOR INTEGRATING VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR TRANSDISCIPLINARY TRAINING IN AGROECOLOGICAL TOURISM

**Mildred del Valle Paredes de Martínez, Alfonso José Fernández, Betzaida Margarita Cáceres Montilla y Jorge Eliezer Zamudio Camacho.**

9

APPLICATIONS OF ELECTROCHEMISTRY IN NEUROPHYSIOLOGY

**Olga P. Márquez, Jairo Márquez P.**

26

## REVIEWS

INTRAVENOUS HIGH-DOSE VITAMIN C THERAPY: REVIEW OF MOLECULAR MECHANISMS, CLINICAL EVIDENCE, AND SAFETY PROFILE

**Reynaldo Ortiz**

42

## ESSAYS

TRANSDISCIPLINARITY AS AN INTEGRATIVE APPROACH IN THE TEACHING OF CHEMISTRY

**Jaimel Salcedo**

55

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

66

# Presentación

## Presentación

### **EVOLUCIÓN Y UTILIDAD DE GOOGLE CLASSROOM EN LA UNIVERSIDAD CONTEMPORÁNEA: HISTORIA, ARQUITECTURA TÉCNICA Y DESAFÍOS DIDÁCTICOS.**

**Domingo Alberto Alarcón.**

Universidad de Los Andes, Núcleo universitario alberto Adriani  
Mérida 5101 – Venezuela. Email: domingoa@ula.ve

La educación universitaria en el siglo XXI se encuentra en un estado de metamorfosis permanente, impulsada por la necesidad de converger las demandas del mercado laboral con las potencialidades de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En este marco de innovación y transformación pedagógica, el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y las universidades latinoamericanas han adoptado progresivamente los Sistemas de Gestión del Aprendizaje como la piedra angular del modelo blended learning. Dentro del abanico de plataformas virtuales disponibles, Google Classroom lanzado originalmente en 2014 ha experimentado una asimilación masiva, convirtiéndose en el entorno de soporte educativo preferido por miles de instituciones, un proceso que se aceleró drásticamente a raíz de la educación remota de emergencia implementada durante el año 2020.

No obstante, la inserción de una plataforma diseñada bajo principios corporativos de optimización de flujos en el tejido de la formación profesional de alto nivel plantea interrogantes críticas fundamentales. ¿Es Google Classroom una herramienta con la profundidad didáctica suficiente para responder a la complejidad de la educación superior contemporánea, o su extrema simplificación técnica corre el riesgo de instrumentalizar el hecho educativo?; A continuación realizaremos un análisis de la utilidad de Google Classroom en la educación universitaria. A través de una revisión estructural, se contrastarán sus innegables virtudes operativas en términos de usabilidad, flexibilidad y accesibilidad técnica, frente a sus limitaciones intrínsecas para la gestión del aprendizaje basado en competencias, el riesgo de reproducir dinámicas conductistas y las brechas asociadas a la competencia digital docente.

#### **Eficiencia operativa, integración y flexibilización del entorno formativo**

Para comprender el arraigo institucional de Google Classroom en el ámbito universitario, es necesario reconocer el valor de su arquitectura técnica, fundamentada en los principios de la usabilidad y la integración en la nube. A diferencia de plataformas tradicionales como Moodle, cuya empinada curva de aprendizaje suele generar fricciones operativas en el profesorado y el estudiantado, Classroom destaca por una interfaz netamente responsiva, minimalista e intuitiva. Esta simplicidad técnica reduce la carga cognitiva asociada al manejo de la herramienta, permitiendo que tanto discentes como docentes concentren sus esfuerzos directamente en los contenidos del curso y la interacción académica.

Investigaciones empíricas sobre la gestión del aprendizaje implementando Google Classroom en asignaturas universitarias complejas de ingeniería demuestran que el software optimiza significativamente los tiempos de planificación y organización instruccional. Al centralizar la recepción de trabajos, automatizar los recordatorios cronológicos y unificar las aplicaciones del ecosistema Google Workspace (Drive, Docs, Forms, Meet y Calendar), la plataforma alivia sustancialmente las tareas burocráticas y administrativas del profesor.

Desde una perspectiva crítica, este beneficio no es meramente organizativo; al reducir el tiempo dedicado a la gestión documental, se dota al docente de un mayor margen temporal para la mediación pedagógica cualitativa y la retroalimentación personalizada.

Asimismo, dentro de la modalidad semipresencial, la plataforma funciona como un dinamizador del modelo de Aula Invertida. Estudios sobre experiencias de b-learning en la educación superior constatan que Classroom permite estructurar secuencias didácticas donde el alumno asimila los conceptos teóricos de forma asincrónica mediante lecturas científicas, videos y recursos multimedia indexados antes del encuentro presencial.

Esta flexibilidad rompe con los límites espaciotemporales de la clase magistral tradicional, fomentando la autonomía y permitiendo que el espacio físico de la universidad se redefina como un lugar exclusivo para el debate conceptual, la resolución de problemas complejos y el aprendizaje colaborativo.

Otro factor de ineludible peso crítico es el beneficio socioeconómico e institucional. Al venir integrado de forma gratuita para las instituciones a través de las cuentas educativas, Classroom democratiza el acceso a aulas virtuales estables y seguras sin requerir que las universidades destinen presupuestos gravosos al mantenimiento de servidores locales ni al licenciamiento de plataformas de código cerrado. En contextos donde la restricción presupuestaria es una constante, la ligereza de la plataforma permite que los universitarios accedan a sus asignaturas desde dispositivos móviles básicos, mitigando las brechas de exclusión tecnológica.

### **Las costuras del modelo, el conductismo digital y el desafío de las competencias**

Sin embargo, un balance crítico riguroso obliga a despojar a Google Classroom de cualquier tipo de optimismo tecnológico ingenuo. La misma simplicidad que lo erige como un gestor accesible constituye su mayor debilidad cuando se le evalúa bajo los estándares de los modelos educativos basados en competencias profesionales. La formación universitaria actual exige valorar el saber hacer y el pensamiento crítico a través de procesos holísticos de evaluación formativa. Es precisamente en esta frontera donde las limitaciones nativas de Classroom se hacen evidentes.

Originalmente concebido para solucionar el desorden del intercambio masivo de archivos, el entorno estándar de Classroom posee una estructura lineal y cronológica enfocada en la dualidad "asignación-entrega". Desde una perspectiva teórica, este diseño puede inducir involuntariamente a un conductismo automatizado y a una cultura educativa mercantilista, donde el estudiante orienta su conducta de forma exclusiva a "cumplir con la tarea" para desactivar la alerta del sistema, descuidando los procesos metacognitivos profundos. Si el profesorado carece de una sólida capacitación didáctica contemporánea, la plataforma corre el riesgo de ser utilizada meramente como un sofisticado casillero electrónico para depositar guías en PDF y recoger archivos idénticos, reproduciendo las formas tradicionales de la educación bancaria bajo un falso ropaje de modernidad.

Adicionalmente, el software adolece de módulos sofisticados para la gestión nativa de procesos de coevaluación o autoevaluación compleja entre pares. Estudios de caso enfocados en la evaluación por competencias con Google Classroom en carreras de educación superior advierten que, para medir adecuadamente el desempeño profesional, los docentes se ven obligados a diseñar estrategias externas complejas o incorporar aplicaciones satélites, ya que el ecosistema de la plataforma resulta estrecho para contener la multidimensionalidad de los criterios de evaluación formativa.

Finalmente, la utilidad real del entorno virtual se encuentra fuertemente condicionada por

la brecha en la competencia digital docente. La implementación de Classroom no traduce automáticamente una práctica constructivista; coexiste un porcentaje de profesores que, por falta de adiestramiento tecnopedagógico o resistencia institucional al cambio, infrutilizan las secciones de foros interactivos y los módulos de rúbricas digitalizadas (González-Sánchez et al., 2024; Ortega Miranda et al., 2026). Sin políticas permanentes de capacitación instruccional por parte de las universidades, la utilidad de la plataforma se fragmenta, reduciendo el aula virtual a un repositorio estático y bidimensional.

## Reflexiones Finales

Google Classroom se ha consolidado en la educación superior contemporánea como una herramienta de indudable utilidad práctica, logrando derribar las barreras de la complejidad técnica y proveyendo un entorno de gestión del aprendizaje eficiente, intuitivo y económicamente sostenible para las instituciones. Su valor primordial reside en su capacidad para actuar como un canal fluido de b-learning que optimiza el tiempo operativo del docente, democratiza el acceso a recursos didácticos diversificados y promueve la flexibilización asincrónica del estudio.

Sin embargo, el análisis crítico demuestra que la plataforma es un medio contenedor y nunca el fin último de la pedagogía. Sus limitaciones intrínsecas para la evaluación automatizada de competencias complejas y el peligro latente de subordinar el pensamiento independiente a una lógica instrumental de meras entregas documentales evidencian que el éxito formativo del aula virtual no depende de sus líneas de código, sino de la intencionalidad pedagógica del profesor.

Para maximizar su potencial, las universidades deben trascender la alfabetización digital netamente técnica y apostar por capacitaciones didácticas profundas que subordinen las herramientas de Google a un modelo constructivista, interactivo y centrado en el estudiante. Solo cuando la reflexión pedagógica guíe el clic tecnológico, plataformas como Google Classroom servirán eficazmente al propósito de construir una educación superior de calidad y con alta pertinencia social.

# MODELO TEÓRICO EMERGENTE DE INTEGRACIÓN DE ENTORNOS VIRTUALES PARA LA FORMACIÓN TRANSDISCIPLINARIA EN TURISMO AGROECOLÓGICO

## EMERGING THEORETICAL MODEL FOR INTEGRATING VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR TRANSDISCIPLINARY TRAINING IN AGROECOLOGICAL TOURISM

**Mildred del Valle Paredes de Martínez<sup>1</sup>, Alfonso José Fernández <sup>2</sup>,  
Betzaida Margarita Cáceres Montilla<sup>3</sup> y Jorge Eliezer Zamudio Camacho<sup>4</sup>.**

<sup>1,3,4</sup>Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora Barinas- 5201., Venezuela

**Recibido:** 17-09-2025

**Aceptado:** 17-01-2026

<sup>2</sup>Grupo de Creación Intelectual Venezuela Turística Agroecológica Venturagro Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Barinas- 5201, Venezuela .  
ORCID: 0000-0002-0678-7014  
Email: prof.mparedes@gmail.com

### RESUMEN

La formación en turismo enfrenta el desafío de adaptarse a la era digital. Este artículo, parte de un proyecto de investigación, que busca generar un constructo teórico de los Entornos Virtuales de Aprendizaje e-learning (EVAE) una mirada integradora de la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico. El estudio cualitativo utiliza un enfoque fenomenológico-hermenéutico para interpretar las vivencias de siete informantes clave: expertos, docentes y estudiantes. A través de entrevistas y un diario de campo, se analizan sus narrativas para construir un marco teórico sólido y riguroso. Este proceso metodológico en cinco fases asegura una comprensión profunda de cómo los entornos virtuales integran la transdisciplinaria. Los resultados revelan que los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) son más que simples plataformas, siendo un catalizador para la reconfiguración del rol del estudiante hacia la autogestión y la autonomía. Se confirma que la integración de diversas herramientas tecnológicas (plataformas, comunicación sincrónica, recursos inmersivos) es crucial para fomentar la colaboración, superar barreras geográficas y promover un aprendizaje transdisciplinario. Este análisis vincula la tecnología y la pedagogía para una formación integral y holística en el turismo agroecológico. El modelo teórico para la formación en turismo agroecológico demuestra que los EVA empoderan a los estudiantes al fomentar la autonomía y la colaboración. La sinergia de tecnologías es clave para un aprendizaje holístico, donde la virtualidad complementa la experiencia real para una formación integral y sostenible. El futuro es prometedor con la IA y nuevas tecnologías.

**Palabras clave:** Entornos virtuales, Formación e-learning, Integración Transdisciplinaria, Modelo Emergente y Turismo Agroecológico.

**Mildred del Valle Paredes de Martínez:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: prof.mparedes@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-5878-4390>, Barinas, Venezuela

**Alfonso José Fernández:** Grupo de Creación Intelectual Venezuela Turística Agroecológica VENTURAGRO y Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO, Email: alfjosefer@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0678-7014>, Barinas, Venezuela

**Betzaida Margarita Cáceres Montilla:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: betzaidamargarita1969@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1897-3687>, Barinas, Venezuela

**Jorge Eliezer Zamudio Camacho:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: profejorgezamudio@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1372-7877>, Barinas, Venezuela

# MODELO TEÓRICO EMERGENTE DE INTEGRACIÓN DE ENTORNOS VIRTUALES PARA LA FORMACIÓN TRANSDISCIPLINARIA EN TURISMO AGROECOLÓGICO

## EMERGING THEORETICAL MODEL FOR INTEGRATING VIRTUAL ENVIRONMENTS FOR TRANSDISCIPLINARY TRAINING IN AGROECOLOGICAL TOURISM

**Mildred del Valle Paredes de Martínez<sup>1</sup>, Alfonso José Fernández <sup>2</sup>,  
Betzaida Margarita Cáceres Montilla<sup>3</sup> y Jorge Eliezer Zamudio Camacho<sup>4</sup>.**

<sup>1,3,4</sup>Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora Barinas- 5201., Venezuela

**Recibido:** 17-09-2025

**Aceptado:** 17-01-2026

<sup>2</sup>Grupo de Creación Intelectual Venezuela Turística Agroecológica Venturagro Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Barinas- 5201, Venezuela .  
ORCID: 0000-0002-0678-7014  
prof.mparedes@gmail.com

### ABSTRACT

Tourism education faces the challenge of adapting to the digital age. This article, part of a research project, seeks to generate a theoretical construct of E-learning Virtual Learning Environments (ELEs), offering an integrative perspective on transdisciplinary training in agroecological tourism. The qualitative study uses a phenomenological-hermeneutic approach to interpret the experiences of seven key informants: experts, teachers, and students. Through interviews and a field journal, their narratives are analyzed to construct a solid and rigorous theoretical framework. This five-phase methodological process ensures a deep understanding of how virtual environments integrate transdisciplinarity. The results reveal that ELEs are more than just platforms; they are a catalyst for reconfiguring the student's role toward self-management and autonomy. The integration of diverse technological tools (platforms, synchronous communication, immersive resources) is confirmed as crucial for fostering collaboration, overcoming geographical barriers, and promoting transdisciplinary learning. This analysis links technology and pedagogy for comprehensive and holistic training in agroecological tourism. The theoretical model for agroecological tourism training demonstrates that virtual learning environments (VLEs) empower students by fostering autonomy and collaboration. The synergy of technologies is key to holistic learning, where virtuality complements real-world experience for comprehensive and sustainable training. The future is promising with AI and new technologies.

**Keywords:** Virtual learning environments, E-learning training, Transdisciplinary integration, Emerging model, and Agro-ecological tourism.

**Mildred del Valle Paredes de Martínez:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: prof.mparedes@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-5878-4390>, Barinas, Venezuela

**Alfonso José Fernández:** Grupo de Creación Intelectual Venezuela Turística Agroecológica VENTURAGRO y Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO, Email: alfjosefer@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0678-7014>, Barinas, Venezuela

**Betzaida Margarita Cáceres Montilla:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: betzaidamargarita1969@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-1897-3687>, Barinas, Venezuela

**Jorge Eliezer Zamudio Camacho:** Grupo de Creación Intelectual Red de Estudio Transdisciplinario en Turismo Agroecológico RETTURAGRO Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Email: profejorgezamudio@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-1372-7877>, Barinas, Venezuela

## Introducción

La formación en el sector turístico ha evolucionado de manera significativa, adaptándose a las dinámicas globales emergentes y sus exigencias de sostenibilidad. En este contexto, el turismo agroecológico se presenta como un campo que fomenta la conservación ambiental, el fortalecimiento de las comunidades locales y la revalorización de las prácticas agrícolas ancestrales.

Sin embargo, la educación tradicional enfrenta desafíos para abordar esta complejidad, lo cual ha impulsado la búsqueda de nuevos modelos pedagógicos. La convergencia entre el turismo agroecológico y la formación virtual ha abierto un nuevo horizonte, redefiniendo las metodologías de enseñanza y las experiencias de aprendizaje. Esta sinergia no solo democratiza el acceso a la educación especializada, sino que también fomenta una comprensión más holística e integrada de estas disciplinas.

Por consiguiente, la formación en turismo agroecológico, al ser una disciplina inherentemente compleja, requiere un enfoque transdisciplinario. Este enfoque va más allá de la simple combinación de saberes, buscando una integración total que trascienda los límites de las disciplinas tradicionales. Además, la transdisciplinariedad aborda los desafíos multidimensionales del desarrollo sostenible.

En este sentido, se establece la necesidad de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, para implementar estrategias pedagógicas innovadoras que promuevan el aprendizaje significativo y la motivación intrínseca. Asimismo, se destaca la importancia de crear ambientes de aprendizaje inclusivos y colaborativos.<sup>1</sup>

Es fundamental, entonces, que los programas de formación en esta área no se limiten a la transferencia de conocimientos teóricos, sino que fomenten la participación activa de los estudiantes en proyectos reales que conecten la teoría con la práctica. De

esta manera, se promueve una comprensión más profunda de la interconexión entre la agricultura, la ecología, la economía y la cultura. Además, este enfoque holístico permite que los futuros profesionales del turismo agroecológico desarrollen habilidades esenciales como el pensamiento sistémico y la resolución de problemas complejos, los cuales son vitales para gestionar de manera sostenible las iniciativas turísticas.

Por lo tanto, la educación se convierte en una herramienta para empoderar a los estudiantes y convertirlos en agentes de cambio que puedan contribuir a la creación de un sector turístico más ético, responsable y regenerativo. En última instancia, la transdisciplinariedad en el turismo agroecológico no solo mejora la calidad educativa, sino que también asegura que los graduados estén equipados para enfrentar los retos del desarrollo sostenible, promoviendo un impacto positivo en las comunidades locales y el ambiente.<sup>2</sup>

De esta manera, la transdisciplinariedad en la era digital impulsa la digitalización de la educación turística. Esto se refleja en la creciente aplicación de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA) para la enseñanza de idiomas;<sup>3</sup> y la formación de guías turísticos agroecológicos utilizando la modalidad e-learning.<sup>4,5</sup> Estos estudios demuestran el potencial de las plataformas virtuales para ofrecer una formación flexible y accesible, adaptada a las nuevas realidades. Sin embargo, aún es necesario comprender mejor cómo estas herramientas pueden facilitar un aprendizaje verdaderamente transdisciplinario.

Para ello, las plataformas virtuales no se limiten a ser repositorios de información, sino que se conviertan en espacios dinámicos que promuevan la colaboración entre estudiantes y docentes de distintas áreas.

Esto implica el diseño de actividades que requieran la integración de conocimientos de ecología, economía, sociología y gestión, fomentando así la resolución de problemas complejos. En consecuencia, la tecnología

debe servir como un puente para conectar la teoría con la práctica, permitiendo a los estudiantes interactuar con casos de estudio reales, simulaciones y datos en tiempo real de manera colaborativa.<sup>6</sup>

En respuesta a estos desafíos, la formación en turismo agroecológico debe integrar la transdisciplinariedad y la digitalización. Esto no solo optimizará la experiencia de aprendizaje, sino que también preparará a los futuros profesionales para abordar los retos del desarrollo sostenible con soluciones tecnológicas innovadoras.<sup>7</sup>

Así, los egresados podrán dominar las herramientas digitales y aplicarlas para crear un impacto positivo en la industria y el ambiente.

Además, el principal desafío reside en adaptar este proceso educativo a entornos virtuales de aprendizaje e-learning, maximizando su alcance sin perder el componente experiencial del turismo agroecológico. Para lograrlo, las plataformas de aprendizaje no deben limitarse a entregar contenidos, sino que deben funcionar como ecosistemas interactivos que promuevan la colaboración y el aprendizaje basado en proyectos.<sup>8</sup>

Por esta razón, el uso de tecnologías como la realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) es fundamental para simular la experiencia práctica.<sup>9</sup> Por ejemplo, un estudiante podría "visitar" virtualmente una granja, observar sus procesos y tomar decisiones sobre el manejo de cultivos o recursos hídricos.

A pesar de este potencial, las comunidades rurales enfrentan barreras significativas que limitan su capacidad para aprovechar esta sinergia. La principal debilidad radica en la falta de infraestructura tecnológica, incluyendo el acceso limitado a internet de alta velocidad, equipos informáticos y una conexión eléctrica estable.

Esto crea una brecha digital que restringe el acceso a la educación y a las oportunidades de desarrollo. Para superar estos obstáculos, es fundamental implementar estrategias

como la creación de centros comunitarios con acceso a tecnología, el desarrollo de programas de alfabetización digital y el establecimiento de alianzas público-privadas para extender la cobertura de red.

De esta manera, se podría garantizar que estas comunidades no solo sean receptoras del turismo, sino también participantes activos en la difusión del conocimiento agroecológico. Para superar las barreras, es fundamental implementar estrategias que garanticen la efectividad de la formación. Esto incluye crear centros comunitarios con tecnología, desarrollar programas de alfabetización digital y establecer alianzas público-privadas para ampliar la cobertura de red. Así mismo, las innovaciones tecnológicas han transformado los procesos de enseñanza-aprendizaje, al abordar el turismo agroecológico desde plataformas educativas, esta integración permite una mayor interacción y creación de contenidos dinámicos, lo cual enriquece la experiencia del estudiante.<sup>10</sup> La adopción de estas herramientas no es un fin en sí mismo, sino un medio para potenciar la formación de profesionales capaces de enfrentar los retos contemporáneos del sector. Por ello, la exploración de estas herramientas se hace indispensable, ya que no se trata solo de replicar el aula presencial, sino de crear una nueva didáctica.

En este sentido, la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico ha adoptado estrategias multimodales, con el fin de capacitar a los profesionales para que, además de dominar los aspectos técnicos, comprendan la complejidad cultural y social del entorno.<sup>11</sup> En este contexto, la didáctica en el entorno virtual exige adaptar las metodologías pedagógicas, pasando de un modelo de transmisión de información a uno que fomente la construcción colaborativa del conocimiento. Por lo tanto, la virtualidad obliga a repensar las estrategias de evaluación y las dinámicas de grupo, asegurando el aprendizaje significativo. En consecuencia, la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico ha adoptado estrategias multimodales que combinan diversos canales y recursos. Este enfoque didáctico, al integrar elementos

visuales, auditivos y kinestésicos, optimiza la retención del conocimiento, ya que reconoce que los estudiantes aprenden de maneras diferentes. De esta forma, la multimodalidad no solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que también prepara a los futuros guías para comunicarse eficazmente con audiencias heterogéneas.

Así mismo, la modalidad e-learning no solo permite el desarrollo de competencias y la aplicación de conocimientos, sino que también facilita una evaluación sistemática esencial para garantizar la calidad y pertinencia de la formación.

Sumado a esto, la transdisciplinariedad del turismo agroecológico se extiende a la sostenibilidad y su relación con la creación intelectual. Esta aproximación didáctica se complementa con la visión transdisciplinaria del turismo agroecológico, destacando que la sostenibilidad, integra aspectos económicos, sociales y culturales.

Por lo tanto, la formación debe inculcar una visión crítica en los estudiantes, lo cual se logra al complementar la adquisición de conocimientos teóricos en línea con experiencias prácticas en el campo.

Asimismo, la experiencia virtual enfatiza que no es réplica de lo presencial, sino una vivencia con dinámicas y retos propios. En este entorno, el docente asume un rol de facilitador, promoviendo la autonomía y la participación activa del estudiante.

Adicionalmente, el planteamiento del problema se enfoca en la necesidad de comprender las vivencias y perspectivas de la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico en entornos e-learning. A pesar de la creciente literatura sobre la digitalización de la educación, se observa una falta de estudios que profundicen en la experiencia subjetiva de los participantes.

¿De qué manera un modelo emergente de un constructo teórico de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) e-learning puede integrar la formación transdisciplinaria en el ámbito del turismo agroecológico? La respuesta a esta interrogante es vital para

optimizar el diseño y la implementación de programas educativos.

Este artículo tiene como propósito generar un modelo teórico emergente de un constructo teórico de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) e-learning una mirada integradora en la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico. De este modo, se busca identificar los principales desafíos y oportunidades de este modelo educativo, desde la integración de conocimientos de distintas disciplinas hasta la interacción social en la virtualidad.<sup>12</sup> Finalmente, el trabajo generará un cuerpo de conocimiento para la mejora continua de la formación profesional en esta área, reconociendo la importancia de una visión holística.

De este modo, la investigación busca identificar los principales desafíos y oportunidades de este modelo educativo. A partir de la interpretación de las vivencias, se analizan las dificultades inherentes a la integración de conocimientos de distintas disciplinas en un mismo currículo, así como los retos de la interacción social y la construcción de comunidades en un entorno virtual. Al mismo tiempo, se exploran las ventajas de esta modalidad, como la flexibilidad, la accesibilidad y la capacidad de conectar a personas con distintos saberes.

En este contexto, la formación en turismo agroecológico debe adoptar una visión holística para asegurar su futuro. Al reconocer la interconexión entre la tecnología, la transdisciplinariedad y las experiencias humanas, se propone un modelo educativo que supera la simple transmisión de información.

Este enfoque busca preparar a los profesionales no solo con habilidades técnicas, sino también con la capacidad de abordar los complejos desafíos del desarrollo sostenible de una manera integral y consciente.

**Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) e-learning una mirada integradora en la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico.**

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) son herramientas esenciales para la formación transdisciplinaria en el turismo agroecológico, ya que permiten a las universidades potenciar las habilidades de estudiantes y docentes a través de programas especializados, rompiendo así las barreras geográficas.

Estos espacios digitales no solo optimizan la formación docente al fomentar competencias digitales, sino que también promueven una gestión eficiente y la conciencia ambiental, democratizando el acceso a la educación.<sup>13</sup>

Sin embargo, la simple implementación de un EVA no es suficiente, dado que a menudo los estudiantes carecen de las competencias tecnológicas necesarias. Por consiguiente, es fundamental integrar en el proceso formativo un componente de capacitación en habilidades digitales, asegurando que tanto docentes como estudiantes estén equipados para aprovechar al máximo estas herramientas. Este enfoque holístico garantiza que la tecnología se convierta en un medio eficaz para la integración de saberes, en lugar de ser un simple instrumento.

Por lo tanto, la fusión de la tecnología con la didáctica garantizará que la educación virtual en turismo agroecológico no se perciba como una experiencia pasiva, sino como una vivencia que incentive la colaboración multidisciplinaria, utilizando herramientas digitales para simular escenarios reales, analizar datos y tomar decisiones basadas en información concreta.<sup>14,15</sup> De esta forma, los estudiantes no solo absorben conocimientos, sino que aplican de manera práctica, desarrollando las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos complejos del sector.

En consecuencia, el enfoque pedagógico debe estar centrado en la resolución de problemas y en proyectos que integren la agronomía, la economía, la sociología y la gestión, lo que permitirá a los futuros profesionales convertirse en agentes de cambio. La meta final es crear un modelo educativo que aproveche al máximo el potencial de los EVA para conectar la

teoría con el entorno real, asegurando que los graduados estén equipados con las competencias necesarias para contribuir de manera efectiva al desarrollo sostenible.

En este sentido, la multimodalidad no solo se refiere al uso de videos, podcasts e infografías, sino también a la combinación estratégica de la teoría con la práctica. Por lo tanto, un modelo de formación efectivo debe integrar, por ejemplo, simulaciones virtuales de fincas agroecológicas, estudios de caso en video y foros de discusión en línea, junto con la posibilidad de realizar trabajo de campo de manera presencial.<sup>16</sup>

Esta combinación de formatos y metodologías permite que los estudiantes no solo comprendan los conceptos, sino que también los apliquen en contextos variados, desarrollando habilidades para la resolución de problemas complejos.

En definitiva, la multimodalidad y la flexibilidad son cruciales para que el diseño de un programa de formación en turismo agroecológico se adapte a las realidades actuales. Al ofrecer una experiencia de aprendizaje que va más allá de un solo formato, se asegura que los futuros profesionales estén equipados con las competencias necesarias para innovar y liderar el desarrollo sostenible en el sector.

Por otra parte, la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico debe ser entendida como una experiencia vivida mediada por un enfoque socio-crítico. Esta perspectiva propone esta modalidad turística como una génesis prospectiva para la enseñanza-aprendizaje desde la virtualidad, donde el docente y el estudiante se complementan mediante el método de aprender haciendo.<sup>8</sup>

Esta visión se enriquece con la redefinición del rol del docente, quien pasa a ser un facilitador del conocimiento, vital para que los estudiantes se familiaricen con las herramientas digitales y perciban las realidades del sector. Por lo tanto, los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) como espacios de formación trascienden la mera transferencia de información esta promueve la reflexión crítica y la transformación social.

Este enfoque garantiza que la formación no solo provea conocimientos técnicos, sino que también desarrolle una conciencia profunda y la capacidad de actuar sobre los desafíos del turismo agroecológico.

Finalmente, los entornos virtuales de aprendizaje representan un cambio de paradigma exitoso y no una simple alternativa. Es decir, los EVA han mejorado la capacidad de las universidades para ofrecer nuevos contenidos y formar a un gran número de personas, demostrando que la virtualidad es un vehículo eficaz para la formación transdisciplinaria.<sup>2</sup>

Asimismo, la importancia de las alianzas institucionales para el fortalecimiento de la educación en el sector a través del e-learning proporciona una base empírica para argumentar que la virtualidad es una estrategia viable a largo plazo para la formación en turismo agroecológico, estableciendo un marco conceptual que sistematice la implementación de los EVA como la vía principal para consolidar el conocimiento y las prácticas en el sector.

En síntesis, la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico mediada por los EVA se conceptualiza como un proceso integral que va más allá de la tecnología. Los antecedentes analizados demuestran que un constructo teórico sólido debe articular la tecnología con la pedagogía, incorporando la necesidad de desarrollar competencias digitales y aplicando metodologías activas como la multimodalidad y el aprendizaje experiencial.

Los estudios consultados validan la pertinencia de la virtualidad para la formación práctica, la sistematización de experiencias y la redefinición del rol docente, lo que en su conjunto sienta las bases para un modelo educativo que promueve la reflexión crítica y la transformación social. Este marco teórico integrador justifica la formación en entornos virtuales como la vía más efectiva para preparar a los futuros profesionales del sector.

## Métodos y materiales

Este artículo presenta un avance del proyecto de investigación "Constructo teórico de los entornos virtuales e-learning con un enfoque integrador para la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico". El proyecto, desarrollado por la Red de Estudios Transdisciplinarios de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, busca generar un modelo teórico emergente de un constructo teórico de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) e-learning una mirada integradora en la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico.

Este estudio cualitativo utiliza un enfoque fenomenológico-hermenéutico para interpretar las vivencias de los participantes en la formación de turismo agroecológico.

Para ello, se seleccionaron informantes clave basándose en su experiencia directa y participación activa en el campo. Sus perspectivas sobre los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) son cruciales, ya que sus narrativas permiten comprender la esencia de la transdisciplinaria en estos espacios y, con ello, construir un marco teórico que sustentara los hallazgos encontrados durante la investigación.<sup>17,18</sup>

Para ello, se establecen los siguientes criterios incluyentes para la investigación, asegurando que los participantes aporten información valiosa y profunda. Visualizar Tabla 1.

Para obtener una comprensión integral del fenómeno, se seleccionaron siete informantes de diversas categorías: un experto, dos docentes y dos estudiantes.

Esta variedad de perspectivas teórica, pedagógica y vivencial, es necesaria para la rigurosidad del estudio, ya que permite la triangulación de datos. Al elegir participantes con experiencia activa en la formación en turismo agroecológico, se asegura la riqueza y validez de la información, lo que facilita una interpretación profunda de las vivencias y perspectivas de los actores en los entornos virtuales de aprendizaje (e-learning).

**Tabla 1. Perfil del Informante Clave**

Características	Criterios	Código	Informantes Clave Entrevistas	Cantidad
Conocimiento especializado	Experiencia en el área de turismo, agroecología y/o entornos virtuales de aprendizaje (EVA).	E-01 a E-02	Expertos, académicos, consultores	2
Experiencia relevante	Participación activa en proyectos o programas de formación que integren el turismo agroecológico y el uso de EVA.	D-01 a D-02	Docentes del área	2
Participación activa	Estudiantes que cursen o hayan cursado programas de formación en turismo agroecológico que utilicen EVA.	P-01 a P-03	Participantes del proceso formativo	3
				7

Fuente: Elaboración Propia (2025)

De esta manera, la metodología de esta investigación se basa en el enfoque que busca el encuentro epistémico del saber interior del investigador y el fenómeno a estudiar, donde se entrecruzan procesos mentales, a través del enfoque cualitativo, método fenomenológico hermenéutico y técnicas participativas como la entrevista en profundidad y la observación participante<sup>19</sup>. Por ello, se sigue una estructura clara para alcanzar sus objetivos. Visualizar Tabla 2.

La Tabla 2 describe la hoja de ruta metodológica fenomenológico-hermenéutica, organizando el estudio en cinco fases interconectadas. Cada fase está diseñada para lograr un propósito específico, comenzando con

la recopilación de vivencias mediante entrevistas y observación. A medida que avanza el proceso, la investigación se enriquece con la búsqueda de diferentes perspectivas, el análisis de contenido para encontrar la esencia y la estructura de los datos, y la triangulación de la información para construir el significado. Finalmente, la fase de interpretación y síntesis culmina con la redacción del constructo teórico, lo que demuestra un enfoque sistemático y riguroso para la comprensión profunda del fenómeno de estudio.

Asimismo, las técnicas e instrumentos de recolección de datos son esenciales para la investigación. La entrevista semi-estructurada en profundidad y la observación

**Tabla 2. Recorrido Metodológico Fenomenológico - Hermenéutico**

Fases de la Metodología	Propósitos Específicos Relacionados	Técnicas	Instrumentos y Herramientas
Fase 1: Inmersión y Búsqueda de las Vivencias	Interpretar las vivencias y perspectivas significativas de los actores involucrados en la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico que contribuya en los entornos virtuales E-learning.	Entrevista semi-estructurada en profundidad, Observación directa	Guía de entrevista, grabadora de audio, diario de campo
Fase 2: Búsqueda de Diferentes Perspectivas			Guía de entrevista, matriz de observación, diario de campo
Fase 3: Búsqueda de la Esencia y la Estructura		Análisis de contenido, codificación y categorización	Análisis cualitativo, matrices de análisis, fichas de categorización
Fase 4: Constitución de la Significación		Triangulación de la información, análisis hermenéutico	Matrices de triangulación, tablas comparativas, esquemas conceptuales
Fase 5: Interpretación y Síntesis Final del Fenómeno		Interpretación teórica, redacción científica	Redacción y procesamiento de texto

Fuente: Elaboración Propia (2025)

directa son las técnicas principales, que permiten capturar las vivencias y percepciones de los participantes. Los instrumentos clave son la grabadora de audio y el diario de campo, que aseguran un registro fiel y detallado de la información.

El análisis de datos es un proceso en el que se organiza, categoriza y triangula la información cualitativa para identificar patrones y relaciones. Este proceso culmina en la interpretación teórica y la redacción de la información recopilada.

## Resultados

Adoptando un enfoque fenomenológico-hermenéutico, esta investigación culmina con hallazgos que transforman la información en conocimiento valioso. El proceso inició con una inmersión profunda para develar las vivencias de los informantes clave a través de entrevistas y un diario de campo, donde la riqueza de sus relatos y emociones fue analizada mediante una hermenéutica holística, asegurando una comprensión integral y bien fundamentada del fenómeno.

A partir de estas narrativas, se construyeron subcategorías vinculadas a los entornos virtuales de aprendizaje y su rol integrador en el turismo agroecológico. El análisis posterior conectó estos hallazgos con las proposiciones teóricas y el marco onto-epistémico del estudio, trascendiendo la simple descripción para contextualizar los datos dentro de un cuerpo de conocimiento más amplio. Al fusionar la evidencia empírica con la teoría, no solo se validan los resultados, sino que se generan nuevas perspectivas que refinan el entendimiento del fenómeno, aportando de manera significativa al campo de estudio.

### **Paso 1. Develar desde las voces de los informantes clave en relación a los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) e-learning una mirada integradora de la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico.**

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) trascienden la mera función de plataformas tecnológicas para erigirse como recursos complejos que reconfiguran los cimientos

de la formación en el ámbito del turismo agroecológico.

Estos espacios son foros dinámicos donde se co-construye el significado del aprendizaje, la colaboración y la comunidad.<sup>20</sup> Este análisis propone una reinterpretación de los resultados de investigación, evidenciando cómo la virtualidad es un agente de transformación en la formación y cómo los actores educativos asumen un nuevo rol en este contexto. Visualizar Figura 1.

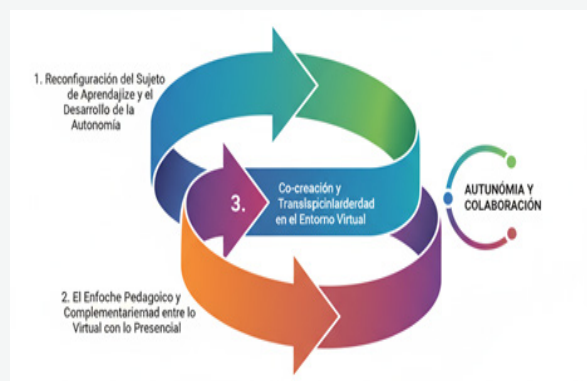


Figura 1. Proceso Formativo integrador EVA y Transdisciplinaria en Turismo Agroecológico  
Fuente: Elaboración propia (2025)

La figura 1 representa un ciclo de aprendizaje dinámico y continuo de los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) e-learning que entrelazan la formación transdisciplinaria en la formación en turismo agroecológico, el cual refuerza desde su primer proceso la reconfiguración del sujeto de aprendizaje y el desarrollo autónomo, donde la experiencia de formación en los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) reconfigura profundamente el rol del estudiante, enfocándose en la flexibilidad y la autogestión.

La sensación de soledad que algunos experimentan no es una deficiencia, sino la manifestación de una nueva relación con el conocimiento, donde el aprendizaje se vuelve un proceso intrínsecamente individualizado.<sup>20</sup> Las diversas herramientas digitales, como Moodle, que es una plataforma de aprendizaje en línea (LMS) de código abierto y gratuita, que permite crear cursos, gestionar actividades, evaluar y comunicarse con los participantes y pares

académicos; mientras que Telegram ofrece el servicio de mensajería gratuita, a su vez, brinda la opción de mensajes de voz, grabar videos, y clases en vivo. Ambos no son simples instrumentos, sino los cimientos de un ecosistema que empodera al estudiante para ser el principal artífice de su propio camino formativo.

Seguidamente, el enfoque pedagógico establece la base teórica y práctica, y se materializa a través de la complementariedad entre lo virtual con lo presencial. Sin embargo, existentes limitantes como incapacidad para replicar la experiencia sensorial y vivencial inherente al turismo agroecológico, revela una oportunidad fundamental. La virtualidad no debe ser concebida como un sustituto de la presencia física, sino como un complemento estratégico. Esta integración es fundamental en el e-learning para proyectos de aprendizaje activo.<sup>3</sup>

La formación virtual actúa como un puente que democratiza el acceso a la teoría, motiva a los estudiantes y contextualiza los conocimientos para que la práctica en el mundo real, la experiencia con el territorio y la comunidad, se convierta en una vivencia más rica y significativa a través de la reactivación del turismo agroecológico.

Desde esta perspectiva, la co-creación y transdisciplinariedad en el entorno virtual e-learning se convierten en el motor del aprendizaje, promoviendo la colaboración y la interconexión de saberes. Por ello, la tecnología se convierte en un lenguaje común que entrelaza diversas disciplinas (turismo, ecología, economía local y la educación) para abordar problemas complejos. En este sentido, es necesario fomentar la colaboración y el intercambio.<sup>21</sup>

En este caso, los congresos virtuales, las redes de colaboración y los proyectos en línea son espacios de interpretación colectiva que fomentan la construcción de una visión holística y sostenible.

En síntesis, la fusión que se produce en los EVA para el turismo agroecológico demuestra que la virtualidad no sustituye a lo físico,

sino que se integra con ello para conformar un proceso de formación más completo y accesible. El éxito de este modelo radica en el diseño de una pedagogía que abrace la dualidad de la experiencia (virtual y real), que fomente la autonomía del aprendiz y que use las herramientas digitales para catalizar la colaboración y el empoderamiento. La ética y la vinculación con las comunidades, aunque iniciadas en el plano virtual, encuentran su plena realización en la interacción directa.

Por lo tanto, el EVA se convierte en una valiosa puerta de acceso y promoción, pero la verdadera vinculación se construye en el terreno.

## **Paso 2. Análisis de las herramientas y recursos tecnológicos en los EVA para la construcción de conocimiento transdisciplinario en el turismo agroecológico.**

El siguiente análisis detalla cómo diversas herramientas y recursos tecnológicos, identificados en los resultados de la investigación, son cruciales para la construcción de conocimiento transdisciplinario en el contexto de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA). Cada herramienta no solo cumple una función técnica, sino que también facilita la conexión entre diferentes saberes, actores y territorios. Visualizar Tabla 3.

El análisis de la tabla 3 muestra cómo los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) no se basan en una sola herramienta, sino en la sinergia de varias tecnologías para construir un conocimiento transdisciplinario. El éxito de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) en el contexto del turismo agroecológico no reside en una única herramienta, sino en la sinergia estratégica de un conjunto de tecnologías. Este ecosistema digital actúa como un mediador clave para la transdisciplinariedad y la co-creación de conocimiento.<sup>24,2</sup>

La integración de diversas plataformas y recursos permite superar las limitaciones de un solo canal, construyendo un ambiente de aprendizaje holístico y dinámico.

**Tabla 3. Recorrido Metodológico Fenomenológico - Hermenéutico**

Herramienta/Recurso	Función en el EVA	Contribución a la Transdisciplinariedad
<b>Plataformas de Gestión (Moodle y Google Classroom)</b>	Espacios estructurados para la administración de cursos, entrega de contenidos, y gestión de actividades formales.	Sirven como el eje central que organiza el conocimiento de múltiples disciplinas (agroecología, turismo, economía, sociología) en un currículo coherente y accesible.
<b>Herramientas de Comunicación Instantánea (WhatsApp y Telegram)</b>	Canales para la interacción continua, la coordinación de grupos, el intercambio rápido de información y la difusión de conocimiento.	Facilitan la comunicación fluida entre estudiantes, docentes y comunidades, permitiendo la <b>cocreación</b> de conocimiento en tiempo real y el intercambio de saberes locales sin barreras geográficas.
<b>Plataformas de Videoconferencia (Google Meet y Zoom)</b>	Espacios para clases sincrónicas, talleres, congresos virtuales y reuniones de proyectos.	Permiten la colaboración multidisciplinaria a distancia, conectando a expertos, productores y estudiantes para abordar problemas complejos desde diversas perspectivas, como se evidencia en la mención de congresos virtuales.
<b>Recursos Audiovisuales (YouTube, IA y videos)</b>	Medios para la creación y consumo de contenido visual e interactivo.	Transforman contenidos teóricos en formatos dinámicos y contextualizados. A través de videos y simulaciones, se puede conectar la teoría con la práctica, haciendo visible el trabajo en el territorio y facilitando la comprensión holística de los procesos agroecológicos.
<b>Tecnologías Inmersivas (Realidad Virtual/Aumentada)</b>	Herramientas que simulan experiencias prácticas y visualizan conceptos complejos en un entorno digital.	Aunque se señalan sus limitaciones, estas tecnologías ofrecen la oportunidad de vincular la virtualidad con el territorio, permitiendo "visitas virtuales" y la visualización de procesos que complementan la experiencia física y fomentan una comprensión integral.
<b>Dispositivos Móviles (smartphones y tablets)</b>	Herramientas para la recopilación de datos en tiempo real y el aprendizaje desde el campo.	Permiten a los participantes y productores locales ser actores activos en la construcción de conocimiento, conectando lo que sucede en el territorio directamente con el EVA. Esto fortalece el enfoque participativo y la integración de la comunidad.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Asimismo, las plataformas de gestión de aprendizaje como Moodle y Google Classroom actúan como la columna vertebral de este ecosistema. Su función principal es organizar y estructurar el currículo de forma coherente, integrando contenidos teóricos de múltiples disciplinas, como la agroecología, el turismo y la economía.<sup>23</sup>

Estas plataformas permiten gestionar la capacitación y el aprendizaje de manera centralizada. Adicionalmente, facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Al igual que; las herramientas de comunicación instantánea como WhatsApp y Telegram son vitales para la interacción continua y la coordinación de los actores. Estas plataformas facilitan la cocreación de conocimiento en tiempo real y el intercambio de saberes locales, eliminando barreras geográficas. En este sentido, enfatizan el

rol del aprendizaje colaborativo en entornos virtuales, y estas herramientas son el vehículo ideal para fomentar la comunicación y el trabajo en equipo de manera ágil.<sup>24</sup>

Igualmente, las plataformas de videoconferencia (Google Meet y Zoom) son espacios para la interacción sincrónica, permitiendo clases en vivo, talleres y congresos virtuales. Es por ello que la didáctica y la enseñanza del turismo agroecológico se han adaptado al entorno virtual. Estas herramientas posibilitan la conexión entre expertos, productores y estudiantes, facilitando así la colaboración multidisciplinaria y abordando problemas complejos desde diferentes perspectivas.<sup>25</sup>

Por otra parte, los recursos audiovisuales, como videos y herramientas de IA, dinamizan el proceso de aprendizaje al transformar el

contenido teórico en formatos visuales e interactivos. A través de ellos, se pueden documentar y visualizar los procesos en el territorio, conectando la teoría con la práctica y haciendo accesible el trabajo en el campo, lo que es esencial para una comprensión holística del turismo agroecológico. Además, las tecnologías inmersivas representan una oportunidad para vincular la virtualidad con la experiencia tangible del territorio.

Estas herramientas permiten realizar visitas virtuales a fincas o comunidades, ofreciendo a los estudiantes una aproximación práctica a la materia. Este enfoque se alinea con la integración de lo presencial y lo virtual que promueve el b-learning para la formación en el turismo agroecológico.<sup>11</sup> Asimismo, los dispositivos móviles empoderan a los participantes al permitirles recopilar datos y aprender directamente desde el campo.

**Paso 3. Mapear los elementos de un constructo teórico en los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) e-learning: una mirada integradora de la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico.**

En este tercer paso, el objetivo es mapear los elementos de un constructo teórico para entornos virtuales de aprendizaje (EVA) en el contexto de la formación transdisciplinaria

en turismo agroecológico. Este constructo se enfoca en la interacción dinámica entre la tecnología y la pedagogía, y explica cómo las características de los EVA (como la flexibilidad y la accesibilidad) pueden potenciar el carácter holístico y práctico del turismo agroecológico.

Para lograrlo, se reestructuró la tabla anterior con el fin de clarificar las categorías que emergen de la intersección entre los EVA y la formación transdisciplinaria, poniendo especial énfasis en la integración de saberes y prácticas. Visualizar Figura 2.

La Figura 2 presenta una visión integradora y dinámica de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) para la formación en turismo agroecológico.

Utilizando una espiral como metáfora visual, el modelo destaca cómo los componentes no operan de forma aislada, sino que se potencian mutuamente para crear una experiencia de aprendizaje coherente y completa. El enfoque del modelo incorpora elementos lúdicos y de motivación para aumentar la participación y el compromiso de los estudiantes, resultando en un ecosistema educativo que integra la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico a través de EVA e-learning. Este sistema dinámico y sistémico mapea

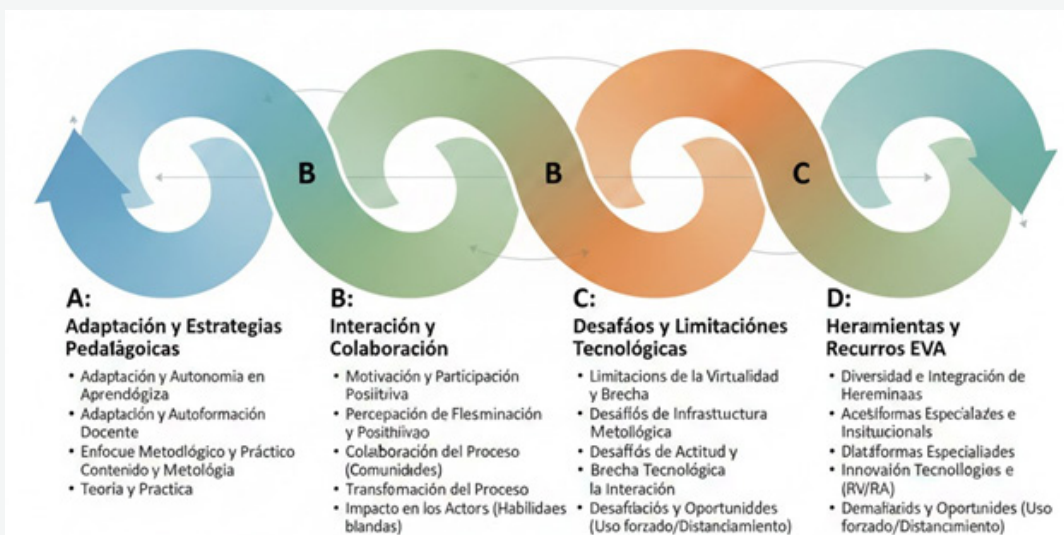


Figura. 2. Modelo teórico emergente de integración de entornos virtuales para la formación transdisciplinaria en turismo agroecológico.

Fuente: Elaboración propia (2025)

cuatro componentes principales que facilitan una red de conocimiento, interconectando procesos, herramientas y recursos para optimizar la interacción entre el aprendizaje y la enseñanza.

### **Componentes A: Adaptación y estrategias pedagógicas**

El núcleo del proceso educativo en entornos digitales reside en las estrategias pedagógicas y la autoformación, tanto de docentes como de estudiantes. Ambos deben desarrollar habilidades de autonomía y gestión del conocimiento, lo que implica un cambio de paradigma: el docente se convierte en un facilitador y el estudiante en un agente activo de su propia formación.<sup>8</sup>

Es crucial implementar metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o en Problemas (ABP) para fomentar el pensamiento crítico y la participación, trascendiendo la pasividad de los modelos tradicionales. Esta adaptación es esencial para crear un proceso de aprendizaje fluido y relevante. Además, la modalidad b-learning optimiza la formación al combinar lo mejor de la flexibilidad virtual con la riqueza de la interacción presencial.

Este modelo híbrido permite el desarrollo de habilidades prácticas y personaliza el ritmo de aprendizaje, garantizando una formación integral y holística que se ajusta a las necesidades de los participantes.

### **Componentes B: Interacción y colaboración**

El segundo componente, la interacción y colaboración, son pilares esenciales para prevenir el aislamiento en la educación a distancia, actuando como la fuerza motriz del diseño de los entornos virtuales.<sup>27</sup>

Es fundamental ir más allá de la simple transmisión de información para fomentar el trabajo en equipo, el debate y la co-creación de conocimientos, elementos clave de un enfoque transdisciplinario. La implementación de actividades colaborativas transforma al estudiante en parte de una verdadera comunidad de aprendizaje. Para materializar esta colaboración, la tutoría y la

retroalimentación oportuna son cruciales.

El tutor debe actuar como guía, mediador y mentor, proporcionando no solo una retroalimentación constructiva, sino también creando un espacio de apoyo que motive al estudiante. La capacitación de los docentes en herramientas tecnológicas es vital para que puedan impulsar el progreso continuo y ayudar a los estudiantes a superar los desafíos de la autoformación en un entorno digital.

### **Componentes C: Desafíos y limitaciones tecnológicas**

La gestión de las barreras es fundamental para el éxito de la educación a distancia. Una de las primeras barreras a abordar es la accesibilidad y usabilidad de las plataformas, ya que una interfaz compleja puede frustrar a los estudiantes.

Es crucial que las herramientas digitales sean diseñadas pensando en la facilidad de uso para garantizar un acceso equitativo al contenido.<sup>7</sup>

A pesar de los avances, persisten desafíos como la brecha tecnológica, que se manifiesta en la falta de acceso a internet estable o a dispositivos adecuados, creando disparidades en las oportunidades de aprendizaje. Es imperativo que las instituciones educativas consideren estas limitaciones para mitigar su impacto y asegurar la continuidad académica.

Sin embargo, superar estas barreras es una de las mayores fortalezas de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), ya que trascienden las limitaciones geográficas.

Esta cualidad es especialmente relevante para la formación en turismo agroecológico, permitiendo la conexión global con expertos y estudiantes, lo que enriquece la experiencia con diversas perspectivas y fomenta la transdisciplinariedad para una visión holística y sostenible.

### **Componentes D: Herramientas y recursos EVA**

Las plataformas de gestión y sus recursos son el pilar fundamental que da estructura a los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), organizando de manera eficiente el contenido y las interacciones.<sup>8</sup>

La integración de estas herramientas, como Moodle, es esencial para optimizar la formación profesional, siguiendo modelos instruccionales bien planificados. Complementando esto, las herramientas de comunicación sincrónica, como videoconferencias y chats, fortalecen el sentido de comunidad y permiten el acompañamiento personalizado, facilitando

el aprendizaje colaborativo.

Adicionalmente, los recursos audiovisuales y las tecnologías inmersivas, como la realidad virtual y aumentada, elevan la calidad del aprendizaje, transformando el contenido en una experiencia viva y memorable, superando las barreras de la virtualidad. Todo esto, unido al cuarto componente de este modelo, permite una formación más efectiva.

## Conclusiones

El modelo teórico de entornos virtuales de aprendizaje (EVA) e-learning para la formación en turismo agroecológico destaca un proceso clave de adaptación y autonomía en los participantes. Los estudiantes, al desarrollar la capacidad de autogestión, toman el control de su propio camino de aprendizaje. Este enfoque, centrado en el aprendiz, busca también revelar sus experiencias y perspectivas. Además, la interacción con otros actores educativos es un pilar fundamental; a pesar de la distancia, la colaboración actúa como un catalizador para la integración de saberes, lo que demuestra que el aprendizaje es un proceso de construcción conjunta de conocimiento.

De la misma manera, el análisis de las herramientas y recursos tecnológicos confirma que no existe una única solución, sino una sinergia estratégica entre un conjunto de tecnologías que contribuye a la construcción de conocimiento transdisciplinario. En este sentido, las plataformas de gestión de aprendizaje (LMS), como Moodle, actúan como la columna vertebral que organiza el currículo. Paralelamente, las herramientas de comunicación instantánea, como chats y plataformas de videoconferencia, facilitan la interacción sincrónica y asincrónica, lo que permite la co-creación de conocimiento en tiempo real. Esta integración tecnológica responde directamente a la necesidad de analizar las herramientas y recursos que favorecen el aprendizaje holístico en este campo.

Por lo tanto, en el análisis de los componentes pedagógicos de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), se destaca la reconfiguración de roles: el estudiante se convierte en un agente activo y autónomo, mientras el docente evoluciona a un facilitador y mentor. Este nuevo paradigma exige que ambos se adapten para prosperar en un entorno digital, donde el aprendizaje es un proceso de construcción conjunta. En el ámbito tecnológico, los recursos van más allá de las simples plataformas de gestión; los recursos audiovisuales y las tecnologías inmersivas son vitales para transformar la teoría en formatos atractivos y permitir la interacción simulada con el entorno, lo cual es crucial para la formación en turismo agroecológico.

Esta sinergia tecnológica crea un ecosistema digital multifacético que se adapta a las diversas necesidades de los estudiantes. Por consiguiente, es necesario un constructo teórico que conceptualice el aprendizaje como un proceso dual y dinámico, equilibrando la autonomía individual con la colaboración. Este marco de referencia es esencial para diseñar una pedagogía que use estratégicamente la tecnología para conectar la experiencia virtual y real, proporcionando una base sólida para futuros diseños curriculares. Por consiguiente, un constructo teórico para los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)

define el aprendizaje no solo como la transferencia de conocimiento, sino como un proceso que empodera a los participantes para una formación integral. El modelo propuesto sintetiza hallazgos para demostrar cómo la virtualidad es un catalizador que potencia la formación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos del desarrollo sostenible con una visión holística. Así, el éxito del aprendizaje virtual reside en un enfoque pedagógico que utiliza la tecnología de manera estratégica para fomentar una conexión ética y profunda con el territorio y sus comunidades.

Por otra parte, el constructo teórico evidencia que la complementariedad entre lo virtual y lo presencial emerge como un hallazgo fundamental para el turismo agroecológico. El enfoque no es sustituir la experiencia directa, sino potenciarla. La virtualidad actúa como un puente que difunde conocimientos teóricos, contextualiza saberes y motiva a los estudiantes, preparando el terreno para que la práctica en el mundo real sea más rica y significativa. A modo de ejemplo, los estudiantes pueden familiarizarse con conceptos clave o realizar simulaciones antes de interactuar directamente con las comunidades. Esta fusión de experiencias, conocida como b-learning, es crucial para una formación integral que combine la accesibilidad de lo digital con la profundidad de lo vivencial.

Finalmente, la síntesis de los hallazgos confirma que el futuro de la formación en turismo agroecológico a través de los entornos virtuales es sumamente prometedor. Las oportunidades están directamente vinculadas con el avance tecnológico, especialmente con la integración de la inteligencia artificial. Esta nueva era promete experiencias inmersivas y personalizadas, así como la creación de redes globales de conocimiento que trascienden las limitaciones geográficas. El análisis conceptualiza este panorama como un nuevo paradigma educativo, donde la virtualidad no solo democratiza el acceso a la formación, sino que también fomenta la colaboración multidisciplinaria y la creación de redes más justas, lo que permite a las comunidades rurales participar activamente en la construcción de saberes.

## Referencias

- 1.- Paredes, M. (2025). Tejiendo redes de conocimiento: La epistemología transdisciplinaria en la práctica docente universitaria: Tejiendo redes de conocimiento: La epistemología transdisciplinaria en la práctica docente universitaria. HOLOPRAXIS. Revista De Ciencia, Tecnología E Innovación, 9(2), 426–441.
- 2.- Fernández, A. J. & Gutiérrez Mendoza, I. (2024). Modalidad de E-learning en la Formación del Sistema Turístico para el Área de Turismo Agroecológico. Revista de Innovaciones y Tecnologías en Educación a Distancia Ezequiel Zamora, 2, 1–15.
- 3.- Aljibe Varea, C., Martí Marco, M. R., Candela Hidalgo, A. R., Román Esteban, M. I., & Thieser, A. (2021). Adaptación al e-learning de proyectos de aprendizaje activo de la lengua alemana para el turismo. Universidad de Alicante.
- 4.- Fernández, A. J. (2023). Entornos virtuales para la formación del docente universitario en el área de turismo agroecológico. Revista Crítica Con Ciencia, 1(2), 91–110.
- 5.- Paredes, M. del V., Fernández, A. J., & Martínez Urbina, O. A. (2025). Contabilidad Turística 4.0: Entornos Virtuales de Aprendizaje para el docente universitario de Turismo Agroecológico. METANOIA: Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación, 11(2), 39–65.
- 6.- García Alonso, M. A., Mateos-Aparicio Cediél, I., Moreno Guzmán, M., Sánchez-Paniagua López, M., Pérez Rodríguez, M. L., Rodríguez Rodríguez, E., ... & Jimenez de la Peña Armada, R. T. (2023). Gamificación y elaboración de contenidos virtuales para la

dinamización en el aula y la mejora del aprendizaje.

- 7.- Fernández, A. J., Brito Martínez, M., & Cáceres Montilla, B. M. (2025). Formación emergente de guías de aviturismo a través del e-learning: turismo agroecológico en Barinas. *METANOIA: REVISTA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN*, 11(2), 275–297.
- 8.- Gutiérrez, I. S. (2024). Turismo agroecológico, enseñanza-aprendizaje como experiencia vivida desde la virtualidad. *Observatorio De Las Ciencias Sociales En Iberoamérica*, 5(3), 14–31.
- 9.- Quevedo Amay, D. V. (2023). Entorno virtual de aprendizaje para la carrera de turismo utilizando el modelo ASSURE y la taxonomía de Bloom revisada [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Digital Universidad Israel.
- 10.- García Alonso, M. A., Mateos-Aparicio Cediell, I., Moreno Guzmán, M., Sánchez-Paniagua López, M., Pérez Rodríguez, M. L., Rodríguez Rodríguez, E., & Jimenez de la Peña Armada, R. T. (2023). Gamificación y elaboración de contenidos virtuales para la dinamización en el aula y la mejora del aprendizaje.
- 11.- Fernández, A., Lares Jiménez, N., & Díaz de Montes de Oca, M. (2025). Multimodalidad: implementación de estrategias de formación para la enseñanza-aprendizaje del guía de turismo agroecológico. *Kaleidoscopio*, 22(43), 7-19.
- 12.- González-Sanmamed, M., Muñoz-Carril, P. C., & Hernández-Sellés, N. (2023). Roles del docente universitario en procesos de aprendizaje colaborativo en entornos virtuales. *Revista iberoamericana de educación a distancia*, 26(1), 39-58.
- 13.- Fernández, A. J., & Túa Ollarves, J. J. (2025). Innovaciones Sostenibles: dinámicas de investigación, formación y prácticas emergentes en los guías de turismo agroecológico: Innovaciones Sostenibles: dinámicas de investigación, formación y prácticas emergentes en los guías de turismo agroecológico. *HOLOPRAXIS. Revista De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 9(2), 25–56.
- 14.- Gutiérrez Mendoza, I. S., Pérez Girón, Y. M., & Gutiérrez Mendoza, A. J. (2021). Turismo Agroecológico: la integración entre lo presencialidad y la virtualidad. *Revista Scientific*, 6(19), 349-365.
- 15.- Fernández, A. J., Zambrano, Y. J., Chirinos, A. E., & Cáceres Montilla, B. M. (2025). Impacto de la formación profesional b-learning en interpretación ambiental para la reactivación del turismo agroecológico. *Revista Uniandes Episteme*, 12(3), 391–405.
- 16.- Fernández, A., Lares Jiménez, N., & Díaz de Montes de Oca, M. (2025). Multimodalidad: implementación de estrategias de formación para la enseñanza-aprendizaje del guía de turismo agroecológico. *Kaleidoscopio*, 22(43), 7-19.
- 17.- Núñez, M. (2023). El recorrido metodológico bajo la investigación acción participante. *IAP. Gerentia*, (1). 8-30.
- 18.- López, P. (2004). Población Muestra y Muestreo. *Punto Cero*, 09(08), 69-74.
- 19.- Leal, J. (2011). La autonomía del sujeto investigador y la metodología de investigación (3a ed.). Venezuela. P. 30.

- 20.- Avila Parrales, R. A., Solórzano Álava, W. L., Zavala Baque, D. L., & Quintero Nazareno, A. P. (2025). Ontología del aprendizaje en entornos virtuales y la reconfiguración del ser estudiante en la formación docente del siglo XXI. *Revista Científica De Innovación Educativa Y Sociedad Actual "ALCON"*, 5(4), 292–304.
- 21.- Fernández Sánchez, L. d. R., & Cortijo Jacomino, R. C. (2023). Estructura tecnopedagógica 3.0 en un EVA para el aprendizaje de la asignatura Cultura Turística [Tesis de maestría, Universidad Israel]. Repositorio Digital Universidad Israel.
- 22.- Paredes, M., Fernández, A., Gutiérrez, I., Cáceres, B., & Mc Carthy, N. (2024). Líneas de creación intelectual del sector turístico: Transdisciplinarietàad del turismo agroecológico y sostenibilidad. *Conocimiento Libre Y Licenciamiento (CLIC)*, (30).
- 23.- Fernández, A.J. (2023). Indicadores de la gestión en la capacitación en turismo agroecológico desde la plataforma Moodle. *Turismo Y Patrimonio*, (20), 127-143.
- 24.- Villacís, X. M. A., Anasi, L. J. P., & Chango, J. P. T. (2023). Algunas reflexiones sobre el aprendizaje colaborativo en los entornos virtuales. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias*, 5(4), 459-475.
- 25.- Vega Hernández, O., Cáceres Santacruz, N., & Cadena Echeverría, G. (2022). La didáctica y la enseñanza del turismo en el entorno virtual. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(2), 118-125.
- 26.- García Alonso, M. A., Mateos-Aparicio Cediell, I., Moreno Guzmán, M., Sánchez-Paniagua López, M., Pérez Rodríguez, M. L., Rodríguez Rodríguez, E., ... & Jimenez de la Peña Armada, R. T. (2023). Gamificación y elaboración de contenidos virtuales para la dinamización en el aula y la mejora del aprendizaje.
- 27.- Cahuana, H. (2021). Aprendizaje colaborativo en los entornos virtuales. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(11), 46-70.
- 28.- Pava, I. (2024). Influencia de la transformación digital en la capacitación docente en instituciones educativas. [Trabajo de Especialización]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás.
- 29.- Sastoque, J. A., González-Rubio, M., Correa, D. A., & Valencia-Arias, A. (2024). Percepción de habilidades en el uso de tecnologías de información y comunicación (TIC) para el aprendizaje en el contexto universitario: estudio de caso. *Formación universitaria*, 17(3), 73-82.

# APLICACIONES DE LA ELECTROQUÍMICA EN NEUROFISIOLOGÍA

## APPLICATIONS OF ELECTROCHEMISTRY IN NEUROPHYSIOLOGY

**Olga P. Márquez, Jairo Márquez P.**

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Electroquímica -  
Grupo de Salud y Electroquímica Mérida 5101-Venezuela  
ORCID: 0000-0001-6230-1456; Email: ,olgamq@gmail.com

**Recibido:** 16-01-2026

**Aceptado:** 20-05-2026

### RESUMEN

La neurofisiología es una disciplina, dentro de la medicina, dedicada al entendimiento de los mecanismos y funciones del sistema nervioso del cuerpo humano. El líquido cefalorraquídeo (LCR) es un fluido corporal que puede utilizarse para el diagnóstico de diversas enfermedades. Sin embargo, la obtención de LCR requiere un procedimiento invasivo y doloroso denominado punción lumbar (PL). Este procedimiento se aplica a cualquier paciente con riesgo conocido de daño en el sistema nervioso central (SNC) o de enfermedad neurodegenerativa, independientemente de su edad. En consecuencia, puede tratarse de un procedimiento muy doloroso, especialmente en infantes y pacientes de la tercera edad. Por otro lado, la detección de biomarcadores de enfermedades en el LCR permite que los diagnósticos sean lo más precisos posible. Esta revisión tiene como objetivo explorar nuevas propuestas de biosensores electroquímicos que han tenido un impacto en la ciencia biomédica. La electroquímica ha mostrado ser una poderosa herramienta que juega un rol muy importante en el desarrollo de la electrofisiología, facilitando y simplificando los procedimientos de diagnóstico de afecciones neurológicas.

**Palabras clave:** neurofisiología, biosensores electroquímicos, sistema nervioso, neurotransmisores, líquido cefalorraquídeo

### ABSTRACT

Neurophysiology is a branch of medicine dedicated to understanding the mechanisms and functions of the human nervous system. Cerebrospinal fluid (CSF) is a bodily fluid that can be used to diagnose various diseases. However, obtaining CSF requires an invasive and painful procedure known as a lumbar puncture (LP). This procedure is performed on any patient with a known risk of central nervous system (CNS) damage or neurodegenerative disease, regardless of age. Consequently, it can be a very painful procedure, especially for infants and elderly patients. On the other hand, the detection of disease biomarkers in CSF allows for the most accurate diagnoses possible. This review aims to explore new proposals for electrochemical biosensors that have had an impact on biomedical science. Electrochemistry has proven to be a powerful tool that plays a very important role in the development of electrophysiology, facilitating and simplifying diagnostic procedures for neurological conditions.

**Keywords:** neurophysiology, electrochemical biosensors, nervous system, neurotransmitters, cerebrospinal fluid

**Olga P. Márquez:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciada en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: olgamq@ula.ve/

**Jairo Márquez P:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciado en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: jamar@ula.ve/

## Introducción

El sistema nervioso, es una gran red intrínsecamente eléctrica y química, siendo así un área completamente interdisciplinaria, de estudio natural para las técnicas electroquímicas. Estas herramientas de medición, fundamentadas en la interacción entre la electricidad y la materia, permiten a los neurocientíficos explorar y cuantificar una amplia gama de sustancias químicas clave en el entorno cerebral.

Desde iones simples hasta complejos neurotransmisores, la electroquímica ofrece una ventana única para observar los procesos neuronales dinámicos.

El estudio electrofisiológico es una herramienta primordial en el diagnóstico y tratamiento de las arritmias cardíacas. Es un estudio invasivo que consiste en evaluar el sistema eléctrico de conducción del corazón y al mismo tiempo inducir y estudiar las arritmias cardíacas.

El objetivo de este artículo es describir algunos aspectos relevantes de la importancia de la electroquímica en el campo de la neurociencia.

## Neurofisiología

La neurofisiología es la rama de la fisiología que estudia el funcionamiento dinámico del sistema nervioso (central, periférico y autónomo) mediante el registro de su actividad bioeléctrica. Permite analizar cómo las neuronas se comunican y cómo el cerebro, médula y nervios integran información para regular conductas, movimientos y funciones sensoriales.

Permite comprender los mecanismos electroquímicos que subyacen a la función nerviosa, tanto en estado normal como patológico 1. Campos de estudio: Abarca desde la actividad a nivel de membrana neuronal (potenciales de acción) hasta funciones superiores del cerebro.

## Estructuras del sistema nervioso

El sistema nervioso es una red de neuronas que se encarga de generar, modular y transmitir información entre las diferentes partes del cuerpo humano (figura 1). Esto permite que ocurran muchas actividades importantes del organismo, como la regulación de funciones vitales del cuerpo (latidos del corazón, respiración, digestión), sensación y movimientos corporales, sentir dolor, entre otras. En síntesis, las estructuras del sistema nervioso gobiernan la conciencia, cognición, comportamiento y recuerdos.

## Encéfalo

Es donde se procesa la información proveniente del cuerpo y se generan comandos a los tejidos corporales de cómo responder y funcionar frente a los diferentes estímulos. Comprende todo el espectro de las funciones corporales, desde la respiración hasta el pensamiento.

Comprende cuatro partes: Cerebro (telencéfalo), diencefalo, cerebelo y tronco encefálico (figura 2). En estas cuatro partes se procesa la información proveniente del cuerpo y se generan comandos u órdenes que indican a los tejidos de nuestro cuerpo cómo responder y funcionar frente a los diferentes estímulos del medio externo



Figura 1.- Cuadro esquemático describiendo la estructura del sistema nervioso

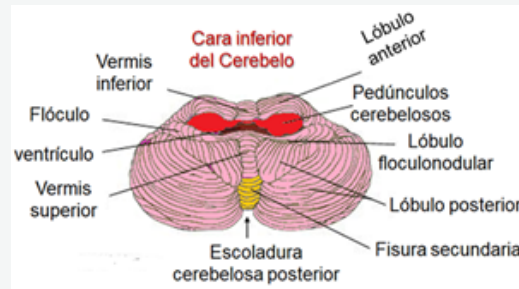
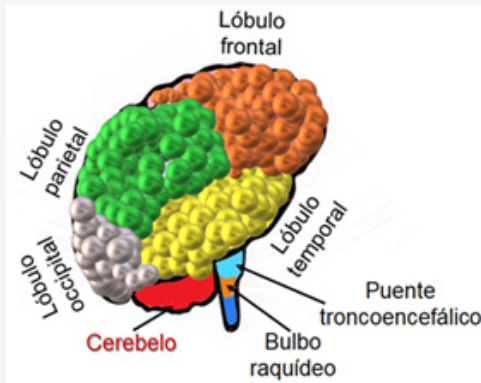


Figura 2.- Figura descriptiva del encéfalo y la masa cerebral

e interno. Estas órdenes abarcan todo el espectro de las funciones corporales, desde respirar hasta pensar.

### Médula espinal

Es la continuación del tronco encefálico. Puede generar órdenes, pero solo para procesos involuntarios como los reflejos: Ejemplo: si se percibe calor fuerte en una mano, la médula ordena que la mano se retire, No obstante, su función principal es conducir información entre el encéfalo y el resto del cuerpo. El cilindro de la médula espinal consta de fascículos de axones que se extienden hacia arriba y hacia abajo para conducir señales hacia el cerebro o desde el mismo (figura 3).

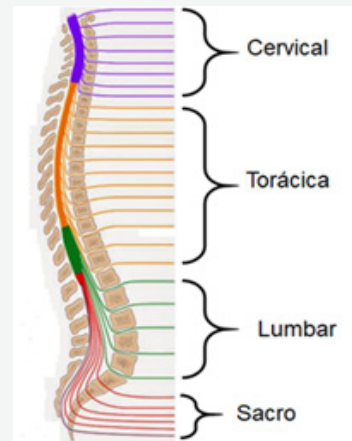


Figura 3.- Corte transversal de una médula espinal

### Nervios periféricos

Forman la red de comunicación entre el cerebro y la médula espinal con el resto del cuerpo, incluyendo extremidades, órganos y piel, transmitiendo información motora y sensorial (figuras 4 y 5).

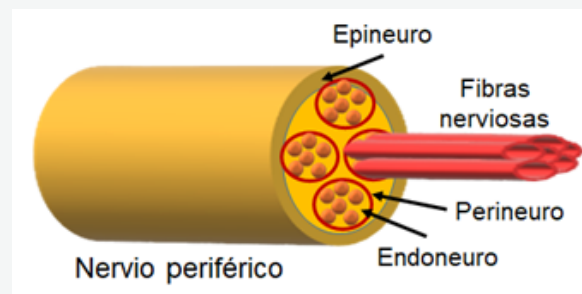


Figura 5.- Representación gráfica de un nervio periférico

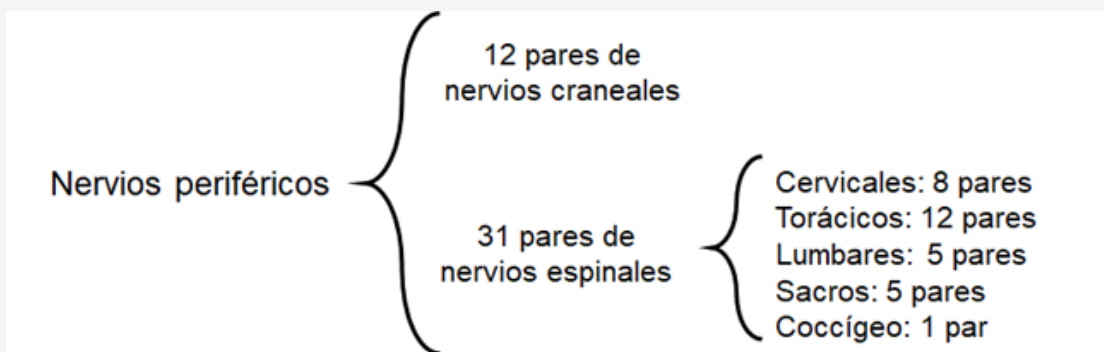


Figura 4.- Cuadro esquemático describiendo los nervios periféricos

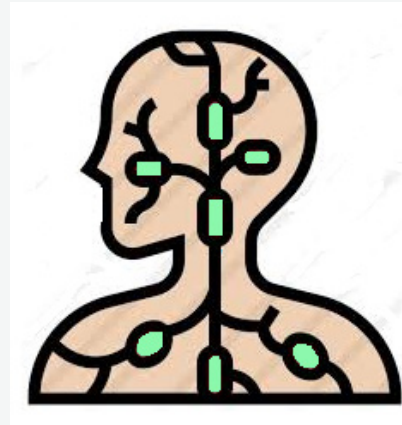


Figura 6.- Representación de ganglios en el cuerpo humano

### Ganglios

Son agrupaciones de cuerpos neuronales, con forma de pequeñas lentejas, que se encuentran a lo largo de los nervios, fuera de la médula espinal y el cerebro (figura 6),

### Neuronas

Son células nerviosas especializadas que conducen impulsos electroquímicos a lo largo del cuerpo para el control, modulación e integración de las funciones de los tejidos corporales. Permiten que el encéfalo y el cuerpo se comuniquen transmitiendo la información sensorial y los comandos motores como señales eléctricas.

Las neuronas liberan sustancias llamadas neurotransmisores, que llevan el mensaje hasta la siguiente neurona o célula del cuerpo. Una neurona consta de un cuerpo celular, o soma, que posee muchas ramas denominadas dendritas (figura 7).

Si el cuerpo de la célula se despolariza lo suficiente, entonces la región del cono axónico inicia un potencial de acción que viaja por la estructura con forma de cola denominada axón. Las vainas de mielina aumentan la conductividad, o velocidad de transmisión de la señal.

Los mecanismos más complejos del sistema

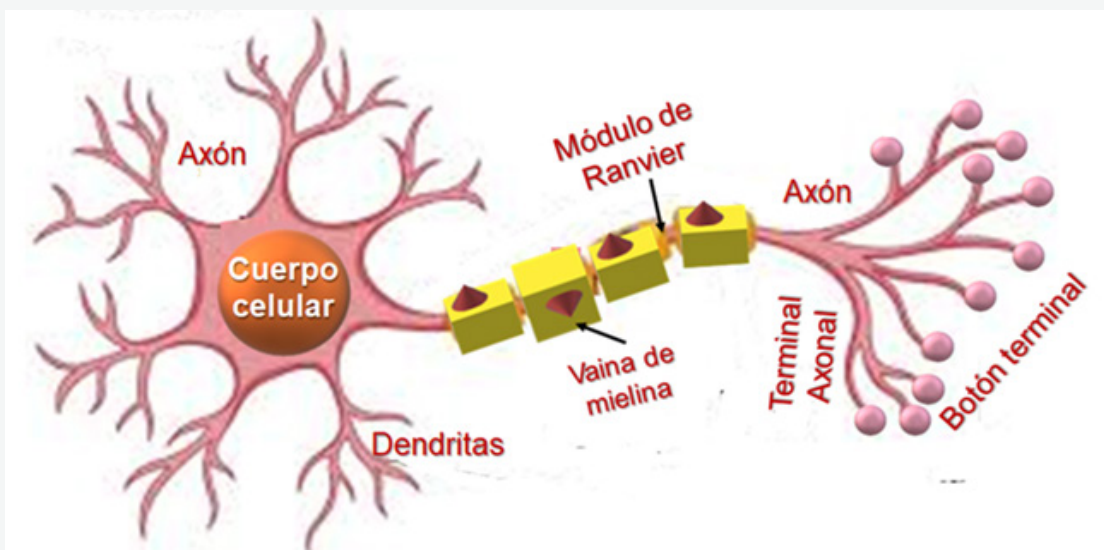


Figura 7.- Representación gráfica de una neurona

nervioso dependen de mensajes enviados a través de neuronas. Las neuronas, junto con la neuroglía que son las células de sostén, componen la totalidad del tejido del sistema nervioso. Reciben y transmiten mensajes rápidamente, como señales eléctricas. Las neuronas liberan neurotransmisores, sustancias químicas que llevan el mensaje hasta la siguiente neurona o célula del cuerpo.

La electroquímica es una herramienta poderosa en el estudio de los neurotransmisores. En 1984 se reporta un método de cromatografía líquida con detección amperométrica, para la determinación de noradrenalina (NA), dopamina (DA) y ácido 3,4-dihidroxifenilacético (DOPAC) en el líquido cefalorraquídeo (LCR) humano y de monos, obteniéndose límites de sensibilidad en el intervalo de 0,1 a 3 pmol/ml de cada especie, utilizando un detector electroquímico.<sup>2</sup>

La determinación de dopamina (DA) en líquido cefalorraquídeo sintético (LCRa) mediante voltametría de onda cuadrada (SWV) se logró con alto nivel de sensibilidad y selectividad, empleando electrodos de carbono modificados, encontrándose concentraciones de DA en el intervalo nanomolar a micromolar sin interferencia del ácido ascórbico (AA) o ácido úrico.<sup>3</sup>

La determinación voltamétrica de levodopa (L-DOPA) en medios acuosos se realizó usando el método de electrobobinado de nanofibras de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>).

El electrodo modificado exhibió un área superficial efectiva, más sitios reactivos y una excelente actividad electrocatalítica hacia la oxidación de L-DOPA. En el rango de concentración de  $3 \times 10^{-7}$  a  $6 \times 10^{-5}$  M de L-DOPA, las corrientes de pico anódicas, medidas mediante voltametría de pulso diferencial (DPV), presentaron una buena relación lineal con un límite de detección (LOD) de 15,94 nM y una buena sensibilidad de  $0,0806 \mu\text{A} \mu\text{M}^{-1}$ . El método propuesto se aplicó con éxito para cuantificar L-DOPA en líquido cefalorraquídeo, suero sanguíneo y plasma humanos.<sup>4</sup>

El uso de óxido de grafeno reducido, dopado con nitrógeno (N-rGO) como sensor electroquímico para la evaluación de dopamina, ofrece ventajas prometedoras para una detección directa y sencilla del neurotransmisor. Se realiza previamente la reducción hidrotérmica del Grafeno, utilizando amitrol (3-amino-1,2,4-triazol, también conocido como aminotriazol o 3-AT) como dopante de nitrógeno. Se observó una relación directa entre el contenido de oxígeno en el N-rGO y el rendimiento electroquímico de estos sensores.

De este modo, la detección de Dopamina (DA) en presencia de ácidos ascórbico y úrico resultó más sensible y selectiva al utilizar la muestra de N-rGO menos reducida. La atracción entre el oxígeno electronegativo de la estructura del grafeno y la DA catiónica facilita el proceso de adsorción, lo que podría explicar este comportamiento.<sup>5</sup>

Se ha reportado el desarrollo de un procedimiento sensible para la determinación simultánea de ácido ascórbico (AA), dopamina (DA), ácido úrico (UA) y triptófano (TRP) utilizando un electrodo compuesto a base de nanoesferas (NB) de negro de carbono (CBNB) y nanotubos de carbono (CNT).<sup>6</sup> El electrodo CBNB/CNT/GCE presentó picos voltamétricos bien definidos para AA, DA, UA y TRP. El procedimiento propuesto también mostró una excelente actividad catalítica y logró grandes incrementos en las respuestas de corriente de DA, AA, UA y TRP.

La determinación simultánea en el electrodo CBNB/CNT/GCE se llevó a cabo mediante voltametría de onda cuadrada (SWV). Las respuestas de corriente anódica cambiaron linealmente con las concentraciones en el intervalo de  $2,0 \times 10^{-5}$  –  $4,0 \times 10^{-4}$  M para AA,  $5,0 \times 10^{-8}$  –  $2,75 \times 10^{-6}$  M para DA,  $1,0 \times 10^{-6}$  –  $4,5 \times 10^{-5}$  M para UA y  $2,5 \times 10^{-8}$  –  $4,8 \times 10^{-6}$  M para TRP. Los límites de detección obtenidos con CBNB/CNTs/GCE fueron de  $5,71 \times 10^{-6}$  M para AA,  $1,7 \times 10^{-8}$  M para DA,  $4,2 \times 10^{-7}$  M para UA y  $1,1 \times 10^{-8}$  M para TRP. El compuesto de CNTs y CBNB proporcionó buena reproducibilidad y excelente selectividad para DA, AA, UA y TRP. El procedimiento propuesto también se aplicó a muestras farmacéuticas y

alimentarias con resultados satisfactorios.

El desarrollo de sistemas de estimulación cerebral profunda (ECP) de sistema cerrado representa una oportunidad significativa para la innovación en la aplicación clínica de las terapias de neuroestimulación. A pesar de la naturaleza vertiginosa de las enfermedades neurológicas, las aplicaciones de ECP de sistema abierto son deficientes para modificar parámetros en tiempo real para reaccionar a las fluctuaciones en los estados de la enfermedad. Por ende, la práctica actual para la designación de parámetros de estimulación, como la duración, la amplitud y la frecuencia de pulso, es un proceso algorítmico.

Los parámetros de estimulación ideales son altamente individualizados y deben reflejar tanto la presentación específica de la enfermedad como la fisiopatología única de cada individuo. Los parámetros de estimulación actualmente requieren un largo proceso de ensayo y error para lograr el máximo efecto terapéutico y solo pueden modificarse durante las visitas.

Existe, entonces, un gran interés en el desarrollo de marcadores neuroquímicos y electrofisiológicos para el desarrollo de tecnologías de neuroestimulación. Los biomarcadores electrofisiológicos, como los potenciales de campo locales, se han utilizado para diagnosticar estados de enfermedad. La detección y cuantificación en tiempo real de sustancias neuroquímicas puede ser igualmente útiles para la caracterización de enfermedades.

Por lo tanto, la introducción de analitos neuroquímicos medibles ha enriquecido significativamente las opciones de biomarcadores para sistemas de neuromodulación sensibles a la retroalimentación. Esto permite la incursión en el uso potencial de biomarcadores para impulsar los enfoques de neuroestimulación para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson, el temblor esencial, la epilepsia, el síndrome de Tourette, el trastorno obsesivo-compulsivo, el dolor crónico y la depresión. Además, se revisan los desafíos y los

avances en el desarrollo de la tecnología de neuroestimulación de circuito cerrado, así como las oportunidades para las plataformas de circuito cerrado de próxima generación.<sup>7</sup>

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo progresivo que afecta a las neuronas dopaminérgicas de la sustancia negra. La pérdida de estas neuronas provoca una disminución en la liberación de dopamina (DA) en el cuerpo estriado y, por consiguiente, un deterioro de las funciones motoras. La DA es uno de los neurotransmisores importantes que se monitorizan para el diagnóstico, la progresión y el tratamiento de la EP.

Por lo tanto, los métodos de detección de DA sensibles y selectivos son de gran relevancia clínica. Se ha descrito un nuevo dispositivo microfluídico para la detección electroquímica de DA. Este dispositivo funciona en el intervalo de concentraciones de 0,1 a 1000 nM de DA y requiere un volumen de muestra de ~2,4  $\mu$ L. Mediante este sensor, se puede hacer un seguimiento de los cambios en los niveles de DA en el líquido cefalorraquídeo y el plasma, durante el tratamiento con el fármaco l-3,4-dihidroxifenilalanina.<sup>8</sup>

Una característica patológica de la enfermedad de Parkinson (EP) es la pérdida progresiva de neuronas dopaminérgicas y la disminución del contenido de dopamina (DA) en la sustancia negra pars compacta en cerebros con EP. La DA es el neurotransmisor de las neuronas dopaminérgicas. La evidencia acumulada sugiere que la DA interactúa con factores ambientales y genéticos para contribuir a la fisiopatología de la EP.

Se ha demostrado que las alteraciones en la síntesis, el almacenamiento, el transporte y el metabolismo de la DA promueven la degeneración de las neuronas dopaminérgicas en varios modelos de EP.

La DA es inestable y puede sufrir oxidación y metabolismo para producir múltiples subproductos reactivos y tóxicos, incluyendo especies reactivas de oxígeno, quinonas de DA y 3,4-dihidroxifenilacetaldehído.

Es por ello que se están generando descubrimientos recientes sobre las vías fisiopatológicas relacionadas con la DA y se analizan las posibles estrategias protectoras y terapéuticas para mitigar las complicaciones asociadas con la DA.<sup>9</sup>

El líquido cefalorraquídeo (LCR) es un fluido corporal que permite el diagnóstico de diversas enfermedades. Sin embargo, su obtención requiere un procedimiento invasivo y doloroso llamado punción lumbar (PL). Este procedimiento se aplica a cualquier paciente con riesgo conocido de daño en el sistema nervioso central (SNC) o enfermedad neurodegenerativa, independientemente de su edad.

Por lo tanto, puede ser un procedimiento muy doloroso, especialmente en bebés y ancianos. Por otro lado, la detección de biomarcadores de enfermedades en el LCR permite obtener diagnósticos lo más precisos posible. Es por ello que se están abriendo la exploración de nuevas alternativas electroquímicas que han impactado la ciencia biomédica. Los biosensores han surgido como técnicas para acelerar la detección de biomarcadores conocidos en fluidos corporales como el LCR. Los biosensores se pueden diseñar y modificar de diversas maneras y formas según sus aplicaciones finales para detectar y cuantificar biomarcadores de interés.

Este proceso también puede influir significativamente en la detección y el diagnóstico del LCR. Por lo tanto, es importante comprender el papel de esta tecnología en el campo de la ciencia biomédica, que avanza rápidamente.<sup>10</sup>

La detección y el diagnóstico de enfermedades neurológicas en la asistencia sanitaria moderna plantean retos importantes que repercuten directamente en los resultados de los pacientes. La naturaleza compleja de estas afecciones amerita un seguimiento exhaustivo de los biomarcadores asociados a la enfermedad, de manera continua y en tiempo real. Las estrategias actuales de detección química convencional presentan una eficacia clínica limitada debido a los requisitos previos de análisis de laboratorio, que involucra mucha mano de obra, a

la dependencia de la experiencia de los médicos y a las intervenciones prolongadas y recurrentes. La electrónica biointegrada para la detección química es un campo emergente y multidisciplinar impulsado por los rápidos avances en ingeniería eléctrica, biosensores, ciencia de los materiales, química analítica e ingeniería biomédica. Se propone el estudio de biomarcadores neurológicos fundamentales y la exploración de elementos de bio-reconocimiento, estrategias de detección, diseños de transductores y métodos de transmisión inalámbrica de señales.<sup>11</sup>

Se ha desarrollado un nuevo electrodo de Sonogel-Carbono (SNGC) modificado con un aminoácido (L-leucina; Leu) para la detección sensible de ácido homovanílico (HVA). Usando las técnicas voltametría cíclica (CV) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS). Se examinó el rendimiento analítico del sensor SNGC-Leu, incluyendo el intervalo lineal de la curva de calibración analítica, la reproducibilidad, la selectividad y el límite de detección. Se empleó la voltametría de pulso diferencial (DPV) para evaluar la respuesta analítica en un intervalo de concentración lineal de HVA de 0,5  $\mu\text{M}$  a 50  $\mu\text{M}$ , con un límite de detección de 0,4  $\mu\text{M}$ . Se obtuvo reproducibilidad y selectividad satisfactorias (coeficiente de variación (%RSD) < 3,5 %). El sensor SNGC-Leu se utilizó con éxito para detectar HVA en orina humana y líquido cefalorraquídeo (LCR) sintético, mostrando tasas de recuperación adecuadas del 97,5-102 % y del 96,3-106 %, respectivamente.<sup>12</sup>

Los biomarcadores desempeñan un papel fundamental en el diagnóstico de enfermedades, la evaluación de la eficacia terapéutica, la valoración del pronóstico y la selección de fármacos. Sin embargo, la concentración traza de estos marcadores en entornos fisiológicos complejos plantean importantes retos para una detección eficaz.

Es necesario evitar la interferencia de señales no específicas, que pueden llevar a confundir otras sustancias con biomarcadores y afectar a la precisión de los resultados de detección. Con los rápidos avances en las tecnologías electroquímicas

y los algoritmos de inteligencia artificial (IA), los biosensores electroquímicos inteligentes se han convertido en un enfoque prometedor para la detección biomédica, ya que ofrecen rapidez, especificidad, alta sensibilidad y precisión.<sup>13</sup>

Los modelos computacionales han demostrado que los patrones de carga superficial pueden inducir un transporte de fluidos y el transporte de solutos. Los flujos simulados exhibieron transiciones no lineales y comportamientos oscilatorios que imitaban ritmos fisiológicos. La evidencia sugiere que la electrostática puede modular la dinámica del líquido cefalorraquídeo, complementando las fuerzas mecánicas.

Tozzi<sup>14</sup> ha propuesto que es probable que las fuerzas electrostáticas, a través de la electroósmosis, desempeñen un papel importante en la regulación del flujo del líquido cefalorraquídeo, de manera que la dinámica del líquido cefalorraquídeo puede ser sensible a los procesos electrohidrodinámicos, lo que ofrece una nueva perspectiva para los biosensores electroquímicos.

Esta hipótesis podría conducir a nuevos métodos de diagnóstico y terapias para

trastornos neurológicos como la hidrocefalia y las enfermedades neurodegenerativas.

### Biomarcadores para detección electroquímica en neurofisiología

Un biomarcador es una especie que puede ser detectada y medida con cierto grado de precisión y exactitud mediante técnicas bioanalíticas, en este caso, técnicas electroanalíticas, como indicador de procesos biológicos bien sean normales, patológicos o respuestas farmacológicas luego de un tratamiento terapéutico. De acuerdo al National Institute of Health (NIH), la definición de biomarcador como “aquellas características biológicas, bioquímicas, antropométricas, fisiológicas, etc., objetivamente mensurables, capaces de identificar procesos fisiológicos o patológicos, o bien una respuesta farmacológica a una intervención terapéutica”.<sup>15</sup>

Las técnicas de detección electroquímica son cruciales para el estudio in vivo de enfermedades neurológicas y la liberación excitotóxica (proceso celular activo donde la célula expulsa moléculas grandes, proteínas o neurotransmisores al exterior) de estas sustancias.

### Neurotransmisores

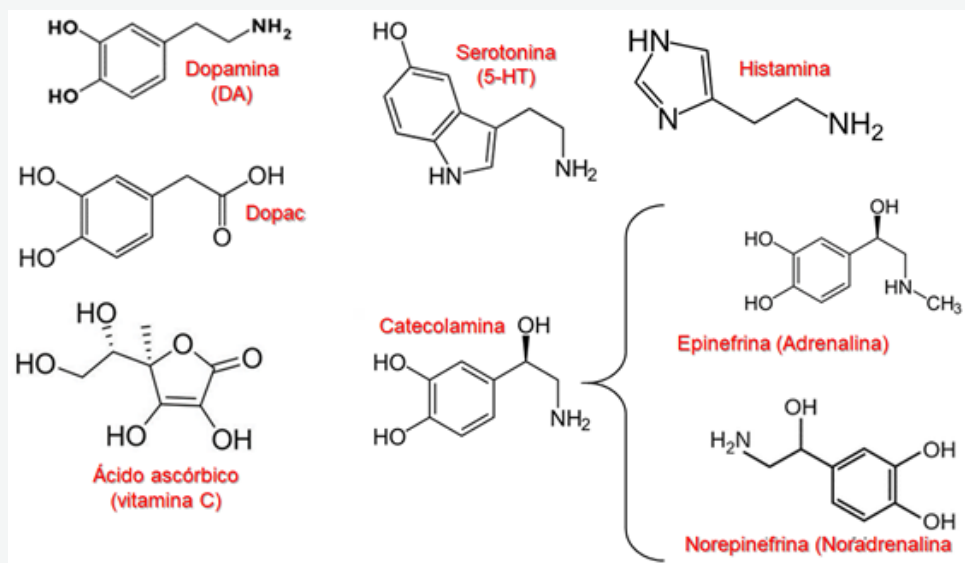
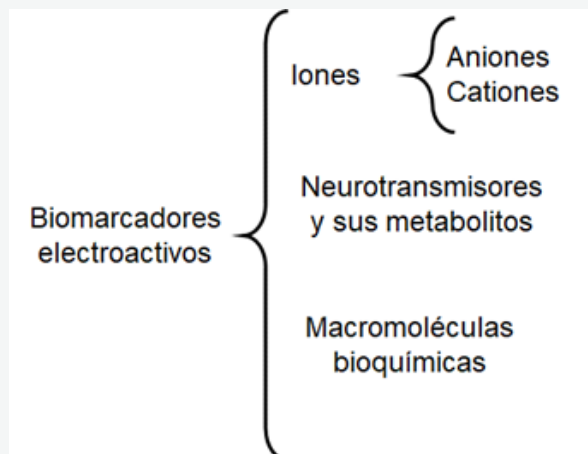


Figura 8.- Representación gráfica de moléculas de marcadores neurotransmisores



### Metálicos (cationes)

Na<sup>+</sup> (Sodio), K<sup>+</sup> (Potasio), Li<sup>+</sup> (Litio), Ca<sup>2+</sup> (Calcio), Mg<sup>2+</sup> (Magnesio), Hg<sup>2+</sup> (Mercurio), Pb<sup>2+</sup> (Plomo), Cd<sup>2+</sup> (Cadmio), Cu<sup>2+</sup> (Cobre), Zn<sup>2+</sup> (Zinc), Ni<sup>2+</sup> (Niquel), Co<sup>2+</sup> (Cobalto), Fe<sup>2+</sup> (Ferroso), Fe<sup>3+</sup> (Férrico).

### Aniones:

CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (Carbonato), Cl<sup>-</sup> (Cloruro), Br<sup>-</sup> (Bromuro), I<sup>-</sup> (Ioduro), CN<sup>-</sup> (Cianuro), S<sup>2-</sup> (Sulfuro), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrato), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sulfato), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (Fosfato).

### Macromoléculas electroactivas

Son marcadores primordiales en el desarrollo de biosensores electroquímicos de alta sensibilidad para el diagnóstico clínico y la investigación en el área de la salud. Se pueden citar:

### Enzimas (Proteínas Redox)

Las enzimas redox (oxidoreductasas) son marcadores biocatalíticos que inducen la transferencia de electrones o protones entre moléculas, estimulando el metabolismo energético, reparaciones de ADN y fotosíntesis.

La reparación enzimática redox del ADN (figura 9) regula la integridad genómica frente al estrés oxidativo, utilizando enzimas como APE1, tiorredoxina (Trx1) y ADN glicosilasas para detectar y corregir daños.<sup>16,17</sup>

Estos mecanismos redox permiten a las células reparar rupturas de cadenas.

mediante sitios activos especializados que utilizan cofactores (NAD<sup>+</sup>/NADP<sup>+</sup>, FAD) y sufren cambios conformacionales (transferencia directa o mediada de electrones) para facilitar la reacción. Son marcadores biocatalíticos capaces de producir especies electroactivas, como el peróxido de hidrógeno H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, mediante la oxidorreducción de especies.

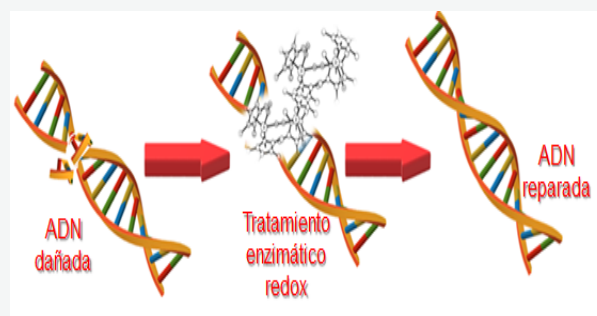


Figura 9.- Representación gráfica mostrando la reparación de una cadena de ADN con mediadores enzimáticos redox, previniendo así la mutagénesis

Es de gran importancia el diagnóstico clínico de biomarcadores de dopamina. El desarrollo de la tecnología en química analítica para la detección cualitativa y cuantitativa de los niveles de dopamina in vitro e in vivo. Se ha reportado una revisión sobre el desarrollo de métodos de detección no enzimática para la determinación simultánea de varios neurotransmisores<sup>18</sup> en base a nanomateriales de carbono.

Un interesante artículo, publicado el año 2019, ofrece un acopio de la actividad realizada por varios investigadores entre los años 2010-2019, con énfasis en el progreso realizado en metodologías para el desarrollo de biosensores nanoestructurados para detección y cuantificación de neurotransmisores in vitro, in vivo y ex vivo.<sup>19</sup>

La detección de Dopamina es un medio poderoso para el control de la enfermedad de Parkinson, la cual es una enfermedad neurodegenerativa debido al agotamiento de la dopamina a causa de la pérdida progresiva de neuronas nigroestriales.

La determinación y cuantificación electroquímica sobre electrodos de grafeno modificados.<sup>20</sup>

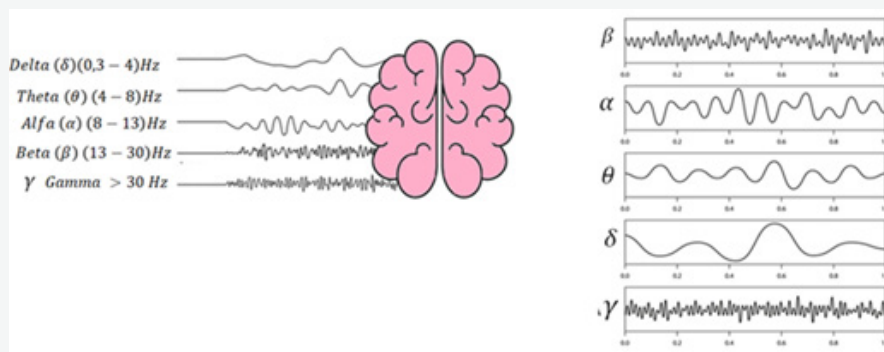


Figura 10.- Actividad eléctrica del cerebro mostrada mediante un electroencefalograma

En resumen, la tecnología electroquímica es fundamental para entender cómo el sistema nervioso genera el comportamiento y para el diagnóstico clínico de patologías neurológicas. Algunas de las patologías tratadas: Epilepsia, trastornos del sueño (narcolepsia, apnea), enfermedades neuromusculares, Parkinson, y problemas de memoria o visión.

El electroencefalograma (EEG) es un estudio mediante el cual se mide los impulsos eléctricos (la actividad eléctrica) del cerebro (figura 10), lo que se denomina ondas cerebrales.

Un EEG mide estas ondas a través de pequeños electrodos en forma de botón que se colocan sobre el cuero cabelludo del paciente para registrar las variaciones en el potencial eléctrico de la actividad cerebral.

Así es posible diagnosticar la presencia de cualquier tipo de crisis convulsiva, confusiones, lesiones en la cabeza, tumores cerebrales, infecciones, enfermedades degenerativas y disturbios metabólicos,

para evaluar trastornos del sueño y para investigar causas de desmayo o pérdida del conocimiento.

También es muy útil para confirmar la muerte cerebral de un paciente en estado de coma. La figura 10 muestra el programa de pulsos eléctricos aplicados para estimular el cerebro y la respuesta eléctrica que se obtiene.

Se puede observar en la figura 12 el arreglo para la aplicación de impulsos de estimulación electroquímica a cerebro del paciente.

La electroquímica in vivo es una herramienta fundamental para hurgar en las consecuencias químicas en las redes neuronales del cerebro.

Actualmente se está adelantando una revolución tecnológica en este campo, acompañada de innovaciones en los conceptos, principios, métodos y dispositivos electroquímicos.

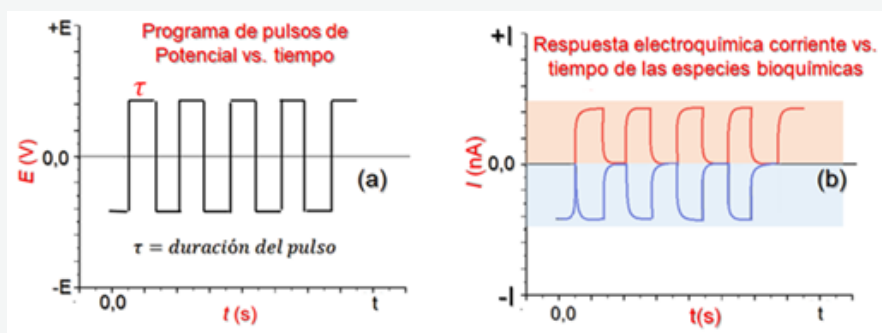


Figura 11.- (a) Aplicación de técnicas de transitorios de potencial (dependientes del tiempo) para la evaluación y determinación de sistemas bioquímicos (b) Respuesta corriente – tiempo para la cuantificación de las especies

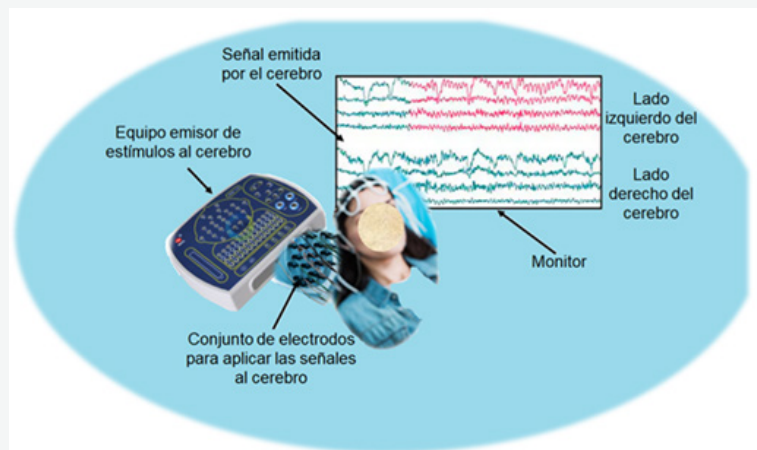


Figura 12.- Arreglo para la aplicación de impulsos de estimulación electroquímica a cerebro del paciente

Las aplicaciones actuales de los enfoques electroquímicos se han ampliado desde la medida de concentraciones neuroquímicas hasta la modulación y la imitación de las señales cerebrales.

### Electromiografía (EMG)

Es un procedimiento de diagnóstico que se utiliza para evaluar la salud de los músculos y las células nerviosas que los controlan (neuronas motoras). La EMG y los estudios de conducción nerviosa son pruebas que chequean el funcionamiento de los músculos y los nervios que los controlan. A medida que los músculos reaccionan contrayéndose, emiten señales eléctricas, que son detectadas y medidas (figura 13).



Figura 13.- Arreglo para el estudio de Electromiografía

Generalmente se requiere cuando el paciente presenta los siguientes síntomas:

- ⊗ Hormigueo en todo el cuerpo
- ⊗ Entumecimiento de las extremidades
- ⊗ Debilidad muscular
- ⊗ Dolor o calambre muscular
- ⊗ Algún tipo de dolor en las extremidades superiores e inferiores

La figura 14 muestra el proceso clínico de de Electroneurografía y el Electroneurograma ob

Los resultados de esta técnica permiten diagnosticar las siguientes patologías:

- ⊗ Trastornos musculares, como distrofia muscular o polimiositis.
- ⊗ Afectación de la conexión entre el nervio y el músculo, como la miastenia gravis.
- ⊗ Trastornos de los nervios que se encuentran fuera de los nervios periféricos, como síndrome del túnel carpiano o neuropatías periféricas.
- ⊗ Trastornos en las neuronas motoras del cerebro o la médula espinal, como esclerosis lateral amiotrófica o poliomielitis.
- ⊗ Trastornos en la raíz del nervio, como una hernia discal en la columna vertebral.

Esta técnica también es muy útil en la unidad de cuidados intensivos.<sup>21</sup>

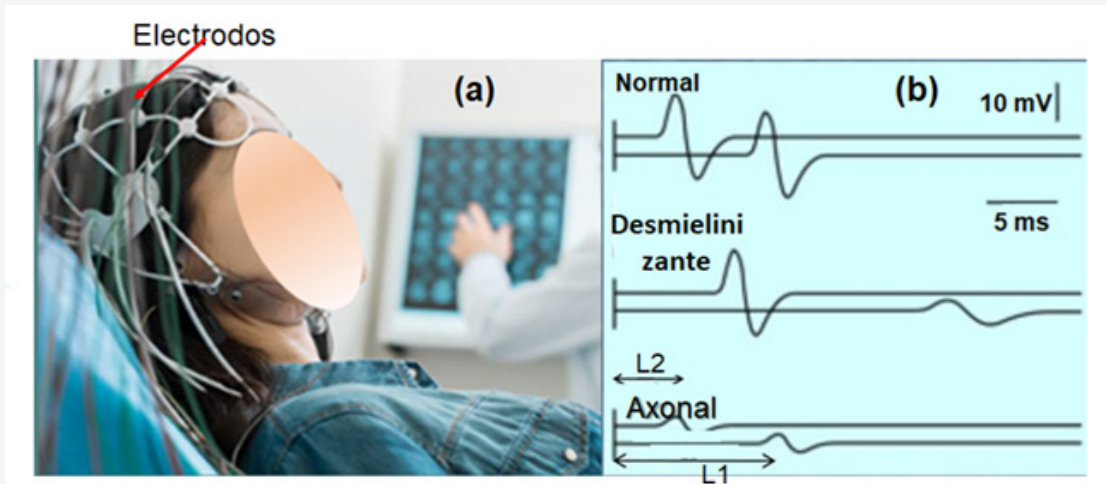


Figura 14.- (a) Procedimiento de Electroneurografía y (b) Electroneurograma

### Electroneurografía (ENG)

Es un procedimiento de diagnóstico que evalúa la función de músculos y nervios periféricos.<sup>22-25</sup> es una técnica no invasiva y poco molesta usada para el estudio de la conducción de las fibras nerviosas, motoras, sensibles y mixtas, evaluándose básicamente la integridad y la función de los nervios periféricos. En el examen se realiza el registro del potencial eléctrico generado en el músculo o en el propio nervio. al estimular uno o más puntos de la fibra nerviosa a través de la piel. Usualmente se colocan electrodos de superficie sobre la piel del paciente. Pocas veces se utilizan electrodos de aguja. Con el paciente preparado y los electrodos

colocados en el lugar correspondiente se aplican estímulos eléctricos de intensidad y duración variables.

### Potenciales evocados

Es un procedimiento de diagnóstico que evalúa la respuesta del sistema nervioso ante estímulos sensoriales; involucra las evaluaciones neuropsicológicas del funcionamiento del cerebro. la prueba del potencial evocado está clasificada como una técnica objetiva psicofisiológica. Las pruebas objetivas implican que la administración, registro, puntuación y análisis de sus datos, se realicen a partir de aparatos. Esta prueba en concreto es poco

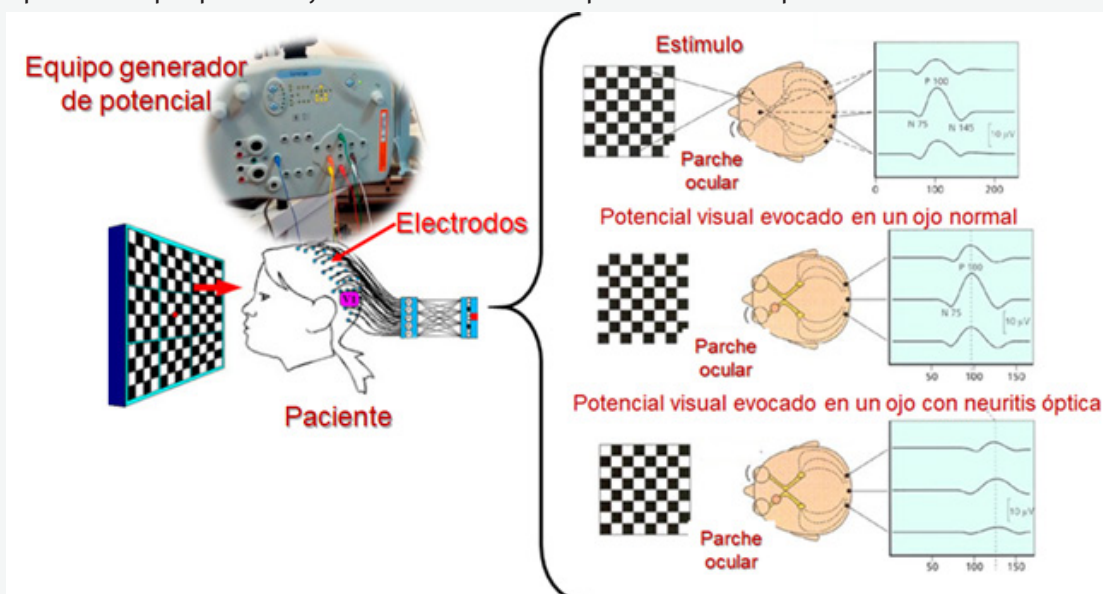


Figura 15.- Sistema electrofisiológico para la evaluación del nervio óptico

invasiva, indolora. La prueba evalúa un tipo de respuesta psicofisiológica muy concreto. Específicamente, sirve para estudiar la actividad eléctrica del cerebro en respuesta a estímulos sensoriales de diferente tipo (auditivos, visuales, somatosensoriales, etc.), es decir, estímulos que proceden de cualquier modalidad, y de corta duración. Este tipo de respuesta parece que tiene relación con el nivel intelectual de la persona.

### Tipos de potenciales evocados:

**Visuales:** Evalúan el nervio óptico mediante patrones de luz o tableros en una pantalla (figura 16).

**Auditivos:** Evalúan las vías auditivas y el tallo cerebral usando sonidos o clicks en auriculares (figura 16).

periférico hasta el cerebro involucrando todas las estructuras que están en este camino especialmente a la médula espinal que es su mayor aplicación. La evaluación se realiza mediante pequeños impulsos eléctricos en la piel (por lo general, en brazos o piernas) como se muestra en la figura 17.



Figura 17.- Implementación de evaluación mediante potenciales evocados somatosensoriales



Fig  
ev

**Somatosensoriales:** Es un examen que mide la actividad eléctrica desde el nervio

### Polisomnografía

Durante el sueño suelen generarse trastornos debido a ciertas patologías como el síndrome de apnea-hipopnea, lo cual limita en forma recurrente el flujo aéreo en el sistema respiratorio. Esto ocasiona descensos de la saturación de la oxihemoglobina ( $\text{SaO}_2$ ) y microdespertares, lo que provoca un sueño no reparador. La Polisomnografía es una técnica electrofisiológica usada como un procedimiento de diagnóstico que estudia los trastornos del sueño (figura 18).

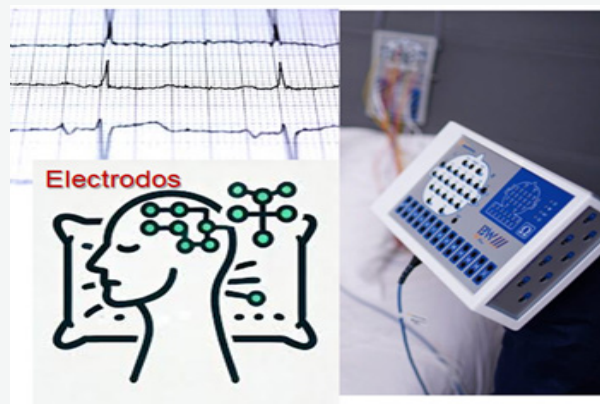


Figura 18.- Sistema electrofisiológico para la evaluación de trastornos del sueño

## Conclusiones

En resumen, La electrofisiología es una disciplina que estudia las propiedades eléctricas de las células y los tejidos biológicos. En medicina, la electrofisiología se refiere al uso de diversas técnicas para medir la actividad eléctrica de las células del cuerpo, en particular las del corazón, el cerebro y el sistema nervioso. La electroquímica está estrechamente involucrada con la electrofisiología. La química electroanalítica es una tecnología poderosa en la detección y cuantificación de los neurotransmisores y sus metabolitos en forma muy limpia, selectiva y de alta sensibilidad, mediante las técnicas de potenciometría, voltametría cíclica, voltametría de pulso diferencial (con sus alternativas de redisolución anódica y catódica). En la Universidad de los Andes, se ha concretado un grupo interdisciplinario denominado Grupo de Salud y Electroquímica, el cual acopia investigadores de las Facultades de Ciencias, Medicina y Farmacia, con el apoyo del Hospital universitario (IAHULA) y CORPOSALUD – Mérida.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los doctores Antonio Rangel, Alexis Rosas y Carlos Marín, de la Facultad de Medicina por su gran apoyo en el área médica y por su gran entusiasmo en la interdisciplinaridad,

## Referencias

- 1.- Mills, Kerry R. (ed.), Oxford Textbook of Clinical Neurophysiology, (Oxford, 2016; online Academic, 2016), <https://doi.org/10.1093/med/9780199688395.001.0001>.
- 2.- Seppala T., Scheinin, Capone A., Linnoila M. (1984) Liquid chromatographic assay for CSF catecholamines using electrochemical detection. *Acta pharmacol. et toxicol.* 55, 81-87.
- 3.- De Toledo R.A., Santos M.C., Cavalheiro E.T.G, Mazo L.H. (2005). Determination of dopamine in synthetic cerebros.
- 4.- Arvand M., Ghodsi N, (2014). Electrospun TiO<sub>2</sub> nanofiber/graphite oxide modified electrode for electrochemical detection of L-Dopa in human cerebrospinal fluid. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 204 3(1)393-401.
- 5.- Wiench P. González Z., Menéndez R, Grzyb B., Gryglewicz G. (2018). Beneficial impact of oxygen on the electrochemical performance of Dopamine sensors based on N-doped reduced graphene oxides. *Sensors and actuators B: Chemical*, 257, 143-153.
- 6.- Baytak A.K., Aslanogla M, (2020) A novel sensitive method for the simultaneous determination of ascorbic acid, dopamine, uric ácido and tryptophan using a voltammetric platform based on carbón black nanoballs. *Arabian Journal of Chemistry* 13 1702-1711.
- 7.- Price J. B., E. Rusheen A, B. Barath A. S., Rojas Cabrera J.M., Shin H., Chang S-Y, J. Kimble C. J., Bennet K. E., Blaha C. D., Lee K. H., Yoonbae Oh (2020) Clinical applications of neurochemical and electrophysiological measurements for closed-loop neurostimulation *Neurosurg Focus* 49 (1) E6,1-8.
- 8.- Senel M., Dervisevic E., Alhassen S., Dervisevic M., Alachkar A., Cadarso V.J., Voelcker N.H. (2020) Microfluidic electrochemical sensor for cerebrospinal fluid and blood Dopamine detection in a mouse model of Parkinson disease. *Anal. Chem.* 92(18) 12347-12355.

- 9.- Zhou, ZD, Yi, LX, Wang, DQ et al. Papel de la dopamina en la fisiopatología de la enfermedad de Parkinson. *Transl Neurodegener* 12 , 44 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40035-023-00378-6>.
- 10.- Hatami-Fard, G., & Anastasova-Ivanova, S. (2024) Advancements in cerebrospinal fluid biosensors; bridging the gap from early diagnosis of the detection of rare diseases. *Sensors* 24(11),3294-3390.
- 11.- Chena S., Li Liua T , Jiaa Y , Jinghua Li (2025) Recent advances in bio-integrated electrochemical sensors for neuroengineering, *Fundamental Research*, 5(1) 29-47.
- 12.- Achache M., García-Guzmán J.J., Seddik N.B., Cubillán-Aguilera L., Palacios-Santander J.M, Bouchta D., Choukairi M. (2025) A novel sonogel-Leucine Electrochemical sensor for the detection of neuroblastoma biomarker in human urine and synthetic cerebrospinal fluid. *Talanta*, 286, 1274.
- 13.- Yafeng Liu, Xiaohui Liu, Xuemei Wang, Hui Jian (2025) AI-Empowered Electrochemical Sensors for Biomedical Applications: Technological Advances and Future Challenges *Biosensors* 2025, 15, 487 (1-33).
- 14.- Tozzi A. (2025). Charged Interfaces in the Brain: How Electrostatic Forces May Guide Cerebrospinal Fluid Dynamics. *European Journal of Neuroscience*. 61(9),e 70145.
- 15.- Strimbu K, Tavel JA (2010). What are biomarkers? *Curr Opin HIV AIDS* 5: 463- 466.
- 16.- Aliena, N. G. (2023). REPARACION DEL ADN: EL FIEL ENTRE LA VIDA Y EL OCASO CELULAR. In *BioqHo* 2023.
- 17.- Romero, L. F. S. (2026). Evaluación de la regulación epigenética en células de cáncer de mama sobrevivientes a terapia fotodinámica (Doctoral dissertation, INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA, ÓPTICA Y ELECTRÓNICA).
- 18.- Thangavelu R.M, Duraisam N. (2024). Critical Review on Carbon Nanomaterial Based Electrochemical Sensing of Dopamine the Vital Neurotransmitter. *Qeios* <https://doi.org/10.32388/42DHBV.2>, (1-17).
- 19.- Ardakani Z.T., Hosu O., Cristea C., Ardakani M.M., Marrazza G. (2019) Latest in Electrochemical Sensors for Neurotransmitters: A Review. *Sensors* 2019 19(9)2037 <https://doi.org/10.3390/s19092037>.
- 20.- Kujawska M., Bhardwaj S.K, Mishra Y.K., Kaushik A. (2021) Uso de biosensores basados en grafeno para la detección de dopamina y un diagnóstico eficaz de la enfermedad de Parkinson. *Biosensores (Basilea)* 31 de octubre de 2021;11(11):433. doi:10.3390/bios11110433.
- 21.- Bravo DAG, Libreros AM, Sánchez MJS (2026) Desempeño muscular periférico en cuidado intensivo adulto: revisión literaria. Archivo PDF: 599.97 Kb Páginas: 62-70 <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=123042>.
- 22.- Delgado, T. (2026). Comunicaciones LXI Reunión Anual de la SENFC Granada, 29 a 31 de octubre de 2025. *Rev. Neurol*, 81(4), 50865.
- 23.- Abreo-Ariza, A., Méndez, J. M., Solà-Jürschik, R., & Gili-Grahit, S. (2026). Neuroplasticidad del nervio radial superficial, ¿es diferente del resto? A propósito de un caso clínico.

Dolor® Investigación, Clínica & Terapéutica, 41(1).

- 24.- Castán Gasquet, R., Pardo Sanz, M. P., Casas Lázaro, J., Estallo Bernadós, V., & Roman Cosculluela, N. (2026). Evaluación de la eficacia de férulas nocturnas y terapia ocupacional en síndrome del túnel carpiano. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 34, e4081.

# TERAPIA CON DOSIS MASIVAS DE VITAMINA C ENDOVENOSA: REVISIÓN DE MECANISMOS MOLECULARES, EVIDENCIA CLÍNICA Y PERFIL DE SEGURIDAD

## INTRAVENOUS HIGH-DOSE VITAMIN C THERAPY: REVIEW OF MOLECULAR MECHANISMS, CLINICAL EVIDENCE, AND SAFETY PROFILE

### Reynaldo Ortiz

Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Grupo de Salud y Electroquímica,  
Mérida 5101-Venezuela; ORCOD: 0000-0002-0798-2241  
Email: reynaldoluis@gmail.com

**Recibido:** 15-04-2026

**Aceptado:** 18-05-2026

### RESUMEN

La distinción farmacocinética fundamental entre la administración oral e intravenosa ha permitido redescubrir al ácido ascórbico (vitamina C) no solo como un nutriente esencial, sino como un fármaco pro-oxidante selectivo con potentes efectos pleiotrópicos. En concentraciones farmacológicas milimolares, inalcanzables por vía oral, el ascorbato induce citotoxicidad selectiva en células cancerosas a través de la generación extracelular de peróxido de hidrógeno, modula el epigenoma restaurando la función de las enzimas TET, en neoplasias hematológicas y actúa como un "caballo de Troya" metabólico en tumores con mutaciones KRAS/BRAF.

Clínicamente, la evidencia más sólida y prometedora ha emergido en el campo de la oncología. Ensayos recientes han documentado una duplicación de la supervivencia global en cáncer de páncreas metastásico y beneficios significativos en glioblastoma multiforme, con un perfil de toxicidad favorable. En el ámbito de los cuidados críticos, específicamente en sepsis y COVID 19, el panorama es complejo y polarizado; aunque se observan beneficios en la reducción de la duración de vasopresores y mejora de la oxigenación, grandes ensayos recientes han arrojado señales de alerta sobre la mortalidad y disfunción orgánica que obligan a reevaluar los protocolos de dosificación y selección de pacientes. En este trabajo se presentan algunos hallazgos que pueden proporcionar una referencia para la práctica clínica basada en evidencia y la dirección futura de la investigación biomédica.

**Palabras clave:** Vitamina C intravenosa, dosis masiva, oncología, estrés oxidativo, farmacocinética, citotoxicidad selectiva, ácido ascórbico endovenoso, reacción de Fenton, mutaciones KRAS.

**Reynaldo Ortiz:** Dr en Química Aplicada, opción Electroquímica (ULA), Lcdo. en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email:reynaldoluis@gmail.com.

# TERAPIA CON DOSIS MASIVAS DE VITAMINA C ENDOVENOSA: REVISIÓN DE MECANISMOS MOLECULARES, EVIDENCIA CLÍNICA Y PERFIL DE SEGURIDAD

## INTRAVENOUS HIGH-DOSE VITAMIN C THERAPY: REVIEW OF MOLECULAR MECHANISMS, CLINICAL EVIDENCE, AND SAFETY PROFILE

### Reynaldo Ortiz

Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, Grupo de Salud y Electroquímica,  
Mérida 5101-Venezuela; reynaldoluis@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-0798-2241

**Recibido:** 15-04-2026

**Aceptado:** 18-05-2026

### ABSTRACT

The fundamental pharmacokinetic differences between oral and intravenous administration have led to the rediscovery of ascorbate not only as an essential nutrient but also as a selective pro-oxidant agent with potent pleiotropic effects. At pharmacological concentrations (millimolar), which are unattainable via oral administration, ascorbate induces selective cytotoxicity in cancer cells through the extracellular generation of hydrogen peroxide. It modulates the epigenome by restoring the function of TET enzymes in haematological neoplasms and acts as a metabolic “Trojan horse” in tumours harbouring KRAS/BRAF mutations.

Clinically, the most robust and promising evidence has emerged in oncology. Recent clinical trials have demonstrated a doubling of overall survival in metastatic pancreatic cancer and significant benefits in glioblastoma multiforme, with a favourable toxicity profile. In critical care, particularly in sepsis and COVID-19, the evidence is more complex and polarized. While some studies report benefits in reducing the duration of vasopressor use and improving oxygenation, recent large-scale trials have raised concerns regarding mortality and organ dysfunction, prompting a reassessment of dosing protocols and patient selection criteria. This work provides a detailed analysis of some findings, serving as a reference for evidence-based clinical practice and guiding future directions in biomedical research.

**Key words:** Intravenous vitamin C, massive dose, oncology, oxidative stress, pharmacokinetics, selective cytotoxicity, intravenous ascorbic acid, Fenton reaction, KRAS mutations.

**Reynaldo Ortiz:** Dr en Química Aplicada, opción Electroquímica (ULA), Lcdo. en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA Mérida-Venezuela. Email:reynaldoluis@gmail.com.

## Introducción

### EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO.

La trayectoria científica del ácido ascórbico en la medicina terapéutica constituye uno de los capítulos más fascinantes y controvertidos de la farmacología moderna.

En la década de 1970, el médico escocés Ewan Cameron y el químico ganador del Premio Nobel Linus Pauling postularon que el ascorbato, administrado en altas dosis, poseía propiedades anticancerígenas significativas. Sus estudios observacionales reportaron extensiones sin precedentes en la supervivencia de pacientes con cáncer terminal tratados con 10 gramos diarios de ascorbato intravenoso seguido de suplementación oral.<sup>1,2</sup>

Sin embargo, estos hallazgos fueron desestimados tras la publicación de dos ensayos aleatorizados controlados con placebo realizados por la Clínica Mayo, los cuales no encontraron beneficio alguno.<sup>3</sup>

El análisis retrospectivo de esta discrepancia histórica ha revelado un error fundamental de diseño: la vía de administración. Los estudios de la Clínica Mayo administraron el ascorbato exclusivamente por vía oral. Investigaciones farmacocinéticas posteriores, lideradas por Mark Levine en

los Institutos Nacionales de Salud (NIH), elucidaron que la absorción intestinal de vitamina C es un proceso saturable, mediado estrictamente por los transportadores de vitamina C dependientes de sodio (SVCT1) en el epitelio intestinal. Debido a este mecanismo de "techo" fisiológico, las concentraciones plasmáticas máximas alcanzables por vía oral, incluso con dosis masivas, no superan los 200-250  $\mu\text{M}$ .<sup>4</sup>

En contraste agudo, la administración intravenosa elude por completo la regulación intestinal ("bypass"). La infusión directa permite alcanzar concentraciones plasmáticas en el rango milimolar (10-20 mM o superiores), que son de 50 a 100 veces más altas que las concentraciones fisiológicas máximas. A estos niveles suprafisiológicos, el ascorbato deja de comportarse meramente como una vitamina antioxidante y exhibe propiedades farmacológicas completamente distintas, incluyendo una actividad prooxidante selectiva y efectos modulares sobre la señalización celular y la epigenética.<sup>1</sup>

### DEFINICIÓN DE DOSIS: FISIOLÓGICA VS. FARMACOLÓGICA

La farmacocinética de las megadosis sigue una cinética de primer orden. Estudios recientes en voluntarios sanos y pacientes oncológicos indican que dosis de hasta 75-100 g son seguras, distribuyéndose en el agua extracelular y siendo eliminadas por

Para los propósitos de este reporte, es crucial establecer una distinción terminológica y funcional basada en la evidencia revisada:

Categoría de Dosis	Vía de Administración	Concentración Plasmática	Efecto Biológico Predominante	Contexto Clínico
Fisiológica / Nutricional	Oral (Dieta/Suplementos)	< 100 $\mu\text{M}$	Prevención del escorbuto, función inmune basal, síntesis de colágeno.	Salud general, deficiencia dietética.
Dosis Baja IV	Intravenosa (1-3 g/día)	0,2 – 0,5 mM	Reposición rápida en estados de deficiencia aguda (ej. "escorbuto agudo" en sepsis).	Sepsis temprana, post-quirúrgica.
Megadosis/ Farmacológica	Intravenosa > 10-100 g/día ó 1,5 g/kg)	> 10 - 20 mM	Generación de $\text{H}_2\text{O}_2$ extracelular, citotoxicidad tumoral, modulación epigenética.	Oncología, ensayos, clínicos avanzados.

filtración glomerular con una vida media de aproximadamente 2 horas, retornando a niveles basales en aproximadamente 16 horas.<sup>5</sup> Esta rápida eliminación subraya la necesidad de protocolos de infusión frecuentes para mantener la presión terapéutica sobre las células tumorales.

## MECANISMOS MOLECULARES DE ACCIÓN:

La evidencia acumulada entre 2020 y 2025 identifica tres pilares moleculares principales que justifican su uso terapéutico:

### El mecanismo pro-oxidante selectivo y la reacción de Fenton

Paradójicamente, aunque el ácido ascórbico (y el anión ascorbato) es conocido como un antioxidante, en concentraciones farmacológicas en el espacio extracelular, actúa como un potente pro-oxidante. Cuando el ascorbato se oxida, genera el radical ascorbilo y peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). En los tejidos normales, este H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es rápidamente reducido por enzimas antioxidantes como la catalasa y la glutatión peroxidasa, y el flujo sanguíneo arrastra y diluye a los metabolitos reactivos. Sin embargo, el microambiente tumoral presenta características únicas que lo hacen vulnerable<sup>6,7,8,9,10</sup>:

**1. Deficiencia de Catalasa:** Muchas células tumorales tienen niveles reducidos de catalasa, lo que las incapacita para detoxificar grandes cargas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**2. Hierro Lábil Elevado:** Las células cancerosas a menudo acumulan altos niveles de hierro intracelular para facilitar su rápida proliferación y síntesis de ADN.

**3. La Reacción de Fenton:** El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> generado extracelularmente difunde hacia el interior de la célula cancerosa. Allí, en presencia del hierro ferroso (Fe<sup>2+</sup>), ocurre la reacción de Fenton:



Generando radicales hidroxilos. Estos radicales son altamente reactivos y causan daño oxidativo letal a lípidos, proteínas y fundamentalmente, al ADN (roturas de doble

cadena), induciendo apoptosis o necrosis tumoral.<sup>6,7</sup>

Este mecanismo explica la selectividad: la terapia ataca al tumor aprovechando su propia patofisiología (alto hierro, baja catalasa) mientras respeta el tejido sano.<sup>8</sup>

### Crisis Energética y el Efecto Warburg (Mutaciones KRAS/BRAF)

Un segundo mecanismo, elucidado por Jihye Yun y colaboradores,<sup>6</sup> se dirige a la reprogramación metabólica de los tumores. Aproximadamente la mitad de los cánceres colorrectales portan mutaciones en los genes KRAS o BRAF. Estas mutaciones impulsan el "Efecto Warburg", una dependencia extrema de la glucólisis aeróbica. Para satisfacer esta demanda de glucosa, estas células sobreexpresan masivamente el transportador de glucosa GLUT1.

⊗Mimetismo Molecular: La forma oxidada de la vitamina C, el ácido deshidroascórbico (DHA), posee una estructura molecular muy similar a la glucosa (Figura 1) y es transportada eficientemente por GLUT1.

⊗Caballo de Troya: En un microambiente tumoral caracterizado por un elevado estrés oxidativo, el ácido ascórbico es rápidamente oxidado a ácido deshidroascórbico (DHA). Las células neoplásicas que portan mutaciones activadoras en los oncogenes KRAS o BRAF presentan una captación exacerbada de este DHA. Dicha internalización es mediada por la sobreexpresión del transportador transmembranal GLUT1, el cual facilita el influjo de DHA debido a su alta homología estructural con la molécula de glucosa.

⊗Colapso Antioxidante: Una vez dentro de la célula, el DHA debe ser reducido nuevamente a ascorbato para mantener el equilibrio redox. Este proceso consume NADPH y glutatión reducido (GSH). La entrada masiva de DHA, agota rápidamente las reservas de GSH, dejando a la célula indefensa ante las especies reactivas de oxígeno (ROS) endógenas.

⊗Bloqueo de la Glucólisis: El exceso de ROS inactiva la enzima gliceraldehído-3-fosfato

deshidrogenasa (GAPDH), bloqueando la glucólisis. La célula, privada de energía y bajo estrés oxidativo masivo, muere.<sup>6</sup>

En la figura 2 se muestra un esquema simplificado del proceso de muerte de las células neoplásicas, digerido por estos mecanismos.

### Regulación Epigenética: Reactivación de las Enzimas TET

El tercer pilar mecanístico, y quizás el más relevante para las neoplasias hematológicas, es el papel del ascorbato como cofactor enzimático obligatorio en la regulación epigenética. Las enzimas TET (Ten-Eleven Translocation) son dioxigenasas dependientes de hierro ( $Fe^{2+}$ ) y oxoglutarato (2-OG) que catalizan la desmetilación del ADN, convirtiendo la 5-metilcitosina (5mC) en 5-hidroximetilcitosina (5hmC). Esta reacción es fundamental para la expresión de genes supresores de tumores y la diferenciación celular normal.<sup>11,12</sup>

⊕Disfunción en Cáncer: Las mutaciones con pérdida de función en TET2 son omnipresentes en la leucemia mieloide aguda (LMA), síndromes mielodisplásicos (SMD) y linfomas. Incluso en ausencia de mutaciones, la deficiencia intracelular de ascorbato puede reducir funcionalmente la actividad de TET.

⊕Acción del Ascorbato: La vitamina C

interactúa directamente con el dominio catalítico de las enzimas TET, manteniendo el hierro del sitio activo en su estado reducido ( $Fe^{2+}$ ), lo cual es indispensable para la actividad enzimática. La administración de altas dosis restaura la actividad de TET2 (incluso en heterocigotos), promueve la desmetilación global del ADN, reactiva genes supresores de tumores y fuerza a las células madre leucémicas a diferenciarse y morir.<sup>13</sup>

⊕Sinergia con Inhibidores de PARP: Investigaciones de vanguardia (2024-2025) han identificado una letalidad sintética al combinar vitamina C con inhibidores de PARP en LMA. La vitamina C induce daño al ADN que requiere reparación; al inhibir PARP, se impide esta reparación, llevando a la muerte celular específica del clon leucémico.<sup>13</sup>

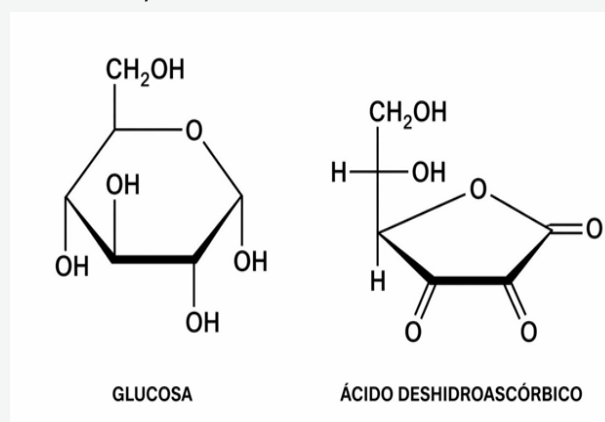


Figura 1.- Estructuras moleculares de la glucosa y del ácido deshidroascórbico

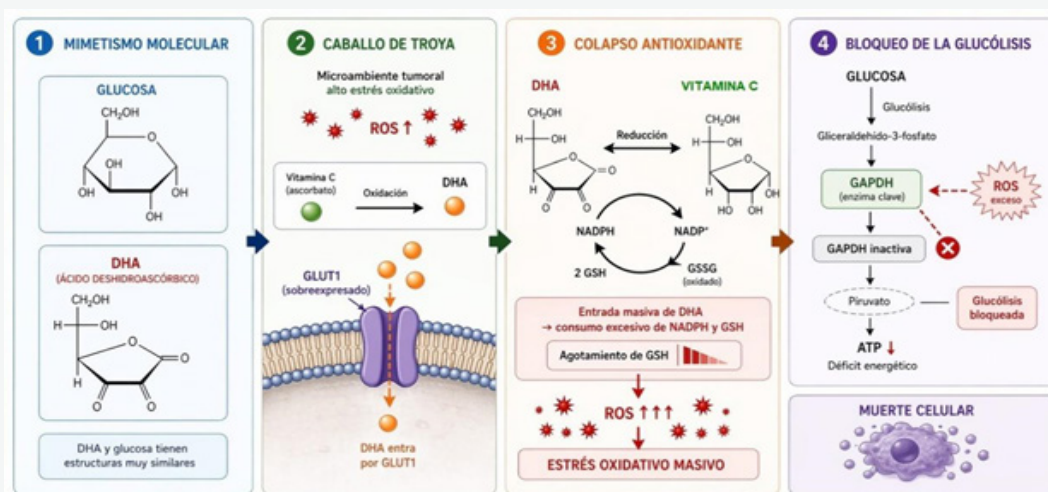


Figura 2.- Esquema de muerte celular por crisis energética inducida por el ácido ascórbico extracelular<sup>6,7,8</sup>.

## **ONCOLOGÍA: EVIDENCIA CLÍNICA DE EFICACIA (2020-2025)**

La aplicación clínica de los mecanismos descritos anteriormente ha fructificado en ensayos clínicos recientes con resultados que desafían el nihilismo terapéutico en ciertos tumores letales.

### **Cáncer de Páncreas: Un Cambio de Paradigma en Supervivencia**

El adenocarcinoma ductal pancreático (PDAC) es una de las neoplasias más letales, con una supervivencia a 5 años inferior al 10%. En este contexto, los resultados del ensayo clínico fase 2 aleatorizado "P-AscH-", conducido por la Universidad de Iowa,<sup>14,15</sup> representan un hito crítico.

El ensayo incluyó a pacientes con PDAC metastásico (estadio IV). Se comparó el tratamiento estándar (Gemcitabina + nab-Paclitaxel) frente al estándar más infusiones de vitamina C de dosis farmacológica; 75 gramos por infusión, administrados 3 veces por semana. Esta dosis se tituló para alcanzar concentraciones plasmáticas de ~20 mM.<sup>14,15</sup>

#### **Resultados de Eficacia:**

El estudio demostró una magnitud de beneficio clínico raramente vista en cáncer de páncreas con un agente no tóxico:

⊕ **Supervivencia Global (SG):** La adición de vitamina C duplicó la mediana de supervivencia global, pasando de 8 meses en el grupo de quimioterapia sola a 16 meses en el grupo combinado.<sup>16</sup>

⊕ **Supervivencia Libre de Progresión (SLP):** Se extendió de 4 a 6 meses.<sup>18</sup>

⊕ **Supervivientes a Largo Plazo:** El seguimiento a largo plazo de fases previas (fase 1) ha documentado pacientes que sobreviven más de 9 años tras el diagnóstico, un fenómeno excepcional en esta patología.<sup>18</sup>

Perfil de Seguridad y Calidad de Vida:

Contrario a añadir toxicidad, la vitamina C pareció mitigar los efectos adversos de la quimioterapia. Los pacientes reportaron mejor estado funcional y menos fatiga, lo que permitió mantener la intensidad de dosis de la quimioterapia por más tiempo.<sup>17,18</sup>

### **Glioblastoma Multiforme: Radiosensibilización Clínica**

En el tratamiento del glioblastoma (GBM), la barrera hematoencefálica y la resistencia intrínseca a la radioterapia son obstáculos mayores. Ensayos clínicos recientes han evaluado la seguridad y eficacia de añadir megadosis de vitamina C al protocolo estándar Stupp (Radioterapia + Temozolomida).<sup>19,20</sup>

#### **Hallazgos Clave:**

⊕ **Supervivencia Extendida:** En ensayos de fase 2, la mediana de supervivencia global en pacientes tratados con IVC + Stupp alcanzó los 18 meses, comparado con la media histórica de 14.6 meses.<sup>19,20</sup>

⊕ **Impacto de la Metilación de MGMT:** El beneficio fue aún más pronunciado en pacientes con el promotor del gen MGMT no metilado, un subgrupo que típicamente tiene peor pronóstico y respuesta limitada a la temozolomida. En este grupo, la supervivencia media alcanzó los 23 meses.<sup>19,20</sup>

⊕ **Mecanismo Dual:** La evidencia sugiere que la vitamina C actúa como un radiosensibilizador selectivo en el tumor (aumentando el daño oxidativo al ADN tumoral) mientras protege el tejido cerebral sano circundante (neuroprotección), reduciendo potencialmente el edema y el deterioro cognitivo asociado a la radiación.<sup>19,20</sup>

### **Cáncer Colorrectal y Pulmón: Resultados Preliminares**

Ensayos en curso (NCT03146962) están reclutando pacientes con cáncer colorrectal metastásico y cáncer de pulmón de células no pequeñas para evaluar la eficacia de la IVC, estratificando a los pacientes según su

estado mutacional (KRAS/BRAF).

**⊗Resultados Observados:** Datos preliminares indican que dosis altas pueden inducir respuestas objetivas en tumores KRAS mutados refractarios a otras líneas, validando la hipótesis del "caballo de Troya" metabólico in vivo.<sup>14</sup>

### **Calidad de Vida: Un Beneficio Consistente**

Independientemente de la respuesta antitumoral directa, una revisión sistemática de estudios observacionales y ensayos controlados confirma que la IVC mejora significativamente la calidad de vida relacionada con la salud (HRQoL) en pacientes oncológicos.

**⊗ Síntomas:** Se observan reducciones estadísticamente significativas en fatiga, náuseas, vómitos, dolor, pérdida de apetito e insomnio.<sup>2</sup>

**⊗Toxicidad de Quimioterapia:** La administración de IVC concomitante reduce la hepatotoxicidad y nefrotoxicidad inducida por agentes citotóxicos, probablemente debido a su capacidad antioxidante sistémica (scavenging de radicales libres en tejidos sanos).<sup>2</sup>

### **Cuidados Críticos: Sepsis, Trauma y la Controversia de la Evidencia**

El uso de vitamina C en el paciente crítico, particularmente en sepsis y shock séptico, ha sido el área de investigación más volátil y debatida en el último quinquenio. La hipótesis fisiopatológica es atractiva: la sepsis induce un consumo masivo de vitamina C, llevando a niveles plasmáticos indetectables ("escorbuto agudo"), lo que contribuye a la disfunción endotelial, fallo en la síntesis de catecolaminas y parálisis inmunológica.<sup>21-25</sup>

### **Protocolo HAT**

En 2017, un estudio retrospectivo de Paul Marik y colaboradores,<sup>23</sup> sugirió que la combinación de hidrocortisona, ácido ascórbico (1.5g q6h) y tiamina (protocolo HAT) reducía la mortalidad por sepsis de manera

drástica (del 40% al 8.5%). Este hallazgo catalizó múltiples ensayos aleatorizados globales (VICTAS, ACTS, VITAMINS) para confirmar la eficacia.

Los meta-análisis de ensayos rigurosos entre 2020 y 2024,<sup>26</sup> han concluido que el protocolo HAT no reduce la mortalidad a corto plazo (28 días) en comparación con la hidrocortisona sola o el tratamiento estándar.<sup>25</sup> Sin embargo, la terapia mostró consistentemente una reducción en la duración del requerimiento de vasopresores (norepinefrina) y una mejora más rápida en las puntuaciones de fallo orgánico (SOFA) a las 72 horas, confirmando un efecto biológico real sobre la hemodinamia y la microcirculación.<sup>25</sup>

### **El paradigma CITRIS-ALI:**

El ensayo CITRIS-ALI (2019/2020) presentó una paradoja estadística, aunque no alcanzó su objetivo primario (reducción de biomarcadores inflamatorios y puntuación SOFA), el análisis de resultados secundarios reveló una mortalidad a los 28 días del 29.8% cuando se administró la vitamina C, frente al 46.3% cuando se usó placebo.<sup>27-29</sup>

### **El Ensayo LOVIT:**

El ensayo LOVIT (Lessening Organ Dysfunction with Vitamin C) publicado por Lamontage y colaboradores<sup>30,31</sup>, es el estudio más grande hasta la fecha (n=872):

**⊗ Resultado Adverso:** El estudio reportó que los pacientes tratados con altas dosis de vitamina C (50 mg/kg por 96 horas) tuvieron una mayor tasa de muerte o disfunción orgánica persistente a los 28 días en comparación con el placebo.

**⊗ Hipótesis de la Suspensión Abrupta:** Este hallazgo de daño contradice décadas de perfil de seguridad. Un reanálisis detallado publicado en 2023 sugiere que el exceso de mortalidad en el grupo de vitamina C ocurrió principalmente en los días posteriores a la finalización de la infusión de 96 horas. Esto ha llevado a la hipótesis de que la suspensión abrupta de una dosis antioxidante masiva en un paciente aún crítico podría inducir

un "efecto rebote" pro-oxidante o una deficiencia aguda relativa, empeorando el cuadro clínico. Esta observación sugiere que futuros protocolos deberían contemplar una reducción gradual de la dosis (tapering).<sup>32,33</sup>

## RESUMEN EN SEPSIS

La evidencia actual no respalda el uso rutinario indiscriminado de megadosis de vitamina C en sepsis como estándar de cuidado para reducir mortalidad.

Sin embargo, su papel como agente ahorrador de vasopresores es reconocido. La heterogeneidad de los resultados sugiere que pueden existir subgrupos de "respondedores" (ej. niveles basales muy bajos, polimorfismos en transportadores) y que el diseño de los ensayos (duración, cese de dosis) es una variable crítica aún por optimizar.<sup>34</sup>

## ENFERMEDADES INFECCIOSAS VIRALES: COVID-19 Y NEUMONÍA GRAVE

La pandemia de COVID-19 propulsó la investigación de la vitamina C IV debido a su potencial para mitigar la tormenta de citoquinas y el Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo (SDRA), mecanismos compartidos con otras neumonías virales graves.

### Evidencia en COVID-19 Crítico

Múltiples ensayos y meta-análisis abordaron la utilidad de la vitamina C en COVID-19.

⊗ **Mortalidad:** Los meta-análisis globales muestran resultados mixtos, sin una reducción clara y consistente en la mortalidad intrahospitalaria para la población general de pacientes COVID-19.<sup>35,36</sup>

⊗ **Oxigenación y Ventilación:** Existe evidencia más fuerte de beneficio en la función pulmonar. La administración de IVC se ha asociado con mejoras en el índice de oxigenación (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) y una reducción en la duración de la ventilación mecánica invasiva.<sup>37,38</sup>

⊗ **Ensayo de Wuhan<sup>39</sup>:** Un ensayo clave en

la fase temprana de la pandemia mostró que, aunque no hubo diferencia en mortalidad general, el subgrupo de pacientes más graves (SOFA score alto) experimentó una reducción significativa en la mortalidad con el tratamiento de vitamina C, sugiriendo que el beneficio es dependiente de la gravedad y el estrés oxidativo basal.<sup>40,41</sup>

## Neumonía Viral y Mecanismos de Protección Pulmonar

Más allá del SARS-CoV-2, estudios en neumonía viral severa indican que la vitamina C ejerce efectos protectores específicos en el pulmón.<sup>41,42:</sup>

⊗ **NETosis:** Reduce la formación excesiva de Trampas Extracelulares de Neutrófilos (NETs), que contribuyen al daño tisular colateral en el SDRA.

⊗ **Barrera Alveolar:** Promueve la expresión de proteínas de unión estrecha en el endotelio pulmonar, ayudando a la reabsorción del edema alveolar (clearance de fluido).<sup>42</sup>

⊗ **Posición de la OMS:** La Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros organismos han reconocido el interés en investigar la vitamina C parenteral como terapia candidata, dados su bajo costo y perfil de seguridad, aunque aún no la incluyen en guías de tratamiento estándar definitivo.<sup>43,44</sup>

## PERFIL DE SEGURIDAD, TOXICIDAD Y CONTRAINDICACIONES

Aunque la percepción general de la vitamina C es de inocuidad, la administración intravenosa de dosis farmacológicas conlleva riesgos específicos, que pueden ser graves pero prevenibles, que el clínico debe gestionar proactivamente.

### Nefropatía por Oxalato: El Riesgo Mayor

La complicación más severa documentada es la nefropatía por oxalato.<sup>45-49</sup>

⊗ **Fisiopatología:** El ácido ascórbico se metaboliza endógenamente a oxalato. En una infusión de megadosis, la carga

de oxalato que llega al riñón es masiva. En individuos con función renal normal, este oxalato se excreta sin problemas. Sin embargo, en presencia de insuficiencia renal preexistente, deshidratación o anuria, el oxalato de calcio sobresatura la orina y precipita dentro de los túbulos renales.

⊗ **Impacto Clínico:** La cristalización intratubular causa necrosis tubular aguda e insuficiencia renal aguda, que puede ser irreversible y requerir diálisis crónica.<sup>46</sup> Se han reportado casos tanto con el uso crónico como agudo en pacientes susceptibles.

⊗ **Contraindicación Absoluta:** La terapia de megadosis está contraindicada en pacientes con enfermedad renal crónica (Tasa de Filtración Glomerular < 30 ml/min) o historia de litiasis renal por oxalato. La monitorización de la función renal es obligatoria.<sup>49</sup>

### **Deficiencia de Glucosa-6-Fosfato Deshidrogenasa (G6PD)**

⊗ **Riesgo de Hemólisis:** Como se detalló en los mecanismos oncológicos, la vitamina C, genera peróxido de hidrógeno. Los eritrocitos dependen exclusivamente de la enzima G6PD y el ciclo de las pentosas para generar NADPH, esencial para mantener el glutatión reducido y neutralizar este peróxido.

⊗ **Crisis Hemolítica:** En pacientes con deficiencia genética de G6PD (común en poblaciones de origen mediterráneo, africano o asiático), la infusión de vitamina C desborda la capacidad antioxidante del glóbulo rojo, causando ruptura celular (hemólisis) masiva y anemia severa aguda.<sup>49</sup>

⊗ **Protocolo:** Es imperativo realizar un tamizaje de deficiencia de G6PD antes de iniciar infusiones mayores a 10-15 gramos.

### **Interferencias Analíticas (Glucometría)**

El ascorbato tiene una estructura electroquímica similar a la glucosa e interfiere con los biosensores de glucosa deshidrogenasa utilizados en muchos glucómetros capilares ("point-of-care").

⊗ **Peligro Clínico:** Esto genera lecturas falsamente elevadas de glucosa (pseudohiper glucemia). Si el clínico no está advertido, puede administrar insulina para corregir esta "hiper glucemia", provocando una hipogluce mia iatrogénica real que puede resultar en coma o muerte.<sup>49,50</sup>

⊗ **Recomendación:** En pacientes recibiendo IVC, la glucemia debe medirse siempre mediante análisis de laboratorio central (hexoquinasa) y no por glucometría capilar.

### **DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS**

La revisión sistemática de la evidencia 2020-2025 revela una transformación en el estatus de la vitamina C endovenosa: de terapia "alternativa" marginal a agente farmacológico pleiotrópico con dianas moleculares definidas.

La dicotomía entre los resultados oncológicos y de cuidados críticos es notable. En oncología, la identificación de biomarcadores predictivos (mutaciones TET2, KRAS, expresión de SVCT2, niveles de hierro lábil) permite una medicina de precisión, seleccionando a los pacientes que biológicamente se beneficiarán del estrés oxidativo inducido o la reprogramación epigenética. Los resultados de supervivencia en cáncer de páncreas y glioblastoma son lo suficientemente robustos para justificar ensayos confirmatorios de fase 3 a gran escala.

En sepsis, la situación es más matizada. El fracaso de los ensayos "talla única" (one-size-fits-all) y la señal de daño en el estudio LOVIT subrayan la complejidad del síndrome séptico. Es probable que la vitamina C no sea una panacea universal para la sepsis, sino una herramienta que requiere una personalización rigurosa: dosificación ajustada al peso y función renal, inicio temprano, y crucialmente, una retirada gradual para evitar el efecto rebote.

El futuro de la terapia reside en la estratificación de pacientes mediante biomarcadores. La medición de niveles plasmáticos de vitamina C, el estatus

mutacional tumoral y la capacidad antioxidante individual serán determinantes para maximizar el beneficio terapéutico y minimizar los riesgos.

## Conclusiones

1.-Eficacia en Oncología (Nivel de Evidencia II): La administración de vitamina C en dosis farmacológicas (75-100 g), como coadyuvante a la quimioterapia/radioterapia, ha demostrado duplicar la supervivencia global en cáncer de páncreas metastásico y extender significativamente la supervivencia en glioblastoma multiforme en ensayos aleatorizados de fase 2. Se recomienda su consideración en protocolos de investigación clínica o uso compasivo en centros expertos, dada su capacidad para reducir la toxicidad asociada al tratamiento estándar.

2.-Mecanismo Epigenético: Existe una base mecanística sólida para su uso en neoplasias hematológicas (LMA, SMD) con deficiencia de TET2, donde actúa restaurando la maquinaria de desmetilación del ADN y promoviendo la diferenciación celular.

3.-Uso en Sepsis (Precaución): La evidencia actual de nivel I no respalda el uso rutinario de megadosis de vitamina C para reducir la mortalidad en sepsis general. Puede considerarse para la reducción de vasopresores en shock refractario, pero con precaución extrema respecto a la función renal y evitando la suspensión abrupta del tratamiento.

4.-Perfil de Seguridad: La terapia es segura únicamente bajo protocolos estrictos que incluyan: (a) Tamizaje de G6PD, (b) Verificación de función renal adecuada (GFR > 30 ml/min), y (c) Monitorización de glucosa por laboratorio central. El riesgo de nefropatía por oxalato es la limitante principal en poblaciones vulnerables.

5.-Costo-Efectividad: Dada la disponibilidad y bajo costo del ácido ascórbico, representa una intervención de alto valor potencial para sistemas de salud pública, especialmente en oncología, siempre que se administre bajo supervisión médica experta y criterios de selección rigurosos.

## Referencias

- 1.- Cameron E, Pauling L. Supplemental ascorbate in the supportive treatment of cancer: Prolongation of survival times in terminal human cancer. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1976;73(10):3685-3689.
- 2.- Yeom CH, Jung GC, Song KJ. Changes of terminal cancer patients' health-related quality of life after high dose vitamin C administration. *J Korean Med Sci*. 2007;22(1):7-11.
- 3.- Moertel CG, Fleming TR, Creagan ET, et al. High-dose vitamin C versus placebo in the treatment of patients with advanced cancer who have had no prior chemotherapy. *N Engl J Med*. 1985;312(3):137-141.
- 4.- Padayatty SJ, Sun H, Wang Y, et al. Vitamin C pharmacokinetics: implications for oral and intravenous use. *Ann Intern Med*. 2004;140(7):533-537.
- 5.- Nielsen TK, Højgaard M, Andersen JT, et al. Elimination of ascorbic acid after high-dose intravenous infusion in healthy volunteers and patients with cancer. *Cancer Chemother Pharmacol*. 2022;89:531-542.

- 6.- Yun J, Mullarky E, Lu C, et al. Vitamin C selectively kills KRAS and BRAF mutant colorectal cancer cells by targeting GAPDH. *Science*. 2015;350(6266):1391-1396.
- 7.- Ngo B, Van Riper JM, Cantley LC, Yun J. Targeting cancer vulnerabilities with high-dose vitamin C. *Nat Rev Cancer*. 2019;19(5):271-282.
- 8.- Chen Q, Espey MG, Krishna MC, et al. Pharmacologic ascorbic acid concentrations selectively kill cancer cells: action as a pro-drug to deliver hydrogen peroxide to tissues. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005;102(38):13604-13609.
- 9.- Doskey CM, Buranasudja V, Wagner BA, et al. Tumor cells have decreased ability to metabolize H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Implications for pharmacological ascorbate in cancer therapy. *Redox Biol*. 2016;10:274-284.
- 10.- Cantley L, Yun J. Intravenous High-Dose Vitamin C in Cancer Therapy. *NCI Cancer Currents Blog*. 2020.
- 11.- Cimmino L, Dolgalev I, Wang Y, et al. Restoration of TET2 Function Blocks Aberrant Self-Renewal and Leukemia Progression. *Cell*. 2017;170(6):1079-1095.e20.
- 12.- Yue X, Rao A. TET family dioxygenases and the TET activator vitamin C. *Blood*. 2020;136(12):1394-1401.
- 13.- Brabson JP, et al. Vitamin C enhances TET2 activity in acute myeloid leukemia and induces synthetic lethality with PARP inhibitors. *Biorxiv (Preprint)*. 2024.
- 14.- Bodeker KL, Smith BJ, Berg DJ, et al. A randomized trial of pharmacological ascorbate, gemcitabine, and nab-paclitaxel for metastatic pancreatic cancer. *Redox Biol*. 2024;77:103375.
- 15.- Cullen JJ. High-dose IV vitamin C plus chemotherapy doubles survival in advanced pancreatic cancer. *University of Iowa Health Care News*. 2024 Nov 11.
- 16.- University of Iowa Health Care. Phase 2 Trial Results: Pharmacological Ascorbate in Metastatic Pancreatic Cancer. *Redox Biology*. 2024;77.
- 17.- Bodeker KL, et al. Progression-free survival and overall survival in pancreatic cancer patients treated with pharmacological ascorbate. *Redox Biol*. 2024.
- 18.- Yeom CH, Jung GC, Song KJ. Changes of terminal cancer patients' health-related quality of life after high dose vitamin C administration. *J Korean Med Sci*. 2007;22(1):7-11.
- 19.- Alexander MS, et al. Pharmacological Ascorbate Combined With Radiation and Temozolomide in Glioblastoma Multiforme: A Phase 2 Trial. *J Clin Oncol*. 2024 (Abstract).
- 20.- Allen BG, et al. High-dose ascorbate as a radio-sensitizer in GBM therapy. *University of Iowa Research*. 2024.
- 21.- Ma Y, Chapman J, Levine M, et al. High-dose parenteral ascorbate enhanced chemosensitivity of ovarian cancer and reduced toxicity of chemotherapy. *Sci Transl Med*. 2014;6(222):222ra18.
- 22.- Carr AC, et al. Vitamin C in the critically ill - indications and controversies. *World J Crit Care Med*. 2018;7(5):52-61.

- 23.- Marik PE, Khangoora V, Rivera R, et al. Hydrocortisone, Vitamin C, and Thiamine for the Treatment of Severe Sepsis and Septic Shock: A Retrospective Before-After Study. *Chest*. 2017;151(6):1229-1238.
- 24.- Fujii T, Luethi N, Young PJ, et al. Effect of Vitamin C, Hydrocortisone, and Thiamine vs Hydrocortisone Alone on Time Alive and Free of Vasopressor Support Among Patients With Septic Shock: The VITAMINS Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2020;323(5):423-431.
- 25.- Assouline-Reinmann M, et al. Effect of Combined Hydrocortisone, Ascorbic Acid and Thiamine for Patients with Sepsis and Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Shock*. 2021;56(6):880-889.
- 26.- Xie B, et al. Vitamin C supplementation in the critically ill: A systematic review and meta-analysis. *SAGE Open Med*. 2023.
- 27.- Hwang SY, et al. HAT therapy and SOFA score improvement: Analysis of recent RCTs. *J Intensive Care*. 2022.
- 28.- Fowler AA 3rd, Truitt JD, Hite RD, et al. Effect of Vitamin C Infusion on Organ Failure and Biomarkers of Inflammation and Vascular Injury in Patients With Sepsis and Severe Acute Respiratory Failure: The CITRIS-ALI Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;322(13):1261-1270.
- 29.- Hemilä H, Chalker E. Reanalysis of the CITRIS-ALI trial suggests that vitamin C decreases mortality in severe sepsis. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:590853.
- 30.- Lamontagne F, Masse MH, Menard J, et al. Intravenous Vitamin C in Adults with Sepsis in the Intensive Care Unit (LOVIT Trial). *N Engl J Med*. 2022;386:2387-2398.
- 31.- Adhikari NK, et al. Lessening Organ Dysfunction with Vitamin C (LOVIT): Statistical Analysis Plan. *JMIR Res Protoc*. 2022.
- 32.- Hemilä H, Chalker E. Abrupt termination of vitamin C from ICU patients may increase mortality: secondary analysis of the LOVIT trial. *Eur J Clin Nutr*. 2023;77(4):490-494.
- 33.- Li J. Evidence is stronger than you think: a meta-analysis of vitamin C use in patients with sepsis. *Crit Care*. 2018;22(1):258.
- 34.- Shankar-Hari M, et al. Biological phenotypes and heterogeneity in the LOVIT trial. *Intensive Care Med*. 2024 (Preprint).
- 35.- Kwak SG, et al. Intravenous vitamin C use and risk of severity and mortality in COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *Front Med*. 2022.
- 36.- Oloufi et al. Vitamin C and COVID-19 treatment: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Med Virol*. 2021.
- 37.- Gavriilidis P, et al. High dose vitamin C and oxygenation in COVID-19. *J Crit Care*. 2023.
- 38.- Hemilä H, Chalker E. Vitamin C may reduce the duration of mechanical ventilation in critically ill patients: a meta-regression analysis. *J Intensive Care*. 2020;8:15.

- 39.- Zhang J, Rao X, Li Y, et al. Pilot trial of high-dose vitamin C in critically ill COVID-19 patients (Wuhan). *Ann Intensive Care*. 2021;11:5.
- 40.- Peng Z. Vitamin C Infusion for the Treatment of Severe 2019-nCoV Infected Pneumonia: A Prospective Randomized Clinical Trial. *ClinicalTrials.gov Identifier: NCT04264533*. 2020.
- 41.- De Freitas CN, et al. Endocan, sepsis, pneumonia, and acute respiratory distress syndrome. *Crit Care*. 2018;22:280.
- 42.- Fisher BJ, et al. Vitamin C and alveolar fluid clearance in acute respiratory distress syndrome. *J Thorac Dis*. 2024.
- 43.- World Health Organization. A coordinated global research roadmap: 2019 novel coronavirus. *WHO R&D Blueprint*. 2020.
- 44.- WHO. Clinical management of COVID-19: interim guidance. *World Health Organization*. 2021.
- 45.- Gapuz KT, Qureshi M, Friedl A, Levine JS. Vitamin C–Induced Oxalate Nephropathy: An Underappreciated Consequence of Dietary Supplements. *Ann Intern Med Clin Cases*. 2024;3(9).
- 46.- Knight J, Madduma-Liyanage K, Mobley JA, et al. Ascorbic acid intake and oxalate synthesis. *Urolithiasis*. 2016;44(4):289-297.
- 47.- Doucet B, Noble E, Gray N. Two cases of vitamin C induced oxalate nephropathy. *Nephrology*. 2024 (Case Report).
- 48.- Padayatty SJ, et al. Vitamin C: Intravenous use by complementary and alternative medicine practitioners and adverse effects. *PLoS One*. 2010;5(7):e11414.
- 49.- Tang Z, et al. High-dose vitamin C-induced acute oxalate nephropathy in a renal transplant recipient: A case report and literature review. *Asian J Surg*. 2023;46(5):2223-2224.
- 50.- Quinn J, et al. Acute hemolytic anemia in a patient with G6PD deficiency after high-dose vitamin C administration. *Pediatr Crit Care Med*. 2024.

# LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO ENFOQUE INTEGRADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

## TRANSDISCIPLINARITY AS AN INTEGRATIVE APPROACH IN THE TEACHING OF CHEMISTRY

### Jaimel Salcedo

Facultad de Ingeniería, Núcleo Universitario Alberto Adriani  
Universidad de Los Andes -5101- Venezuela; ORCID: 000900045725050X  
Email: jaimelsalcedo@gmail.com;

**Recibido:** 20-04-2026

**Aceptado:** 08-05-2026

### RESUMEN

El objetivo del presente ensayo es abordar la necesidad de transformar la enseñanza de la química desde un enfoque tradicional, fragmentado y descontextualizado hacia uno transdisciplinar, que integre diversas áreas del conocimiento, para resolver problemas complejos, como el cambio climático, la sostenibilidad energética y la gestión de recursos naturales, entre otros. En primera instancia, se exponen los aspectos más relevantes de la transdisciplinariedad, su relevancia en la educación y su aplicación en el contexto mundial, latinoamericano, venezolano, así como los factores esenciales de dicho enfoque: currículo, didáctica y evaluación de los aprendizajes. Posteriormente, se muestra la importancia de un currículo transdisciplinario, en el cual se deben integrar conocimientos provenientes de una variedad de disciplinas, permitiendo una educación cada vez más holística y creativa. También se abordan elementos de la didáctica, caracterizada por el empleo de metodologías activas que involucran a los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, donde la evaluación debe estar centrada en la valoración de competencias complejas, como la integración de conocimientos, el pensamiento crítico, entre otras. Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de cambiar a un modelo transdisciplinar en la enseñanza de dicha disciplina científica y para ello, la praxis docente debe ir de la mano con el currículo, la didáctica y la evaluación para fomentar una educación más relevante, significativa y efectiva, que prepare a los estudiantes para los desafíos complejos del siglo XXI.

**Palabras clave:** Transdisciplinariedad, enseñanza, currículo, didáctica, evaluación

**Jaimel Salcedo:** MSc en Enseñanza de la Química (Universidad del Zulia), Lic. en Educación Mención Química. Miembro del personal docente y de investigación del Núcleo Universitario Alberto Adriani. Universidad de Los Andes.

# LA TRANSDISCIPLINARIEDAD COMO ENFOQUE INTEGRADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

## TRANSDISCIPLINARITY AS AN INTEGRATIVE APPROACH IN THE TEACHING OF CHEMISTRY

### Jaimel Salcedo

Facultad de Ingeniería, Núcleo Universitario Alberto Adriani  
Universidad de Los Andes -5101- Venezuela  
jaimelsalcedo@gmail.com; ORCID: 000900045725050X

**Recibido:** 20-04-2026

**Aceptado:** 08-05-2026

### ABSTRACT

The objective of this essay is to address the need to transform chemistry education from a traditional, fragmented, and decontextualized approach to a transdisciplinary one that integrates diverse areas of knowledge to solve complex problems such as climate change, energy sustainability, and natural resource management, among others. First, the most relevant aspects of transdisciplinarity are presented, along with its relevance to education and its application in the global, Latin American, and Venezuelan contexts, as well as the essential factors of this approach: curriculum, pedagogy, and assessment. Subsequently, the importance of a transdisciplinary curriculum is demonstrated, one that integrates knowledge from a variety of disciplines, enabling an increasingly holistic and creative education. Elements of pedagogy are also addressed, characterized by the use of active methodologies that involve students in their own learning process, where assessment should focus on evaluating complex competencies such as knowledge integration and critical thinking. Finally, the need to change to a transdisciplinary model in the teaching of this scientific discipline is considered, and for this, teaching practice must go hand in hand with the curriculum, didactics and evaluation to promote a more relevant, meaningful and effective education that prepares students for the complex challenges of the 21st century.

**Key words:** Transdisciplinarity, teaching, curriculum, didactics, assessment

**Jaimel Salcedo:** MSc en Enseñanza de la Química (Universidad del Zulia), Lic. en Educación Mención Química. Miembro del personal docente y de investigación del Núcleo Universitario Alberto Adriani. Universidad de Los Andes.

## Introducción

Actualmente, la sociedad enfrenta una serie de problemas complicados e interconectados que trascienden las fronteras de las disciplinas académicas convencionales para su estudio y posible solución, entre los cuales se pueden mencionar el cambio climático, la sostenibilidad energética y la gestión de los recursos naturales, entre otros, situaciones que ejemplifican la necesidad de una enseñanza desde una comprensión holística que integre conocimientos de diversas áreas del saber.<sup>1</sup> Es decir, entre las ciencias naturales, donde se encuentra la química, las ciencias sociales, conocimientos populares, entre otras.

Es por ello que la educación contemporánea tiene el desafío constante de preparar a los estudiantes para un mundo complejo, cada vez más relacionado y que exige el desarrollo de diversas habilidades y competencias que les permitan desenvolverse en él. En este contexto, la enseñanza de la química no puede continuar bajo un enfoque tradicional que a menudo fragmenta y descontextualiza el conocimiento.

Al respecto Morín,<sup>2</sup> menciona que dicha situación conlleva a una desvinculación total de la comprensión y aprendizaje de la realidad, lo que limita a los estudiantes a desarrollar la capacidad para aplicar sus conocimientos en la solución de problemas de su contexto real.

Sin embargo, la enseñanza de la química ha estado centrada en la transmisión de conceptos y principios específicos de la disciplina, siendo estos desarrollados de manera aislada, sin establecer conexiones explícitas con otras ciencias.

En tal sentido, existe una necesidad indispensable de explorar y adoptar enfoques pedagógicos que permitan a los estudiantes establecer vínculos significativos entre la química y otras disciplinas científicas, como con las ciencias sociales, las humanidades y el entorno que los rodea.<sup>3</sup>

En este panorama, la transdisciplinariedad emerge como un enfoque pedagógico

innovador que busca superar las limitaciones del enfoque tradicional, es decir, busca ir más allá de las disciplinas individuales para comprender y abordar problemas complejos de manera holística, presentándose así, como una alternativa prometedora que permite fomentar esta integración y promover un aprendizaje más relevante, significativo y conectado con la realidad.<sup>4</sup>

En virtud de ello, la praxis transdisciplinar del docente de química es un tema de creciente relevancia en el panorama educativo actual, impulsado por la necesidad de abordar problemas complejos que trascienden las fronteras disciplinarias tradicionales. Este enfoque busca una comprensión holística de la realidad, integrando saberes de diversas áreas del conocimiento y promoviendo una formación más integral de los estudiantes.

Por consiguiente, el propósito del siguiente ensayo es abordar la necesidad de transformar la enseñanza de la química desde un enfoque tradicional, fragmentado y descontextualizado hacia uno transdisciplinar, que integre diversas áreas del conocimiento en la enseñanza de la química, para resolver problemas complejos, como el cambio climático, la sostenibilidad energética, la gestión de recursos naturales, entre otros.

## Desarrollo

### Transdisciplinariedad y educación

La educación es considerada como el medio para la generación de conocimientos, la capacidad de socialización, el desarrollo de habilidades cognitivas y la creación de condiciones para el adecuado vivir del ser humano. Es por ello que el rol del docente como facilitador, que promueva una reflexión crítica desde la enseñanza de la química, es solo una parte para que los individuos puedan alcanzar el desarrollo de sus potencialidades y, por consiguiente, debe estar bien preparado tanto pedagógica como profesionalmente para enfrentar los múltiples retos que la educación demanda en la actualidad.

Asimismo, se requiere una nueva forma de

ver el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde se deben considerar cambios en el currículo, la didáctica y la evaluación de los aprendizajes, que permitan una mejor construcción y comprensión del conocimiento, a través de la innovación tecnológica y el desarrollo de habilidades complejas, ya que la concepción de la educación ha evolucionado significativamente, trascendiendo la visión tradicional de un proceso lineal y predecible de transmisión de información a facilitadores del aprendizaje, creando entornos activos y participativos.<sup>5</sup>

Actualmente, un enfoque que emerge como alternativa para cambiar el paradigma de la enseñanza tradicional es la transdisciplinariedad. Según Nicolescu,<sup>4</sup> la define como todo lo concerniente a aquello que está a la vez entre las disciplinas, a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina.

A diferencia de la multidisciplinariedad, donde varias disciplinas trabajan en paralelo en un mismo problema, o la interdisciplinariedad, donde las disciplinas interactúan y se influyen mutuamente, la transdisciplinariedad busca ir más allá de las disciplinas, trascendiendo sus fronteras para crear un nuevo marco de comprensión holística.

Su finalidad es la comprensión del mundo presente, es decir, la transdisciplinariedad es un enfoque de investigación y aprendizaje que aborda problemas complejos del mundo real mediante la integración y superación de las fronteras disciplinarias, integrando conocimientos, metodologías y perspectivas de otras áreas del saber, como las ciencias sociales e incluso conocimientos no científicos, para abordar problemas complejos contextualizados, que conlleven a un potencial transformador en la formación de ciudadanos críticos, capaces de abordar los complejos desafíos socio ambientales del siglo XXI.

En consecuencia, la praxis transdisciplinar del docente de química es un tema de creciente relevancia en el panorama educativo actual, impulsado por la

necesidad de abordar problemas complejos que trascienden las fronteras disciplinarias tradicionales. Este enfoque busca una comprensión holística de la realidad, integrando saberes de diversas áreas del conocimiento y promoviendo una formación más integral de los estudiantes.

### **La transdisciplinariedad en el contexto mundial, latinoamericano y venezolano**

A nivel mundial, la educación transdisciplinar se ha convertido en una gran preocupación, ya que algunos estudios como el de Gibbs<sup>6</sup> y Parra,<sup>7</sup> demuestran que la fragmentación del conocimiento en disciplinas aisladas limita en los estudiantes la capacidad para comprender y resolver los complejos desafíos del siglo XXI, como el cambio climático, la crisis energética, la salud global, la gestión de desechos sólidos, entre otros. Por ende, la química como ciencia tiene un papel fundamental para que el desarrollo y aplicación de este enfoque conlleve a los resultados deseados.

La importancia de una enseñanza transdisciplinar de la química permitiría al docente de química un mejor abordaje desde la complejidad y no limitarse a transmitir conceptosteóricos, sino que los contextualiza en problemas del mundo real que requieren la integración de conocimientos químicos con otras disciplinas, como la biología, física, ingeniería, ciencias sociales, economía, entre otras.<sup>8</sup>

Sin embargo, para poder integrar todos estos conocimientos, el docente de química debe ser capaz de colaborar con colegas de otras disciplinas, investigadores y actores sociales externos, que conlleven crear espacios de diálogo y de construcción del conocimiento.

Además, una enseñanza transdisciplinar fomentaría el pensamiento crítico y permitirá que los estudiantes comprendan cómo los fenómenos químicos están interconectados con sistemas más amplios (ambiente, sociedad, tecnología), promoviendo una visión holística y la capacidad de analizar causas y efectos en múltiples niveles, lo cual implicaría que la

química contribuiría a soluciones sostenibles de los problemas sociales del día a día para ello, debe considerar aspectos éticos, sociales y ambientales. Por consiguiente, Urquiza y Labraña,<sup>9</sup> plantean que la transdisciplinariedad explora metodologías activas y participativas que involucran a los estudiantes en la resolución de problemas auténticos, proyectos de investigación y experiencias de aprendizaje que permitan trascender la enseñanza tradicional.

En el contexto Latinoamericano, países como México, Colombia y Venezuela, la enseñanza transdisciplinar de la química se enfrenta a desafíos particulares como currículos tradicionales y fragmentados, puesto que muchos sistemas educativos latinoamericanos aún mantienen planes de estudio basados en la estructura disciplinar, lo que dificulta la integración de contenidos y la adopción de enfoques transdisciplinarios.<sup>10</sup> Además, cuentan con una formación docente limitada que no siempre incluye la preparación necesaria para implementar enfoques transdisciplinarios, lo que puede generar resistencia o falta de herramientas pedagógicas.<sup>11</sup>

Por su parte, Acevedo y Cruz<sup>12</sup> afirman que se requiere flexibilidad curricular y espacios de colaboración que permitan la comunicación y la constante reflexión de la praxis docente. Sin embargo, dicha región también presenta grandes oportunidades, caracterizada por una rica diversidad cultural, social y ambiental, lo que ofrece un terreno amplio para el abordaje de problemas desde perspectivas múltiples y para la incorporación de saberes locales y ancestrales.

Para Acevedo y Cruz,<sup>12</sup> Latinoamérica es una región que enfrenta desafíos socio-ambientales complejos, como la contaminación, la desigualdad, el uso indiscriminado de recursos naturales, entre otros, que demandan soluciones transdisciplinarias, donde la química puede aportar significativamente.

Además, la incorporación de saberes tradicionales y conocimientos ancestrales en la enseñanza de dicha disciplina

científica permite enriquecer la comprensión de fenómenos. Es por ello que el enfoque transdisciplinar favorecerá la investigación donde los docentes y estudiantes se involucrarán en la comprensión de problemas de su contexto cotidiano, generando conocimiento relevante y pertinente.

En Venezuela, la discusión sobre la transdisciplinariedad en la educación, incluida la enseñanza de la química, ha ganado terreno en los últimos años si bien su implementación presenta particularidades ligadas a la realidad socioeconómica y educativa del país, existen esfuerzos por promover una visión más integrada del conocimiento, especialmente en el marco de las reformas curriculares y el énfasis en una educación contextualizada y con pertinencia social.<sup>13</sup>

Asimismo, Carmona<sup>1</sup> comenta que la praxis transdisciplinar del docente de química puede ser un medio para abordar problemas como la gestión de residuos, la producción sostenible, la química en la industria petrolera o la salud pública, integrando el conocimiento químico con las particularidades del entorno, considerando no solo la teoría y la práctica, sino también los aspectos éticos y contextuales, que permitan la integración de contenidos y diálogo de saberes para un aprendizaje significativo que involucre la experiencia cotidiana.<sup>14</sup>

### **Enseñanza transdisciplinar de la química desde el currículo, didáctica y evaluación DAP**

Es evidente la necesidad de proponer un nuevo modelo educativo transdisciplinario para la enseñanza de la química, que se aleje de la visión fragmentada y se oriente hacia una comprensión holística y prospectiva. Esto implica repensar los planes de estudio (currículo), las estrategias pedagógicas (didáctica) y la evaluación para el aprendizaje.

En ese orden de ideas, la integración curricular, desde una perspectiva transdisciplinar, se define por la fusión de las distintas disciplinas en torno a un

conjunto de competencias que se espera que el estudiante desarrolle para afrontar con éxito situaciones de la vida cotidiana y del ámbito laboral.

En este sentido, Medina y Graffe,<sup>15</sup> proponen que la transdisciplinariedad en el currículo implica la incorporación de enfoques metodológicos que no se limitarán a la solución de problemas desde una única perspectiva disciplinar, sino que buscarán integrar la tríada ciencia-tecnología-sociedad de manera colectiva. Por lo tanto, el currículo transdisciplinario debe integrar conocimientos y perspectivas provenientes de una variedad de disciplinas, evitando la fragmentación del saber.

Esto implica diseñar el currículo en torno a núcleos temáticos o problemas complejos que inherentemente superarán los límites de una única disciplina, permitiendo una educación cada vez más holística y creativa, donde los estudiantes se convertirán en participantes activos de su propio proceso de aprendizaje.

Sin embargo, en Venezuela se han realizado algunos intentos desde el punto de vista curricular, el más actualizado es el presentado por el Ministerio del Poder Popular para la Educación (MPPE)<sup>16</sup> en donde propone un currículo integrado y actualizado con continuidad curricular en los procesos cognitivos, afectivos, axiológicos y prácticos de los estudiantes, siendo la interdisciplinariedad un elemento fundamental para impulsar la relación entre las diversas áreas de formación, en donde la química representa un área que se debe cursar desde el primer año hasta el quinto año.

Su principal objetivo es comprender la realidad socio-ambiental mediante el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, el comunicar, el hacer, el sentir y el participar.<sup>16</sup>

Según Zamora,<sup>17</sup> la interdisciplinariedad puede ser una etapa previa o un componente de la transdisciplinariedad, ya que la integración de disciplinas es un requisito para poder trascenderlas y sumar

otras formas de saber. Además, el enfoque transdisciplinar busca una comprensión global y unificada de la realidad para la resolución de problemas que afectan a la sociedad.<sup>18</sup>

En otras palabras, ambas son complementarias en la búsqueda de un conocimiento más completo y contextualizado, donde se puede comenzar un proyecto con un enfoque interdisciplinario y, a medida que se profundiza en la complejidad del problema y se involucran más actores, se lograría evolucionar hacia una perspectiva transdisciplinar.

Desde esta perspectiva, Garzón<sup>19</sup> menciona que, para llevar a cabo una efectiva integración transdisciplinar, se debe considerar desarrollar currículos estructurados en función de temas o problemas que sean relevantes para el mundo real, en donde la investigación sea uno de sus ejes, y realizar de esta manera la transición desde una enseñanza tradicionalista hacia un enfoque centrado en problemas o temas del mundo real que, por su propia naturaleza, requieren la convergencia de diversas visiones.

En relación a la didáctica transdisciplinar, esta busca trascender los límites tradicionales de las áreas de formación o asignaturas y de esta manera abordar los fenómenos sociales y naturales desde múltiples visiones. No se trata solo de enseñar química, sino de enseñar cómo esta disciplina se relaciona con otras áreas como la biología, la física, la sociología, la economía e incluso la ética, a través del estudio de problemas complejos y situaciones auténticas.<sup>20</sup>

En los estudiantes, esto conllevará a comprender la relevancia de la misma con su entorno y la sociedad, superando la visión tradicional de su enseñanza como un conjunto de fórmulas y ecuaciones descontextualizadas que solo se deben memorizar sin darle una aplicación real.

De esta manera, la didáctica transdisciplinar se caracteriza por el empleo de metodologías activas que involucran a los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Por lo cual, es fundamental promover un cambio

cualitativo en la forma en que se aborda el objeto de la enseñanza-aprendizaje, incentivando el desarrollo de habilidades esenciales como el pensamiento crítico, la capacidad para resolver problemas, la comunicación efectiva, el trabajo colaborativo, la adaptabilidad a diferentes situaciones y la conciencia intercultural.<sup>10</sup>

Para Santaella y Ruiz,<sup>3</sup> algunos de los métodos didácticos esenciales vinculados con la transdisciplinariedad, son el aprendizaje basado en problemas, cuyo objetivo principal es que los estudiantes desarrollen la capacidad de pensar de manera autónoma dentro del marco de la sostenibilidad, en lugar de simplemente memorizar información.

Otras como la discusión, entendida como una comunicación dialógica que involucra la interacción con la realidad, con los otros y con la propia conciencia. Además del trabajo en equipo, en donde ellos se comprometan con un objetivo común, lo que conduce a una mejor comprensión de los contenidos, para lo cual es fundamental aprovechar las oportunidades que ofrece el entorno y establecer así vínculos concretos entre la química y la vida real.

Así, la didáctica transdisciplinaria en la enseñanza de la química se distingue por un enfoque pedagógico que es inherentemente activo y centrado en el estudiante, donde la resolución de problemas que tienen relevancia en el mundo real y la colaboración interdisciplinaria son elementos fundamentales.<sup>10</sup> Sin embargo, su implementación requiere docentes capacitados en estrategias pedagógicas innovadoras y una evaluación que vaya más allá de lo disciplinar, aspectos clave para que este modelo trascienda el discurso teórico y se concrete en el aula.

Al respecto, Tobón<sup>21</sup> argumenta que la implementación de la didáctica transdisciplinaria en la enseñanza de la química debe estar centrada en el abordaje de problemas complejos y fenómenos del mundo real que permitan al estudiante vincular los conocimientos con su contexto, en lugar de impartir temas de forma aislada

y descontextualizada, y para ello, se requiere una integración de la química y sus conocimientos con otras áreas.

Un ejemplo de un tema real, que se puede abordar desde la didáctica transdisciplinaria, puede ser el estudio de la contaminación ambiental y sus efectos (acidificación de océanos, efecto invernadero, entre otros).

Dicho tópico, puede abordarse desde una perspectiva química, en la que se pueden hablar de contenidos como reacciones. Desde la biología, se puede hablar del impacto en ecosistemas y sus implicaciones en nuestro estilo de vida. Desde una visión social, se pueden abordar temas como las políticas públicas, el consumo responsable y sus implicaciones económicas en referencia a los costos de remediación y del desarrollo sostenible.

Por ende, ofrece un marco necesario para cambiar y mejorar la enseñanza de la química, ya que, al trascender las fronteras disciplinarias y conectarla con problemas del mundo real, los estudiantes desarrollarán una comprensión más significativa, así como las habilidades esenciales para el siglo XXI.

Es importante considerar que los beneficios a largo plazo en la formación de ciudadanos críticos, creativos y comprometidos con la resolución de los problemas de su entorno justifican plenamente el esfuerzo de transformar la praxis educativa hacia un enfoque más integrado y relevante.

Por otra parte, la evaluación de los aprendizajes en el contexto de la enseñanza transdisciplinaria es considerada como un proceso complejo que plantea una serie de retos y desafíos, debido a la naturaleza holística e integradora que caracteriza a este enfoque pedagógico.

Aquí es vital valorar la capacidad de fusión de los conocimientos provenientes de diversas disciplinas por parte de los estudiantes y aplicarlos de manera efectiva en la resolución de problemas complejos, a través de la implementación de métodos de evaluación que trasciendan la simple memorización de contenidos.<sup>3</sup>

De hecho, para evaluar se pueden implementar diversos tipos y estrategias, entre estas la evaluación formativa, que permite monitorear el progreso de los estudiantes en el desarrollo de habilidades transdisciplinarias a lo largo de todo el proceso de aprendizaje.

Asimismo, la asignación de proyectos, el análisis de estudios de caso y la resolución de problemas reales que demanden la aplicación integrada de conocimientos de diferentes disciplinas.<sup>22</sup>

Al respecto, Wiggins y McTighe<sup>23</sup> sostienen que la evaluación para los aprendizajes debe realizarse en situaciones reales o simuladas y que conlleven a la aplicación de conocimientos y habilidades en un contexto significativo. Esto implica, no centrarse en el empleo de pruebas de lápiz y papel que no permiten acercarse a proyectos, estudios de caso o desafíos que reflejen la complejidad del mundo real.

Dicho proceso debe ser formativo, pues la evaluación no debe ser considerada como un fin, sino como un medio para el crecimiento

## Conclusiones

La enseñanza de la química debe adaptarse a las nuevas exigencias del mundo cambiante, dejar de ser un cúmulo de contenidos sin sentido para los estudiantes y transformar su enseñanza en una disciplina que se vincule con otras para la resolución de problemas de la vida cotidiana, es decir, cambiar ese paradigma disciplinar de transmisión de conocimientos y aplicar nuevos enfoques que permitan ir más allá de las fronteras disciplinares y así crear un nuevo marco de comprensión holística, como el que ofrece la transdisciplinariedad.

Para un docente de química, esto se traduce en una conexión con los problemas complejos y reales como el cambio climático, la contaminación ambiental, la salud o la producción de energía, que conllevan a ser abordados no solo desde una perspectiva disciplinar, sino que considera sus implicaciones sociales, económicas, éticas y políticas, generando así un verdadero impacto social. En otras palabras, no limitar la enseñanza de dicha disciplina científica solamente a conceptos, sino establecer puentes con otras áreas de formación que permitan a los estudiantes comprenderla no como un conjunto aislado, sino como una parte integral de sistemas más amplios.

Además, la aplicación de dicho enfoque conlleva al desarrollo de competencias claves, pues ayudará a fomentar en los estudiantes habilidades: pensamiento crítico, comunicación efectiva, trabajo en equipo y la resolución de problemas complejos. Que permitirán preparar a los estudiantes para enfrentar un mundo complejo en constante cambio, donde la capacidad de conectar ideas y colaborar es primordial. Es importante mencionar, que para lograr fomentar dichas competencias el rol del docente como investigador y mediador

del estudiante. Debe ser un proceso continuo que permita conocer al estudiante sobre su progreso y retroalimentarlo, identificando fortalezas y áreas que debe mejorar a lo largo de todo el proceso de aprendizaje.<sup>24</sup>

Por su parte Morales,<sup>22</sup> agrega que la autoevaluación y la coevaluación pueden ser utilizadas como herramientas valiosas para fomentar la reflexión de los estudiantes sobre su propio aprendizaje y el de sus compañeros dentro de contextos transdisciplinarios.

Para ello, se deben desarrollar rúbricas de evaluación que definan de manera precisa los criterios que se utilizarán para valorar su desempeño en tareas transdisciplinarias, considerando la integración de conocimientos, el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y la capacidad de colaboración efectiva.

Así pues, la evaluación transdisciplinar desde la enseñanza de la química debe centrarse en la valoración de competencias complejas, como el pensamiento crítico y la resolución de problemas en contextos que reflejan la realidad.<sup>3</sup>

es fundamental, ya que se convierte en un facilitador que guía a los estudiantes a explorar, cuestionar y construir conocimientos. Para ello, debe hacer una constante reflexión sobre su propia práctica y la búsqueda de metodologías innovadoras.

Desde el currículo, dicho enfoque debe centrarse en problemas o temas del mundo real que, por su propia naturaleza, requieren la convergencia de múltiples perspectivas, enmarcado en el empleo de metodologías activas que involucran a los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje. Es decir, se debe estructurar en torno a problemas y desafíos del mundo real que requieren una mejor comprensión para que los estudiantes puedan ver la relevancia de la química en su vida y en la sociedad, al mismo tiempo que desarrollan habilidades y destrezas.

En Venezuela, la implementación de un enfoque integrador en la enseñanza de la química se enfrenta a una serie de desafíos, pues para el diseño de un currículo se deben considerar algunos aspectos, entre ellos la formación docente, fundamental para facilitar experiencias de aprendizaje transdisciplinares, lo que requiere una capacitación constante en metodologías activas y en la integración de contenidos de diversas áreas. Es decir, no es solo diseñarlo, sino dotar a los docentes del conocimiento y las herramientas necesarias para que la aplicación del mismo sea verdaderamente aprovechada.

Por otro lado, la evaluación de los aprendizajes en la enseñanza transdisciplinar de la química es un desafío complejo, pero fundamental para garantizar una comprensión holística real y aplicada de la disciplina, pues, a diferencia de los enfoques tradicionales que se centran en la memorización de conceptos fórmulas, este enfoque debe centrarse en la valoración de competencias complejas, como la integración de conocimientos, el pensamiento crítico y la resolución de problemas en contextos que reflejan la realidad y, por tanto, generar una visión más compleja, integral y versátil, superando aspectos puntuales del proceso evaluativo.

También se debe considerar evaluar de manera integral el aprendizaje de los estudiantes, desarrollando estrategias de evaluación auténticas que valoren la capacidad de los mismos para integrar conocimientos provenientes de diferentes disciplinas y aplicarlos de manera efectiva en la resolución de problemas complejos, como proyectos de investigación y desarrollo, estudios de casos, en donde se valore la capacidad de análisis e identificación de variables relevantes para proponer soluciones fundamentadas y justificadas.

Finalmente, para que la aplicación de dicho enfoque pedagógico sea fructífera, es indispensable promover la formación continua y reflexiva del docente en el ámbito de la transdisciplinariedad y que esta vaya de la mano con el currículo, la didáctica y la evaluación de los aprendizajes, con el objetivo de que los profesores desarrollen las habilidades y la comprensión necesarias para su implementación pedagógica de manera efectiva en sus aulas y dar un paso importante hacia una educación más relevante, significativa y efectiva, que prepare a los estudiantes para los desafíos complejos del siglo XXI.

## Referencias

- 1.- Carmona, M. (2004). Transdisciplinariedad: Una propuesta para la Educación Superior en Venezuela. *Revista de Pedagogía*, 25(73), 59-70. Disponible: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So798-97922004000200007&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So798-97922004000200007&lng=es&tlng=es) [Consulta: 2025, noviembre 16].
- 2- Morín, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa
- 3- Santaella, A.; Ruiz, E. (2023). La transdisciplinariedad educativa: análisis del marco conceptual, metodologías, contexto y medición. *Revista Iberoamericana de Educación*,

- 92(1), 15-28. Disponible: <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-de-san-carlos-de-guatemala/teorias-del-aprendizaje/aviseras5747-nothing/119005791> [Consulta: 2025, noviembre 15].
- 4- Nicolescu, B. (2013). La necesidad de la transdisciplinariedad en educación superior. *Trans-Pasando Fronteras*, 3, 23-30. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4947784.pdf> [Consulta: 2025, junio 24].
  - 5- López, M.; Moreno, E.; Uyaguari, J.; y Barrera, M. (2022). El Desarrollo del Pensamiento Crítico en el Aula: Testimonios de Docentes Ecuatorianos de Excelencia. *Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación*, 8(15), 161-180. Disponible: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2443-45662022000100161](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2443-45662022000100161) [Consulta: 2025, abril 17].
  - 6- Gibbs, P. (2017). *Transdisciplinary Higher Education: A Theoretical Basis Revealed in Practice*. Springer.
  - 7- Parra, J. (2022). Modelo Transdisciplinario para la Enseñanza de la Química desde la Visión Prospectiva de los Docentes de Instituciones de Educación Secundaria. UPEL. [Tesis Doctoral]. Disponible: <https://espacio.digital.upel.edu.ve/index.php/TD/article/view/187> [Consulta: 2025, junio 22].
  - 8- Morín, E. (2008). *El método VI: Ética*. Ediciones Cátedra.
  - 9- Urquiza, A.; Labraña, J. (2022). *Inter-ytransdisciplina en la educación superior universitaria: reflexiones desde América Latina*. Universidad de Chile. Disponible: <https://libros.uchile.cl/1293> [Consulta: 2025, noviembre 18].
  - 10- Salgado, G.; Aguilar, M. (2021). Hacia la transformación de los estudiantes: un proceso transdisciplinario para la educación superior. *RIDE*. 12 (23). Disponible: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000200138&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672021000200138&script=sci_abstract) [Consulta: 2025, noviembre 19].
  - 11- Toledo, G. (2021). La formación del profesorado universitario y algunas de sus tendencias de cara al siglo XXI. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(3), 00004. Disponible: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78902021000200004](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78902021000200004) [Consulta: 2025, noviembre 16].
  - 12- Acevedo, A.; Hofmann, S.; Cruz, J. (2020). Holistic competence orientation in sustainability-related study programmes: lessons from implementing transdisciplinary student team research in Colombia, China, Mexico and Nicaragua. *Sustainability Science*, 15, 233–246. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-019-00687-8> [Consulta: 2025, noviembre 15].
  - 13- Rodríguez, M. (2021). La transdisciplinariedad en la educación universitaria: Visiones rizomáticas de la educación decolonial transcompleja. *Ciências em Foco*. Disponible: <https://econtents.sbu.unicamp.br/inpec/index.php/cef/article/view/14761> [Consulta: 2025, noviembre 18].
  - 14- Izquierdo, M. (2004). Un enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136. Disponible: <https://www.aqa.org.ar/images/anales/pdf9246/9246art13.pdf> [Consulta: 2025, noviembre 16].

- 15- Medina, I.; Graffe, G. (2023). Transdisciplinariedad en el currículo de postgrado. Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación, 9(17), 171-190. Disponible: [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2443-45662023000100171&script=sci\\_abstract](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S2443-45662023000100171&script=sci_abstract) [Consulta: 2025, noviembre 16].
- 16- Ministerio del Poder Popular la Educación (MPPE, 2023). Plan de Estudios para la Educación Media General en la Mención de Ciencia y Tecnología (2023). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 42738, octubre, 2023
- 17- Zamora, J. (2019). La transdisciplinariedad: de los postulados de Nicolescu al pensamiento complejo de Morín y su repercusión en el ámbito educativo. Revista Ensayos Pedagógicos Vol. XIV, N.º 2, 65-82. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7211868>
- 18- Acosta, J. (2016). Interdisciplinariedad y transdisciplinariedad: perspectivas para la concepción de la universidad por venir. Alteridad. Revista de Educación, Vol. 11, No. 2. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467749196001> [Consulta: 2025, noviembre 15].
- 19- Garzón, J. (2025). Integración curricular para una educación del siglo XXI: una revisión de literatura. Eduscientia. Divulgación De La Ciencia Educativa, 15, 170-193. Disponible: <https://eduscientia.com/index.php/journal/article/view/573> [Consulta: 2025, noviembre 16].
- 20- Morín, E. (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Santillana/Unesco. Recuperado de <https://bit.ly/44Qo2Af>
- 21- Vidaña, E.; Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias: Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación. Revista Interamericana de Educación de Adultos, 32(2), 90-95. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457545095007> [Consulta: 2025, noviembre 17].
- 22- Morales, P. (2003). Metodologías Activas en la Enseñanza de la Química General. Revista De Química, 17(1-2), 39-50. Disponible: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18658> [Consulta: 2025, noviembre 16].
- 23- Wiggins, G.; McTighe, J. (2005). Understanding by design. (Expanded 2nd ed). Association for Supervision and Curriculum Development. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305749845011> [Consulta: 2025, noviembre 17].
- 24- Black, P.; Wiliam, D. (1998). Inside the Black Box: Raising Standards Through Classroom Assessment. Phi Delta Kappan, 80(2), 139-148. Disponible: <https://es.scribd.com/document/354694859/black-and-william-assessment> [Consulta: 2025, noviembre 15].

# Normas para los autores

## Normas para los autores

El idioma oficial de la revista es el español, aunque podría considerarse artículos en idioma inglés para que alcance una mayor audiencia,

## Criterios de Evaluación y Condiciones

### Generales:

Las contribuciones técnicas que se publiquen deberán estar enmarcadas en los requisitos fijados por la presente norma y aceptadas por el Comité Editorial. Los trabajos publicados en RITE son de su propiedad intelectual, con las excepciones que se estipulan en el Convenio de Publicación y no podrán ser reproducidas por ningún medio sin la autorización escrita del comité editorial.

Los autores deberán indicar, al final del manuscrito, nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo correo electrónico

### Contribuciones

El comité editorial acepta siete tipos de contribuciones para publicación: Artículos técnicos, artículos de ingeniería aplicada, comunicaciones, revisiones, notas técnicas, ensayos y artículos de difusión.

### Artículos Técnicos:

Son aquellas contribuciones que además de informar novedades y adelantos en las especialidades que abarca RITE, son el resultado de un trabajo de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte relevante en Ciencia, Tecnología e información para su difusión.

### Artículos de ingeniería aplicada y educación:

Son el resultado de trabajos de grado (Especialización, Maestría y Doctorado) o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial y en educación.

### Comunicaciones:

Son reportes de resultados originales de investigaciones de cualquier campo de la educación, las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrá ser de hasta 10 cuartillas.

### **Revisiones:**

Son artículos solicitados por invitación del comité editorial y comentan la literatura más reciente sobre un tema especializado en particular.

### **Notas Técnicas:**

Son aquellas contribuciones producto de investigación destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca RITE. Podrán presentarse en una extensión máxima de diez (10) cuartillas, incluyendo figuras y tablas, las que deberán cumplir las condiciones que para ellas se establezca.

### **Artículos de difusión:**

Son aquellos que reportan una idea con hechos de actualidad, relacionada con la proyección de la revista, sin entrar en detalles. El comité editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos técnicos, de educación y los de ingeniería aplicada consignados para publicación, después de consultar por lo menos a dos árbitros.

### **Ensayos:**

Son textos que analizan, interpretan o evalúan un tema de investigación en particular. Debe presentar argumentos y opiniones sustentadas. Los artículos remitidos para su publicación tienen que ser inéditos. No serán aceptados aquellos que contengan material que haya sido reportado en otras publicaciones o que hubieran sido ofrecidos por el autor o los autores a otros órganos de difusión nacional o internacional para su publicación.

### **Normas para la presentación de artículos y documentos:**

Todas las contribuciones deberán prepararse en procesador de palabras Microsoft office Word a espacio 1,5 en papel tamaño carta, tipo de letra Arial 12, con todos los márgenes de 2,5 cm, anexando su versión digital.

Los artículos técnicos, los de educación y los de ingeniería aplicada deberán tener una extensión mínima de 10 páginas y un máximo

de 20 (excepto para las revisiones, que no tendrán límites de páginas), incluyendo ilustraciones (figura + tablas)

### **Composición**

Los artículos técnicos y de ingeniería aplicada deberán ordenarse en las siguientes secciones: título en español, nombre completo de autores, resumen en español y palabras clave, título en inglés, resumen en inglés (Abstract) y (Key words), introducción, desarrollo, conclusiones, referencias bibliográficas.

### **Título en español:**

Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, formulas ni caracteres desconocidos, que contenga la menor cantidad de palabras que expresen el tema que trata el artículo y pueda ser registrado en índices internacionales. El autor deberá indicar también un título más breve para ser utilizado como encabezamiento de cada página.

### **Nombre completo de los autores:**

Además de indicar nombre y apellido de los autores, en página aparte se citará título académico, lugar de trabajo, cargo y dirección completa, incluyendo teléfono y correo electrónico.

### **Resumen en español y palabras clave:**

Señalando en forma concisa los objetivos, metodología, resultados y conclusiones más relevantes del estudio, con una extensión máxima de 250 palabras. No debe contener abreviaturas ni referencias bibliográficas y su contenido se debe poder entender sin tener que recurrir al texto, tablas y figuras. Al final del resumen incluir de 3 a 5 palabras clave que describan el tema del trabajo, con el fin de facilitar la inclusión en los índices internacionales.

### **Títulos, resumen y palabras en inglés:**

(Abstract y keywords). Es la versión en inglés de título, resumen y palabras clave en español.

**Introducción:**

En ella se expone el fundamento del estudio, el estado del arte en forma concisa, planteamiento del problema y objetivo del trabajo.

**Cuerpo del Artículo:**

Se presenta en diversas secciones:

**Métodos y Materiales:**

Donde se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, las especificaciones técnicas de los materiales, cantidades y métodos de preparación.

**Resultados:**

Donde se presenta la información pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

**Discusión:**

Donde se examinarán e interpretarán los resultados que permitan sacar las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan.

**Conclusiones:**

En este aparte se resume, sin mencionar los argumentos que las soportan, los logros extraídos en la discusión de los resultados, expresadas en frases cortas y breves.

**Referencias Bibliográficas:**

Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles, las referencias deben ser citadas y numeradas secuencialmente en el texto con números arábigos entre corchetes. (Sistema orden de citación), al final del artículo se indicarán las fuentes, como se expresa a continuación, en el mismo orden en que fueron citadas en el texto, según se trate de:

**Libros:**

Autor (es) (apellidos e iniciales de los nombres). título, número de tomo o volumen (si hubiera más de uno), número de edición (2da en adelante), lugar de edición, ciudad, nombre de la editorial, número(s) de páginas(s), año.

**Artículos de revistas:**

Autor(es) del artículo (apellido e iniciales de los nombres), año, título del artículo, nombre de la revista, número de volumen, número del ejemplar, número(s) de páginas(s).

**Trabajos presentados en eventos:**

Autor(es), (apellido e iniciales de los nombres), título del trabajo, nombre del evento, fecha, número(s) de página (s).

**Publicaciones en medio electrónicos:**

Si se trata de información consultada en internet, se consignarán todos los datos como se indica para libros, artículos de revistas y trabajos presentados en eventos, agregando página web y fecha de actualización; si se trata de otros medios electrónicos, se indicarán los datos que faciliten la localización de la publicación.

**Ilustraciones:**

Incluir en el texto un máximo de 12 (doce) ilustraciones (figuras y tablas).

**Figuras:**

Todos los gráficos, dibujos, fotografía, esquemas deberán ser llamados figuras y enumerados con números arábigos en orden correlativo, con la leyenda explicativa que no se limite a un título o a una referencia del texto en la parte inferior y ubicadas inmediatamente después del párrafo en que se cita en el texto. Las fotografías deben ser nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras.

### **Tablas:**

Las tablas deberán enumerarse con números arábigos y leyendas en la parte superior y ubicarse inmediatamente después del párrafo en el que se citan en el texto. Igual que para las figuras, las leyendas deberán ser explicativas y no limitarse a un título o a una referencia del texto.

### **Unidades:**

Se recomienda usar las unidades del sistema métrico decimal, si hubiera necesidad de usar unidades del sistema anglosajón (pulgadas, libras, etc.), se deberán indicar las equivalencias al sistema métrico decimal.

### **Siglas y abreviaturas:**

Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

### **Fórmulas y ecuaciones:**

Los artículos que contengan ecuaciones y fórmulas en carácter arábico deberán ser generados por editores de ecuaciones actualizados con numeración a la derecha.

### **Normas técnicas del diseño**

#### **Diseño y versión:**

#### **Formato electrónico.**

Debe respetarse la diagramación establecida y los originales publicados en las ediciones de esta Revista; son propiedad del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes, siendo necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

#### **Sitio Web**

Web Repositorio Institucional SaberULA ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

### **Dirección institucional**

Dirección institucional Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía - 5145- Edo. Mérida.

**Contactos Tel:** 0275-8817920/0414-0078283

**E-mail:** [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

**E-mail:** [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

# Instructions for authors

## Instructions for authors

The official language of the journal is Spanish, although it could be considered papers in English to reach a wider audience.

## Evaluation Criteria and Conditions

### General:

The technical contributions that are published must be framed in the requirements established by this standard and accepted by the Editorial board.

The works published in RITE are its intellectual property, with the exceptions that are stipulated in the Publication Agreement and may not be reproduced by any means without the written authorization of the editorial board.

Authors must indicate, at the bottom of the manuscript first and last name, academic title, place of work, position they hold and full address, including email

## Contributions

The editorial board accepts seven types of contributions for publication:

Technical papers, applied engineering papers, short communications, reviews, technical notes, essays and diffusion papers.

## Technical Papers:

Are those contributions that, in addition to informing news and advances in the specialties covered by RITE, are the result of a research work, either bibliographic or experimental, in which results have been obtained, discussed, leading to reliable conclusions, that mean a relevant contribution in Science, Technology and information.

## Papers of applied engineering and education:

They could be the result of graduate thesis (Specialization, Master degree and Doctorate) or research in the academic and industrial field, either experimental and / or theoretical, that means a technological contribution for solving specific problems in the industrial sector and in education.

## Communications:

These are reports of original research resulting from any field of education, basic or applied sciences, aimed at a specialized audience. It could cover up to 10 pages.

## Reviews:

These are papers requested, by invitation, of the editorial board and comment on the most

recent literature on a particular specialized topic.

### **Technical notes:**

Are those contributions produced by research aimed at informing news and / or advances in the subjects covered by RITE. They may be submitted in a maximum length of ten (10) pages, including figures and tables, which must meet the conditions previously established for them.

### **Diffusion papers:**

Are those that report an idea including current events, related to the projection of the journal, without going into details.

### **Essays:**

These are texts that analyze, interpret or evaluate a particular research topic. Supported arguments and opinions are requested.

The editorial board reserves the right to select technical, educational and applied engineering papers consigned for publication, after consulting, at least, two reviewers.

Papers submitted for publication must be unpublished before. Those papers containing material that has been reported elsewhere or that have been offered by the author or authors to other national or international broadcasting bodies for publication will not be accepted.

### **Rules for submitting papers and documents:**

All contributions must be prepared using Microsoft office Word processor at 1.5 spacing on letter size paper, Arial 12, with all margins at 2.5 cm, their digital version should be sent as an attachment.

All papers, should have a minimum of 10 and a maximum of 20 pages (except for the reviews that have a free number of pages), including illustrations (figure + tables).

### **Composition:**

All papers must be divided as follows:

Titles in English and Spanish, Full name of authors and affiliation institution, abstract and keywords in English and Spanish, introduction, development, conclusions, acknowledgements and bibliographic references.

### **Title:**

It must be brief, precise and codable, without abbreviations, parentheses, formulas or unknown characters. It should contain the fewest words that express the subject of the paper and enable its registration in the international indexes. The author should also indicate a shorter title to be used as the heading for each page.

### **Full name of the authors:**

In addition to indicating the name and surname of the authors, on a separate page the academic title, place of work, position and full address will be cited, including telephone and email.

### **Abstract and keywords:**

They must, Concisely, mean the objectives, methodology, results and most relevant conclusions of the study, with a maximum length of 250 words. It should not contain abbreviations or bibliographic references and its content should be understandable without having to resort to the text, tables and figures. At the end of the abstract, include 3 to 5 keywords that describe the subject of the work, in order to facilitate inclusion in international indexes

### **Titles, abstract and words in English:**

(Abstract and keywords). It is the English version of the title, abstract and keywords in Spanish. Introduction: It presents the foundation of the study, the state of the art in a concise way, statement of the problem and objective of the work.

### **Body of the paper:**

It is presented in various sections:

### **Methods and Materials:**

Where the research design is described and how it was carried out, the technical specifications of the materials, quantities and preparation methods are explained.

### **Results:**

Where the information pertinent to the objectives of the study and the findings are presented in logical sequence.

**Discussion:** Where the results will be examined and interpreted that allow drawing the Conclusions derived from those results with the respective arguments that support them.

### **Conclusions:**

This section summarizes, without mentioning the supporting arguments, the achievements obtained in the discussion of the results, expressed in short and brief sentences.

### **Bibliographic References:**

Avoid any reference to communications and private documents of limited diffusion, not universally accessible, the references should be cited and numbered sequentially in the text with Arabic numbers in brackets. (Citation order system), at the end of the paper, the sources will be indicated, as expressed below, in the same order in which they were cited in the text, depending on whether they are:

#### **Books:**

Author (s) (surnames and initials of the names). title, volume or volume number (if there is more than one), edition number (2nd onwards), place of publication, city, name of the publisher, number (s) of pages (s), year.

#### **Journal papers:**

Author (s) of the paper (surname and

initials), year, paper title, journal name, volume number, issue number, number (s) of pages (s).

Contributions to congresses and symposia Author (s), (surname and initials of the names), title of the work, name of the event, date, number (s) of page (s).

### **Publications in electronic media:**

If it is information consulted on the internet, all the data will be consigned as indicated for books, journal papers and papers presented at events, adding a website and update date; If it is other electronic means, the data that facilitate the location of the publication will be indicated. Illustrations: Include in the text a maximum of 12 (twelve) illustrations (figures and tables).

### **Figures:**

All graphics, drawings, photographs, diagrams must be called figures and numbered with Arabic numbers in correlative order, with the explanatory legend that is not limited to a title or a text reference at the bottom and located immediately after the paragraph in which it is cited in the text. Photographs must be sharp and well contrasted, without areas that are too dark or extremely light.

### **Tables:**

Tables must be numbered with Arabic numbers and legends at the top and immediately after the paragraph in which they are cited in the text. As for the figures, the legends should be explanatory and not limited to a title or a text reference.

### **Units:**

It is recommended to use the units of the metric system, if there is a need to use units of the Anglo-Saxon system (inches, pounds, etc.), the equivalents in the metric system must be indicated.

### **Acronyms and abbreviations:**

If little-known acronyms and abbreviations are used, their meaning will be indicated the

first time they are mentioned in the text and, after that, the acronym or abbreviation will be enough.

### **Formulas and equations:**

Papers that contain equations and formulas in Arabic must be generated by updated equation editors with numbering on the right hand side.

### **Technical standards for design and version:**

Electronic format. The established layout must be respected and the originals published in the editions of this Journal are the property of the Council for Scientific, Humanistic, Technological and Arts Development (CDCHTA) of the University of The Andes, being necessary to cite the origin in any partial or total reproduction.

### **Web Site:**

SaberULA Institutional Repository ([www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)).

### **Institutional Directorate:**

Hacienda Judibana. Kilometer 10, La Pedregosa Sector. The Watcher - 5145- Edo. Mérida

### **Contacts Tel:**

0275-8817920 / 0414-0078283

E-mail: [rite@ula.ve](mailto:rite@ula.ve)

E-mail: [riteula2017@gmail.com](mailto:riteula2017@gmail.com)

*Esta versión electrónica de **La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**, se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición electrónica en el **Volumen 9, N° 1**, publicada en el repositorio institucional saberula Universidad de Los Andes – Venezuela*  
*[www.saber.ula.ve](http://www.saber.ula.ve)*  
*[info@saber.ula.ve](mailto:info@saber.ula.ve)*

*El Consejo de Desarrollo, Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de la ULA es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos, humanísticos y de las artes*



## **Objetivos Generales del CDCHTA**

El CDCHTA de la Universidad de Los Andes desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y a su generación de relevo.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionando la docencia con la investigación.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.

## **Objetivos Específicos**

- Proponer políticas de investigación y de desarrollo científico, humanístico y tecnológico para la Universidad y presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Presentar a los Consejos de Facultad y Núcleos Universitarios, a través de las comisiones respectivas, proposiciones para el desarrollo y mejoramiento de la investigación en la Universidad.
- Estimular la producción científica (publicaciones, patentes) de los investigadores, creando para ello una sección que facilite la publicación de los trabajos científicos.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y evaluación de la investigación y proponer la creación de premios, menciones, certificaciones, etc., que sirvan de estímulo para la superación de los investigadores.
- Emitir opinión a solicitud del Consejo Universitario, sobre los proyectos de creación, modificación, o su presión de centros o institutos de investigación.
- Elevar opinión ante el Consejo Universitario, previa recomendación de las comisiones, sobre los proyectos de convenio con otras instituciones para propiciar el desarrollo de la investigación.

## **Estructura**

- Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

## **Proyectos.**

- Seminarios.
- Publicaciones.
- Talleres y Mantenimiento.
- Apoyo a Unidades de Trabajo.
- Equipamiento Conjunto.
- Promoción y Difusión.
- Apoyo Directo a Grupos (ADG).
- Programa Estímulo al Investigador (PEI).
- PPI-Emeritus.
- Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento.
- Proyectos Institucionales Cooperativos.
- Aporte Red Satelital.
- Gerencia.