

# Laccase: enzima oxidasa para biorremediación, decoloración textil, polifenoles, biomasa y aplicaciones alimentarias

Equipo de investigación de Enzymes.bio · Wellington, Nueva Zelanda · June 21, 2026

La **laccase** o **lacasa** es una enzima oxidasa multicobre que transforma compuestos fenólicos, aminas aromáticas, colorantes y estructuras relacionadas con lignina mediante transferencia de electrones al oxígeno, que se reduce a agua. En aplicaciones B2B, la laccase enzyme se estudia y utiliza en biorremediación, decoloración de efluentes, manejo de polifenoles en bebidas y alimentos, modificación de biomasa lignocelulósica y química verde, siempre con desempeño dependiente de la matriz y de las condiciones reales del proceso <sup>[1]</sup>.

## Qué es la laccase y por qué interesa en procesos industriales

La laccase pertenece a la familia de las oxidasas multicobre. Su sitio catalítico contiene centros de cobre que coordinan una reacción redox: la enzima oxida sustratos orgánicos mediante extracciones de un electrón y transfiere esos electrones al oxígeno molecular. En términos estequiométricos generales, el ciclo catalítico permite que varias oxidaciones monoelectrónicas de sustratos se acoplen a la reducción de oxígeno a agua, lo que explica por qué la laccase reaction se considera atractiva en procesos que buscan reducir el uso de oxidantes químicos más agresivos <sup>[2]</sup>.

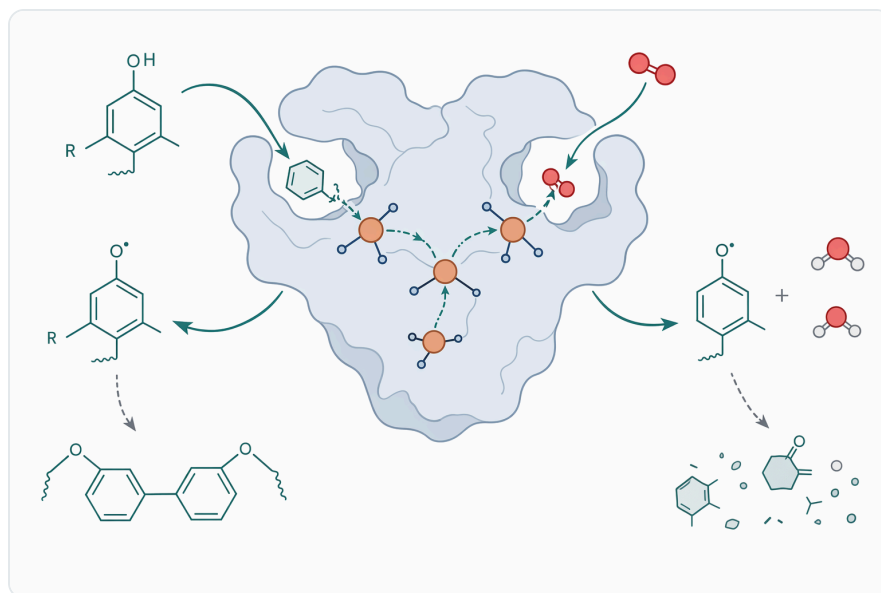
Su valor industrial no reside en que “oxide cualquier cosa”, sino en que puede actuar sobre familias químicas frecuentes en matrices industriales: fenoles simples, polifenoles, anilinas, aminas aromáticas, compuestos de lignina y numerosos colorantes. Cuando el sustrato es adecuado, la oxidación genera radicales que pueden continuar por rutas de acoplamiento, polimerización, ruptura parcial, pérdida de cromóforo, precipitación o formación de productos más fáciles de separar. Esta combinación de oxidación enzimática, uso de oxígeno y posible transformación de moléculas aromáticas explica la presencia de la laccase en búsquedas técnicas como *laccase bioremediation*, tratamiento de colorantes, modificación de fibras y estabilización de productos vegetales <sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio suministra laccase para clientes B2B mediante venta directa en línea en unidades de 1 kg. Enzymes.bio actúa como proveedor, no como fabricante ni laboratorio de desarrollo; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido, y el producto debe integrarse en procesos controlados conforme a la normativa y los procedimientos internos aplicables .

## Mecanismo de acción: centros de cobre, radicales y oxígeno

La laccase cataliza una oxidación por transferencia de electrones. En una descripción funcional, el centro de cobre tipo 1 recibe electrones desde el sustrato oxidable; esos electrones se transfieren internamente hacia un conjunto trinuclear de cobre donde el oxígeno molecular se reduce a agua. El resultado inmediato para el sustrato suele ser un radical fenólico, semiquinónico o aromático, cuya evolución posterior depende de la matriz: puede acoplarse con otro radical, reaccionar con nucleófilos, formar quinonas, perder color o integrarse en una red polimérica [2].

Este mecanismo explica varios comportamientos prácticos. En una bebida rica en polifenoles, la oxidación puede favorecer agregación o cambios de solubilidad que faciliten separación posterior; en un efluente textil, la modificación del sistema cromóforo puede reducir color; en biomasa lignocelulósica, la oxidación de unidades fenólicas de lignina puede alterar enlaces, reactividad superficial o compatibilidad con tratamientos posteriores. La misma laccase activity no se traduce, por tanto, en el mismo resultado tecnológico en todas las matrices: el efecto observable depende de qué moléculas están presentes, de su accesibilidad y de las reacciones secundarias permitidas por el entorno [1].



**Figure 1.** 라카아제는 페놀성 기질의 1전자 산화를 촉매하면서 산소를 물로 환원합니다.

Una limitación central es el potencial redox del sustrato. Algunos compuestos se oxidan directamente con facilidad, mientras que otros son poco accesibles o tienen potenciales que hacen la reacción lenta o limitada. Para ampliar el rango de transformación se estudian sistemas laccase-mediador, en los que una molécula pequeña se oxida primero por la enzima y luego transporta la capacidad oxidante hacia sustratos más difíciles. Estos sistemas pueden aumentar la degradación de contaminantes, pero añaden variables de compatibilidad, regulación, residuos y coste que deben evaluarse caso por caso <sup>[3]</sup>.

## Fuentes biológicas: hongos, bacterias y enzimas tipo laccase

---

Las laccases fúngicas son las más estudiadas en biotecnología, en parte porque muchos hongos participan naturalmente en la degradación de lignina y compuestos fenólicos complejos. Revisiones recientes sobre laccases producidas por hongos destacan su diversidad, su papel en procesos ligninolíticos y su potencial en aplicaciones como tratamiento de efluentes, alimentos, textiles, papel y valorización de residuos agroindustriales <sup>[2]</sup>.

También existen **laccase producing bacteria** y oxidasas multicobre bacterianas con comportamiento tipo laccase. La literatura describe enzimas de bacterias como *Bacillus* y proteínas como CueO, con interés por su robustez y uso en decoloración de colorantes. Estas enzimas pueden diferir de las fúngicas en estabilidad, especificidad y entorno operativo, por lo que no conviene extrapolar resultados de una fuente biológica a otra sin validación en la aplicación real <sup>[4]</sup>.

En el mercado y en la literatura técnica aparecen referencias a productos comerciales, incluyendo búsquedas como *Novozymes laccase*, junto con consultas generales como *laccase wiki*, *laccase wikipedia* o *laccase enzyme*. Para usuarios industriales, estas búsquedas sirven como punto de entrada, pero la decisión técnica debe basarse en compatibilidad con la matriz, desempeño en proceso, documentación del lote y requisitos regulatorios, no en una descripción genérica de enciclopedia <sup>[5]</sup>.

## Aplicaciones principales de la laccase en B2B

---

### Biorremediación y tratamiento de contaminantes

La **laccase bioremediation** se basa en la capacidad de la enzima para transformar moléculas aromáticas problemáticas en agua, suelo o efluentes. Revisiones sobre detoxificación de compuestos fenólicos describen el uso de laccase libre e inmovilizada para oxidar fenoles y derivados que pueden ser tóxicos, persistentes o difíciles de remover por tratamientos convencionales. La oxidación puede disminuir toxicidad, facilitar polimerización o favorecer separación, aunque los productos intermedios deben considerarse en la evaluación del proceso <sup>[1]</sup>.

En suelos contaminados con aceite, se ha estudiado la optimización de biorremediación enzimática usando laccase de origen fúngico. Este tipo de investigación muestra el potencial de la enzima para contribuir a la transformación de fracciones orgánicas complejas, pero también evidencia que las matrices ambientales no son sistemas limpios: contienen mezclas de hidrocarburos, minerales, materia orgánica, humedad variable y posibles inhibidores que afectan la eficiencia real [6].

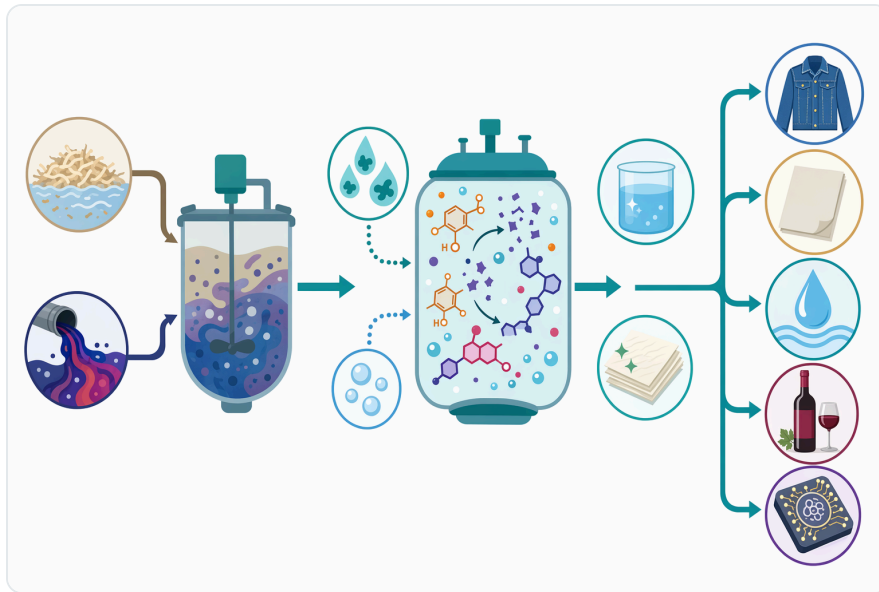


Figure 2. 산업용 라카아제 공정은 산소 기반 산화를 이용해 리그닌, 염료, 페놀류 및 기타 방향족 화합물을 변형합니다.

En antibióticos y contaminantes emergentes, la laccase aparece como una herramienta de descontaminación en aguas residuales. Un ejemplo revisado es la laccase de *Lentinus edodes*, estudiada por su capacidad de transformar antibióticos y compuestos farmacéuticos en sistemas acuosos. La aplicación industrial exige confirmar no solo desaparición del compuesto objetivo, sino también toxicidad residual, estabilidad de la enzima y compatibilidad con el tratamiento existente [3].

### Decoloración textil y degradación de colorantes

La decoloración de colorantes es una de las áreas más documentadas. Los colorantes textiles contienen estructuras azo, antraquinónicas, índigoides o aromáticas complejas que resisten tratamientos simples. La laccase puede alterar grupos cromóforos o auxocromos mediante oxidación, disminuyendo absorbancia visible y, en algunos casos, contribuyendo a la degradación parcial de la molécula. Las revisiones sobre enzimas ligninolíticas inmovilizadas destacan su relevancia para contaminantes industriales basados en tintes [7].

Los estudios con laccase inmovilizada en criogeles y otros soportes muestran el interés de diseñar sistemas reutilizables para decoloración. La inmovilización puede mejorar manejo físico, separación del catalizador y estabilidad operacional, aunque también puede limitar difusión de sustratos grandes o modificar la actividad aparente. En efluentes reales, la presencia de sales, surfactantes, auxiliares de teñido y mezclas de colorantes puede cambiar de forma significativa el resultado observado con un colorante modelo [8].

También se han desarrollado sistemas con oxidasas multicobre bacterianas inmovilizadas, como CueO sobre poli-3-hidroxi-butirato, para decolorización de aguas residuales con colorantes. Este tipo de enfoque ilustra que la categoría “laccase” en la práctica puede abarcar enzimas fúngicas y enzimas bacterianas tipo laccase, con diferencias relevantes en estabilidad y sustratos preferentes [9].

### Bebidas, alimentos vegetales y manejo de polifenoles

En bebidas y matrices vegetales, la laccase actúa principalmente sobre polifenoles. Estos compuestos influyen en color, turbidez, astringencia, oxidación, estabilidad coloidal y formación de sedimentos. Una oxidación enzimática controlada puede convertir fenoles solubles en productos más reactivos o agregables, lo que puede apoyar etapas de clarificación, estabilización o filtración cuando el flujo de proceso está diseñado para retirar los productos de reacción [10].

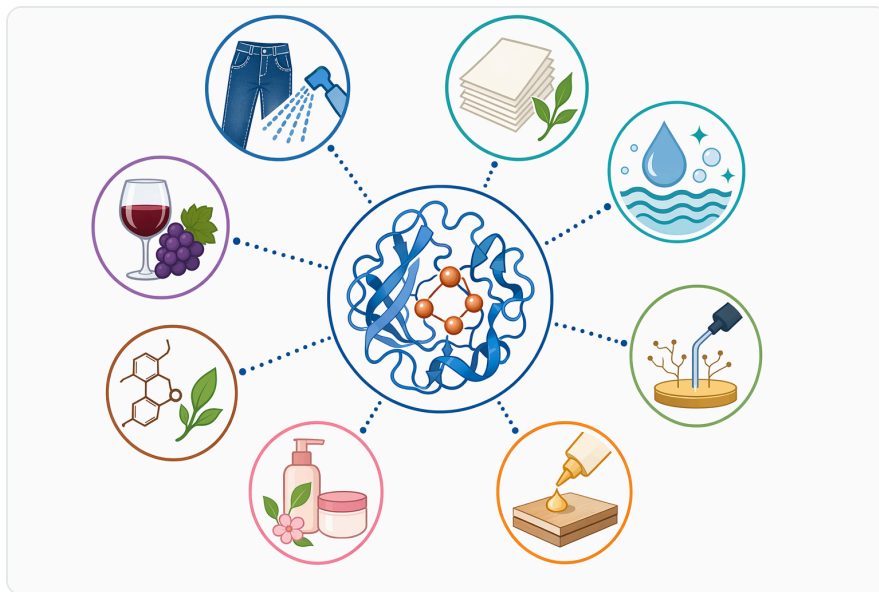


Figure 3. 라카아제는 섬유, 펄프·제지, 환경 처리, 식음료 가공, 바이오 기반 소재 등 다양한 분야에서 사용됩니다.

El beneficio potencial debe equilibrarse con el riesgo sensorial. Los polifenoles no son solo “impurezas”: también aportan color, cuerpo, antioxidantes percibidos, aroma indirecto y atributos varietales. Un tratamiento con laccase mal ajustado puede disminuir notas deseadas, modificar color o

generar oxidaciones secundarias. Por eso, en alimentos y bebidas la laccase debe considerarse una herramienta de ajuste de matriz, no una solución universal de clarificación [2].

En alimentos estructurados, la laccase puede promover acoplamiento oxidativo entre compuestos fenólicos y otros componentes, con efectos en textura, red de biopolímeros o comportamiento de masa. Esta aplicación es dependiente de formulación: la presencia de proteínas, polisacáridos, fibras, extractos vegetales y oxígeno modifica las rutas de reacción. La literatura sobre síntesis simultánea de colorantes y tintura de algodón usando extractos vegetales también ilustra la capacidad de la laccase para generar especies coloreadas a partir de precursores fenólicos naturales, lo que muestra que la enzima puede tanto reducir como formar color según el sistema [10].

### **Pulpa, papel, lignina y biomasa lignocelulósica**

La laccase es relevante para lignina porque muchas unidades lignínicas contienen estructuras fenólicas susceptibles de oxidación. En pulpa y papel, se investiga para bioblanqueo, modificación de fibras y reducción parcial de carga química. En biomasa lignocelulósica, puede participar en pretratamientos o en modificaciones selectivas que cambian la reactividad de la lignina y la interacción entre fibras [11].

La transformación de lignina no equivale necesariamente a degradación completa. La laccase puede inducir oxidación, acoplamiento radicalario o polimerización, y el resultado depende de si el sistema favorece ruptura, condensación o funcionalización. En compostaje y transformación de paja de arroz, investigaciones sobre sistemas microbianos y oxidativos muestran que la modificación de lignina puede intensificarse mediante rutas combinadas, lo que refuerza la idea de que la laccase suele funcionar mejor integrada en estrategias de proceso, no aislada de la química de la matriz [12].

### **Biosensores, detección y materiales catalíticos**

La capacidad de la laccase para oxidar fenoles y aminas también se aprovecha en biosensores. En sensores electroquímicos, la enzima puede actuar como elemento de reconocimiento catalítico: el analito se oxida y la señal se traduce en una respuesta eléctrica. Se han investigado plataformas con nanotubos de carbono de pared simple para detección de tiramina, lo que muestra el interés de combinar laccase con materiales conductores [13].

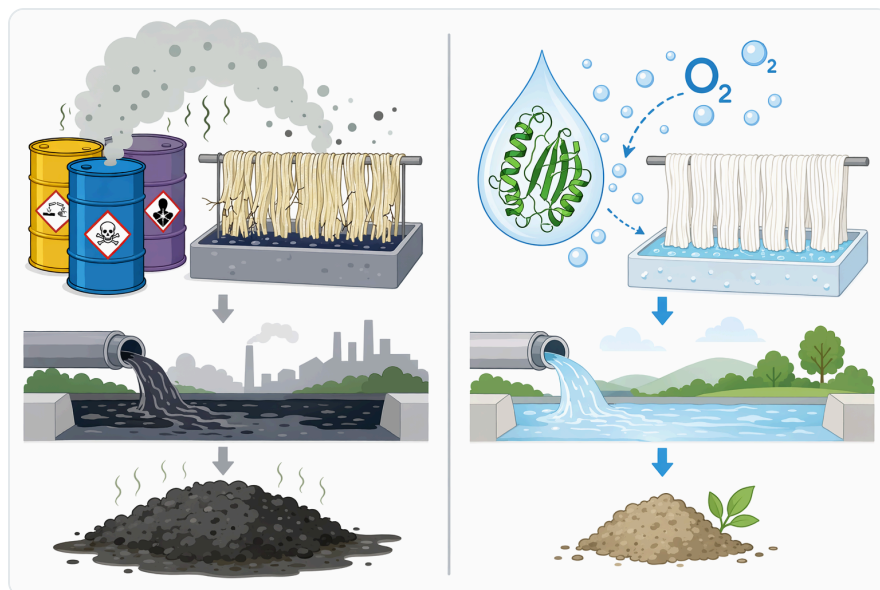


Figure 4. 강한 화학적 산화 처리와 비교할 때, 라카아제 처리는 방향족 기질을 선택적으로 산화하면서 화학물질 사용량을 줄일 수 있습니다.

Más allá de la enzima natural, también se estudian nanozimas que imitan actividad tipo laccase para degradar y detectar contaminantes fenólicos. Estos sistemas no sustituyen directamente a una laccase comercial en todos los procesos, pero ayudan a entender qué funciones catalíticas se buscan: oxidación de fenoles, generación controlada de productos y respuesta medible frente a contaminantes [14].

## Tabla comparativa de aplicaciones, sustratos y resultados esperados

Área de aplicación	Sustratos o compuestos objetivo	Resultado técnico buscado	Consideración crítica
Biorremediación de aguas y suelos	Fenoles, aromáticos, antibióticos, fracciones orgánicas oxidables	Detoxificación, transformación o mayor removilidad del contaminante	Matrices reales pueden inhibir o desactivar la enzima; evaluar productos intermedios [1]
Efluentes textiles	Colorantes azo, antraquinónicos y otros cromóforos	Decoloración, reducción de carga cromática, apoyo a tratamiento posterior	Sales, auxiliares textiles y mezclas de tintes cambian el rendimiento [7]
Bebidas y extractos vegetales	Polifenoles, catecoles, fenoles vegetales	Clarificación, estabilidad coloidal, ajuste de color o filtrabilidad	Puede afectar atributos sensoriales y compuestos deseados [10]

Área de aplicación	Sustratos o compuestos objetivo	Resultado técnico buscado	Consideración crítica
Pulpa, papel y biomasa	Lignina fenólica, fibras lignocelulósicas	Bioblanqueo, modificación de fibra, apoyo a pretratamientos	Puede inducir tanto ruptura como acoplamiento, según la matriz <sup>[11]</sup>
Biosensores y materiales	Fenoles, aminas biogénicas, contaminantes detectables	Señal analítica o catálisis inmovilizada	Requiere integración con soporte y control de transferencia de electrones <sup>[13]</sup>

## Laccase libre frente a laccase inmovilizada

La laccase libre es fácil de dispersar en una matriz líquida y ofrece contacto directo con sustratos solubles. Es adecuada cuando el proceso permite una reacción de un solo uso o cuando la enzima se inactiva, separa o permanece dentro de un flujo aceptado por el diseño del proceso. Su limitación aparece cuando se requiere reutilización, operación prolongada o estabilidad frente a condiciones variables <sup>[15]</sup>.

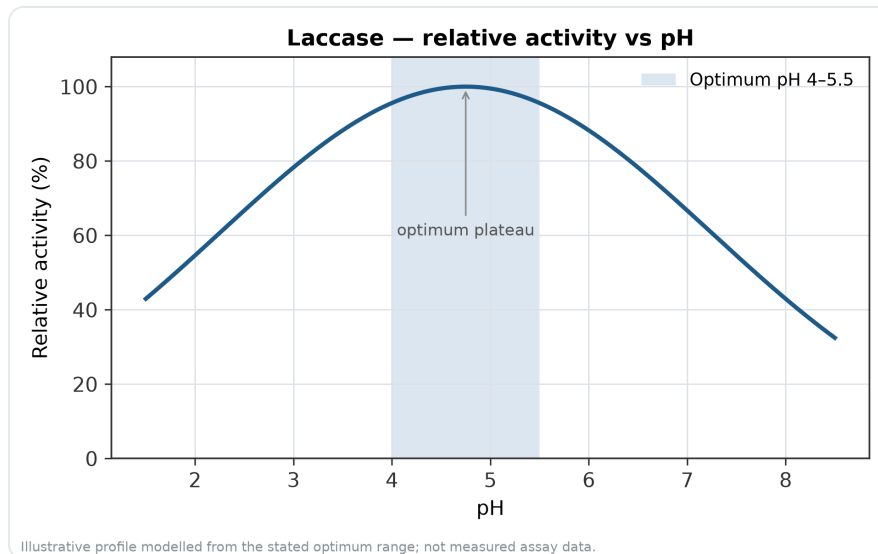
La inmovilización fija la laccase sobre un soporte, como sílice funcionalizada, criogeles, biochar modificado, polímeros o matrices biobasadas. Esta estrategia puede mejorar estabilidad, facilitar recuperación y permitir reactores continuos o ciclos repetidos. Sin embargo, no siempre aumenta el desempeño: puede reducir accesibilidad si el sustrato es grande, introducir limitaciones de difusión o alterar la conformación de la enzima <sup>[16]</sup>.

Estudios sobre laccase inmovilizada en sílice epoxi-funcionalizada se enfocan en biodegradación de compuestos fenólicos, mientras que trabajos sobre biochar modificado evalúan estabilidad y retención de actividad. En conjunto, la evidencia indica que la elección del soporte no es un detalle secundario; determina carga enzimática efectiva, microambiente, resistencia a desorción y contacto con contaminantes <sup>[17]</sup>.

## Variables de proceso que controlan la laccase activity

La **laccase activity** observada depende de la enzima, el sustrato y la matriz. El pH modifica tanto la carga de aminoácidos de la enzima como el estado de ionización del sustrato; la temperatura acelera la cinética hasta que la estabilidad proteica se compromete; el oxígeno condiciona la regeneración del ciclo catalítico; y sales, solventes, metales o compuestos reductores pueden activar, competir o inhibir la reacción <sup>[18]</sup>.

El tiempo de contacto también es decisivo. En algunos sistemas, la oxidación inicial del sustrato ocurre con rapidez, pero las transformaciones secundarias —acoplamiento, precipitación, decoloración visible o pérdida de toxicidad— requieren más tiempo. En otros casos, prolongar la reacción puede generar efectos no deseados, como formación de color, cambios de aroma, polimerización excesiva o pérdida de funcionalidad en ingredientes vegetales [19].



**Figure 5.** pH에 따른 라카아제의 상대 활성으로, pH 4-5.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

La disponibilidad del sustrato suele ser más importante que su concentración total. Un fenol unido a partículas, atrapado en lignina, adsorbido a sólidos o protegido dentro de agregados puede ser menos accesible que el mismo compuesto en solución. Por esta razón, los resultados obtenidos con sustratos modelo no deben trasladarse automáticamente a jugos, efluentes, suelos, lodos o biomasa sin comprobar el comportamiento en una matriz representativa [1].

## Mediadores: cuándo amplían la reacción y cuándo complican el proceso

Los mediadores son moléculas pequeñas que se oxidan por laccase y luego oxidan sustratos que la enzima no transforma eficientemente de forma directa. En teoría, este enfoque amplía el alcance de la laccase hacia compuestos de mayor potencial redox o menor acceso al sitio activo. En la práctica, el mediador se convierte en parte del proceso químico: puede generar subproductos, costes adicionales y requisitos de retirada o control [3].

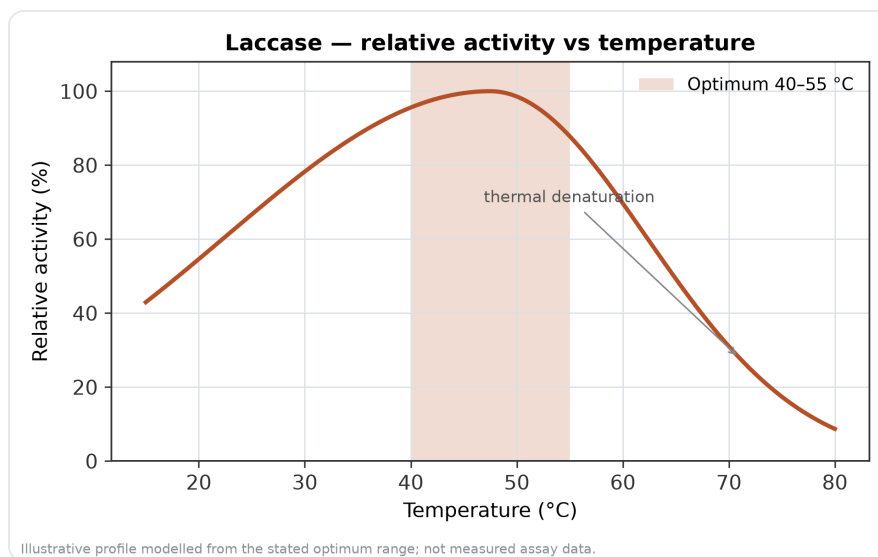
En aplicaciones ambientales, el uso de mediadores puede mejorar la degradación de contaminantes persistentes, pero también exige evaluar toxicidad residual. En alimentos y bebidas, la aceptabilidad regulatoria y sensorial de cualquier mediador es crítica. En biomasa, el mediador puede favorecer

oxidación de estructuras no fenólicas de lignina, pero el balance entre delignificación y condensación debe verificarse en el flujo específico [7].

## Evidencia cuantitativa y alcance de la investigación

La literatura sobre laccase es amplia y cubre desde cinética enzimática didáctica hasta aplicaciones industriales complejas. Experimentos de cinética con laccase se usan incluso en enseñanza de química general porque la reacción permite seguir cambios medibles de oxidación de sustratos, lo que refleja que la base catalítica está bien establecida [18].

En investigación aplicada, los estudios cuantitativos suelen medir decoloración, reducción de contaminantes, actividad residual, reutilización del biocatalizador o estabilidad frente a variables de proceso. Por ejemplo, los trabajos de inmovilización comparan soportes y condiciones para mejorar retención de actividad y estabilidad, mientras que estudios de biorremediación usan optimización estadística para identificar combinaciones de variables que favorecen transformación de contaminantes [20].



**Figure 6.** 온도에 따른 라카아제의 상대 활성으로, 40–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성으로 인한 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

La prudencia está en no convertir resultados de laboratorio en promesas universales. Una remoción elevada de un contaminante en agua sintética no garantiza el mismo desempeño en efluente industrial; una buena decoloración de un tinte aislado no predice una mezcla textil; y una mejora en estabilidad de una laccase inmovilizada no significa que el soporte sea compatible con alimentos o con todos los reactores. La evidencia respalda el potencial, pero la aplicación debe interpretarse dentro del sistema donde se usará [15].

## Comparación técnica con otras oxidoreductasas

---

La laccase se compara a menudo con peroxidasas y otras enzimas ligninolíticas. Su ventaja operativa frecuente es que usa oxígeno molecular como aceptor final de electrones, mientras muchas peroxidasas dependen de peróxidos. Esto puede simplificar algunos procesos y reducir riesgos asociados a oxidantes fuertes, aunque la laccase puede necesitar mediadores para sustratos recalcitrantes <sup>[1]</sup>.

Las peroxidasas pueden mostrar alto poder oxidante en determinados sustratos, pero el control de peróxido es crítico porque concentraciones inadecuadas pueden inactivar la enzima o generar oxidaciones no selectivas. La laccase, por su parte, puede ser más suave y selectiva en fenoles, pero limitada por potencial redox, disponibilidad de oxígeno y accesibilidad del sustrato. En sistemas industriales, la elección no es “mejor o peor” de forma absoluta, sino compatibilidad con el objetivo del proceso <sup>[7]</sup>.

## Consideraciones por sector

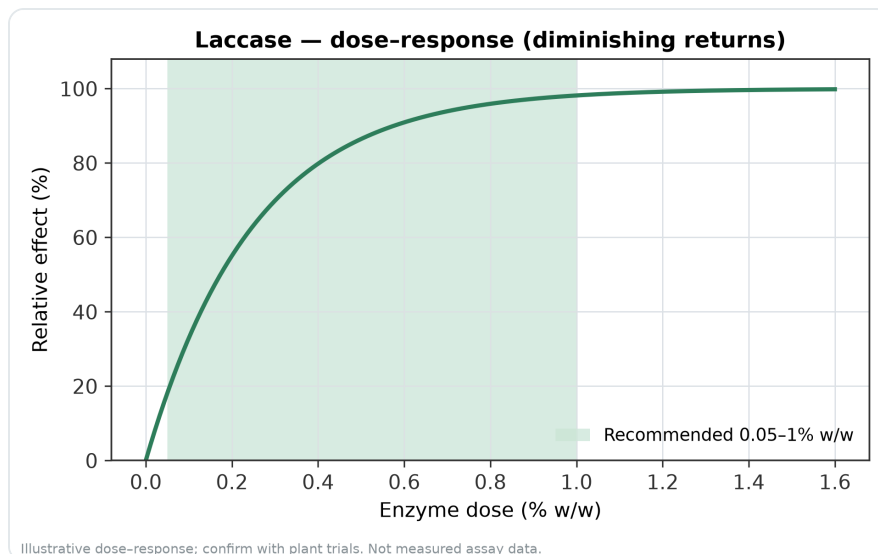
---

### Alimentación y bebidas

En alimentación y bebidas, la laccase debe evaluarse por su efecto integral: conversión de polifenoles, estabilidad visual, filtrabilidad, color, aroma y conformidad regulatoria. La reacción enzimática puede ser útil para reducir compuestos responsables de turbidez o inestabilidad, pero también puede modificar componentes que aportan valor sensorial. Por ello, el control del proceso posterior —por ejemplo, separación de productos oxidados cuando corresponda— es parte esencial de la aplicación <sup>[10]</sup>.

### Textil y tratamiento de efluentes

En textil, el objetivo suele ser disminuir color y carga de compuestos persistentes antes de etapas posteriores de tratamiento. La laccase puede integrarse con adsorción, filtración, tratamientos biológicos o sistemas inmovilizados para aumentar eficiencia. La presencia de mezclas reales obliga a considerar compatibilidad con auxiliares, variación de lotes y posible inhibición por sustancias no objetivo <sup>[8]</sup>.



**Figure 7.** 권장 사용 범위(0.05–1% w/w)에서 라카아제의 용량-반응을 예시적으로 나타낸 그래프입니다.

## Biomasa, pulpa y papel

En biomasa y papel, la laccase es especialmente interesante porque actúa sobre química de lignina sin requerir condiciones extremadamente severas. Puede apoyar bioblanqueo, funcionalización de fibras o pretratamientos de residuos agroindustriales. La clave técnica es dirigir la oxidación hacia el resultado deseado: mayor removilidad, modificación superficial o cambio de reactividad, evitando condensación no deseada [11].

## Sensores y química verde

En sensores, materiales y química verde, la laccase se usa como componente catalítico para oxidación selectiva o detección. La combinación con nanotubos, soportes poliméricos, nanomateriales o clústeres metálicos confinados en andamiajes enzimáticos muestra una dirección de investigación donde la enzima no solo transforma sustratos, sino que también organiza microambientes catalíticos avanzados [21].

## Limitaciones técnicas y de seguridad de interpretación

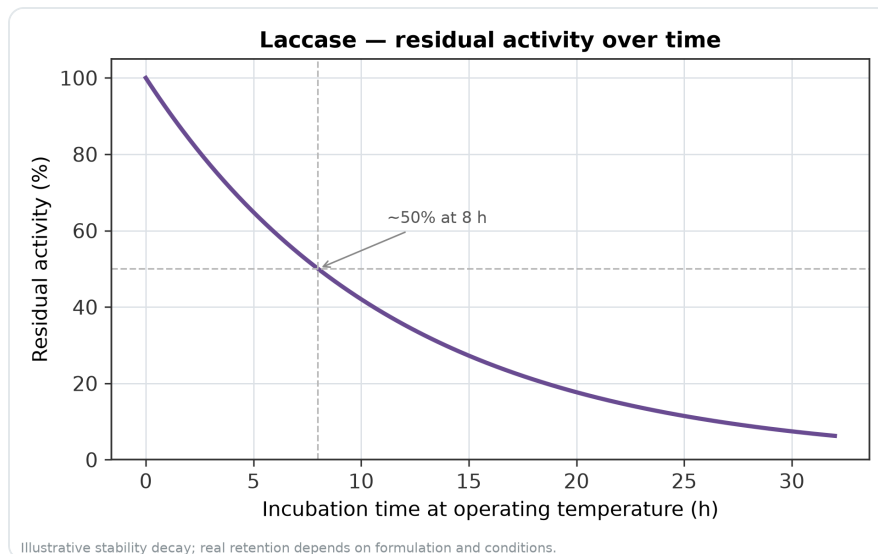
La laccase no debe describirse como una solución universal de descontaminación, clarificación o blanqueo. Su eficacia depende de pH, temperatura, oxígeno, inhibidores, composición de la matriz, estructura del sustrato y estabilidad de la proteína. Además, oxidar un contaminante no siempre significa mineralizarlo por completo; puede transformarse en productos que deben evaluarse según el objetivo del proceso [1].

En matrices alimentarias, un tratamiento enzimático puede tener efectos deseados y no deseados simultáneamente. La oxidación de polifenoles puede ayudar a clarificar, pero también alterar color o aroma. En efluentes, la pérdida de color no siempre equivale a eliminación de toxicidad. En biomasa, la modificación de lignina puede mejorar o dificultar etapas posteriores según la ruta de reacción predominante [2].

La inmovilización tampoco elimina todas las limitaciones. Aunque puede mejorar reutilización y estabilidad, introduce costes, posibles resistencias de transferencia de masa y necesidad de compatibilidad entre soporte, enzima y matriz. La revisión de estrategias recientes de inmovilización enfatiza que el rendimiento final depende del diseño del sistema completo, no solo de fijar la enzima a cualquier material [15].

## Laccase suministrada por Enzymes.bio

Enzymes.bio ofrece laccase para uso B2B en procesamiento industrial y alimentario mediante compra directa en línea en unidades de 1 kg. El producto no se presenta como consumo humano directo ni como venta minorista; debe emplearse dentro de procesos controlados por personal competente y conforme a la documentación suministrada con el pedido, incluyendo CoA y SDS .



**Figure 8.** 라카아제의 열 안정성 감소 예시 — 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Como proveedor, Enzymes.bio no actúa como fabricante ni como laboratorio de validación de procesos. La función del proveedor es facilitar el acceso al producto y su documentación de lote; la integración en una formulación, reactor, línea de bebidas, tratamiento de efluentes o proceso de biomasa corresponde al sistema técnico y regulatorio del usuario .

## Conclusión técnica

---

La laccase es una enzima oxidasa multicobre con una base mecanística clara: oxida sustratos aromáticos y fenólicos por transferencia de electrones y usa oxígeno como aceptor final, generando agua. Esta reacción explica su utilidad en biorremediación, decoloración textil, manejo de polifenoles, modificación de lignina, alimentos vegetales, biosensores y química verde <sup>[2]</sup>.

El valor B2B de la laccase está en su capacidad para introducir oxidación selectiva en condiciones comparativamente suaves, pero su desempeño no puede separarse de la matriz. Los mejores resultados aparecen cuando el sustrato es accesible, el entorno mantiene actividad enzimática, el oxígeno no limita el ciclo catalítico y los productos de reacción se gestionan de forma coherente con el objetivo del proceso <sup>[1]</sup>.

Para clientes que buscan una laccase enzyme disponible en línea, Enzymes.bio proporciona el producto en unidades de 1 kg con CoA y SDS incluidos junto con el pedido. La forma técnicamente más precisa de describirla es como una herramienta biocatalítica especializada: sólida en evidencia, versátil en aplicaciones y dependiente de validación responsable en cada proceso real .

### Pedir Laccase en línea

Se vende en unidades de 1 kg, en stock y listo para enviar. Haga su pedido directamente en nuestra tienda: pague en línea y procesaremos su pedido. Con cada pedido se incluyen un Certificado de Análisis y una Ficha de Datos de Seguridad.

[Comprar Laccase →](#)

## Referencias

---

Numeradas por orden de primera cita. Fuentes de acceso abierto, verificadas como disponibles en el momento de publicación; los números de cita en el texto enlazan aquí.

1. Rostami, A., Abdelrasoul, A., Shokri, Z., & Shirvandi, Z. (2022). Applications and mechanisms of free and immobilized laccase in detoxification of phenolic compounds — A review. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 1-12.
2. Cruz, I. D. A., Cruz-Magalhães, V., Loguercio, L., Santos, L. B. P. R., Uetanabaro, A., & Costa, A. M. (2024). A systematic study on the characteristics and applications of laccases produced by fungi: insights on their potential for biotechnologies. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 54, 896 - 909.
3. Reza, M. A. S., Rasouli, A., & Darvish, A. (2023). A Brief Review on Laccase Enzyme From the Edible Mushroom *Lentinus edodes* and its Applications in Decontamination of Antibiotics from Wastewater. *Archives of Hygiene*

4. Yildırgan, S., Aygün, E., Altıntaş, R., & Şişeciöğlü, M. (2026). Purification of laccase from thermophilic *Bacillus licheniformis* SO8 with three-phase partitioning, characterization, and usage in dye decolorization. *3 Biotech*, 16.
5. Dub, A., Plaskonis, I., Barna, O., Kozyr, H., Stechyshyn, I., & Vasenda, M. (2025). Production of enzymes by biotechnological methods: A review. *The Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*.
6. Effendi, A., Suhardi, S. H., Widi, Y. C. K. A. S., Hasan, K., Awfa, D., & Saputra, R. (2021). Optimization of Enzymatic Bioremediation of Oil Contaminated Soil by Laccase from *Marasmiellus palmovorus* using Response Surface Methodology. *Jurnal Presipitasi*.
7. Bilal, M., Asgher, M., Parra-Saldívar, R., Hong-Hu, Wang, W., Zhang, X., & Iqbal, H. M. (2017). Immobilized ligninolytic enzymes: An innovative and environmental responsive technology to tackle dye-based industrial pollutants - A review. *Science of the Total Environment*, 576, 646-659 .
8. Uygun, M. (2013). Preparation of Laccase Immobilized Cryogels and Usage for Decolorization. *Journal of Chemistry*, 2013, 1-7.
9. Bello-Gil, D., Roig-Molina, E., Fonseca, J., Sarmiento-Ferrández, M. D., Ferrándiz, M., Franco, E., Mira, E., ... et al. (2018). An enzymatic system for decolorization of wastewater dyes using immobilized CueO laccase-like multicopper oxidase on poly-3-hydroxybutyrate. *Microbial Biotechnology*, 11, 881 - 892.
10. Atav, R., Buğdaycı, B., & Yakın, İ. (2021). Laccase-catalyzed simultaneous dye synthesis and cotton dyeing by using plant extracts as dye precursor. *Journal of the Textile Institute*, 113, 628 - 636.
11. Pérez-Contreras, S., Avalos-Cruz, D. A., Lizardi-Jiménez, M., Herrera-Corredor, J., Baltazar-Bernal, O., & Hernández-Martínez, R. (2024). Production of Ligninolytic and Cellulolytic Fungal Enzymes for Agro-Industrial Waste Valorization: Trends and Applicability. *Catalysts*.
12. Qu, F., Zhao, L., Cao, Y., Mohamed, T., & Wei, Z. (2025). Synergistic strengthening mechanism of microbial-mediated Fenton system on lignin transformation during rice straw composting. *Bioresource Technology*, 132981 .
13. Mas'od, N. H., Azhari, S., & Othman, S. S. (2024). OPTIMIZATION OF NEWLY FABRICATED LACCASE BIOSENSOR BASED ON SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBE FOR TYRAMINE DETECTION. *Jurnal Teknologi*.
14. Wang, J., Huang, R., Qi, W., Su, R., Binks, B., & He, Z. (2019). Construction of a bioinspired laccase-mimicking nanozyme for the degradation and detection of phenolic pollutants. *Applied Catalysis B: Environmental*.
15. Almeida, F. L. C., Prata, A. S., & Forte, M. (2021). Enzyme immobilization: what have we learned in the past five years?. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16.
16. Daronch, N. A., Kelbert, M., Pereira, C. S., Araújo, P. H., & Oliveira, D. (2020). Elucidating the choice for a precise matrix for laccase immobilization: A review. *Chemical Engineering Journal*, 397, 125506.
17. Mohammadi, M., As'habi, M. A., Salehi, P., Yousefi, M., Nazari, M., & Brask, J. (2018). Immobilization of laccase on epoxy-functionalized silica and its application in biodegradation of phenolic compounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 443-447 .
18. Lin, Y., & Lloyd, P. (2006). An Enzyme Kinetics Experiment Using Laccase for General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83, 638-640.

19. Aktas, N., & Tanyolaç, A. (2003). Reaction conditions for laccase catalyzed polymerization of catechol. *Bioresource Technology*, 87 3, 209-14 .
20. Wang, Z., Ren, D., Li, Z., Yu, H., Zhang, S., Zhang, X., & Chen, W. (2021). The study of laccase immobilization optimization and stability improvement on CTAB-KOH modified biochar. *BMC Biotechnology*, 21.
21. Lu, X., Liu, Z., Zhang, J., Zhou, Y., Wang, L., & Zhu, J. (2022). General Synergistic Hybrid Catalyst Synthesis Method Using a Natural Enzyme Scaffold-Confined Metal Nanocluster. *ACS Applied Materials and Interfaces*.

## Contactar con Enzymes.bio

¿Tiene preguntas sobre un pedido? Nuestro equipo estará encantado de ayudarle.

CORREO ELECTRÓNICO [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELÉFONO (EE. UU.) **+1 (507) 428-6057**

[Contáctenos →](#)



**400+** Clientes B2B



**60+** socios universitarios de investigación



**54** atendidos en todo el mundo

© 2026 Enzymes.bio · Suministro de enzimas industriales y para procesamiento de alimentos · No apto para consumo humano ni venta minorista.