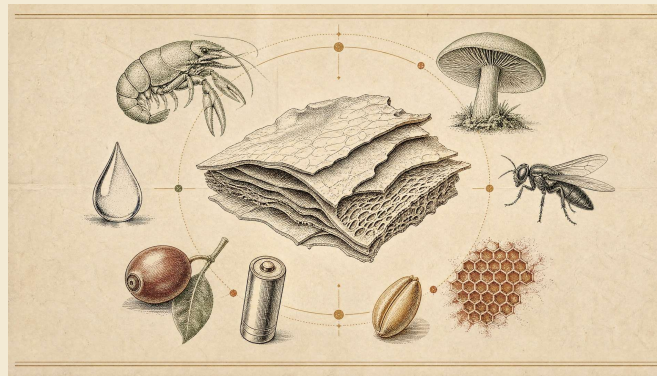

UN VOLUMEN DE REFERENCIA

PRIMERA EDICIÓN · 2026



El Manual del Quitosano

La molécula, sus derivados y sus aplicaciones industriales.

EDITADO POR STEVE NICE · CHUCK COLLINS, PhD

© 2026 SHIELD NUTRACEUTICALS / CHITOSAN GLOBAL

El Manual del Quitosano

La molécula, sus derivados y sus aplicaciones industriales.

© 2026 Shield Nutraceuticals / Chitosan Global

Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de este manual puede ser reproducida, distribuida ni transmitida en forma alguna ni por medio alguno — incluidos el fotocopiado, la grabación u otros métodos electrónicos o mecánicos — sin el permiso previo por escrito del editor, con excepción de citas breves incluidas en reseñas críticas y ciertos otros usos no comerciales permitidos por la ley de derechos de autor.

Primera Edición · 2026

Volumen I of I

Printed in the Estados Unidos of America

Shield Nutraceuticals, Inc.

chitosanglobal.com · shieldnutra.com

steve@chitosanglobal.com · chuck@shieldnutra.com

+1 423-202-6145

Prólogo.

Este manual está escrito como referencia científica para las industrias que enfrentan la resistencia antimicrobiana, la contaminación plástica y la reconstrucción de la agricultura moderna. El quitosano es una herramienta nueva y poderosa capaz de resolver problemas de contaminación química en todas sus formas. Estos compuestos pueden debilitar el organismo y provocar limitaciones prematuras si no se controlan. La carga tóxica proveniente de químicos eternos, microplásticos, metales pesados y demás, presentes en el agua, el suelo y el aire, puede abordarse con quitosano.

Este trabajo se presenta como una introducción a las formas en que el quitosano será usado para desintoxicar el ambiente, los productos y nuestros cuerpos. *El quitosano es tan beneficioso para nosotros y para el planeta que, en un plazo de diez años, predecimos que estará sobre o dentro de la mayoría de los productos que se aplican o ingieren en mascotas y personas.*

— Steve Nice

SHIELD NUTRACEUTICALS / CHITOSAN GLOBAL

UNA NOTA SOBRE LA OFERTA MUNDIAL

A medida que la demanda de quitosano se dispare a finales de 2027, el suministro mundial de residuos de marisco se agotará muy rápidamente a menos que surja un método sostenible para satisfacer esa demanda. Creemos haber visto esa solución. El quitosano de fabricación verde y bien caracterizado, obtenido de hongos o de exoesqueletos de insectos, hace posible la transición de un mundo que usa ingredientes tóxicos a uno seguro, limpio y ambientalmente responsable.

UNA NOTA SOBRE LA CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA

La mayoría de la producción mundial de quitosano aún proviene de residuos de marisco. Esa materia prima es variable, en gran medida sin caracterizar, y conlleva un riesgo documentado de metales pesados y mercurio residuales. Las importaciones a granel desde China e India requieren caracterización por terceros antes de poder utilizarse para alimentación animal, suplementos dietéticos o aplicaciones médicas.

ESTE MANUAL ES UNA REFERENCIA

Tras años de lectura e investigación sobre el quitosano, sus usos, variedades y fuentes, decidimos ayudar a acortar el camino a cualquiera que trabaje en este ámbito. Disfrute el descubrimiento y compártalo.

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud.

Este manual es el resultado de las contribuciones de un equipo distribuido de científicos, agrónomos, veterinarios, ingenieros y operadores que trabajan en Estados Unidos, India y América Latina.

Agradecemos a los productores, ganaderos, gerentes de planta e ingenieros municipales de agua que nos permitieron probar el quitosano derivado de insectos y hongos frente a los problemas reales de sus industrias.



Promecens Entosystems Pvt. Ltd., Pune, India, es el fabricante de Chitosan FG, AG, IG, WS, AS y Native Chitosan a partir de hongos y mosca soldado negra.

«El amor es el único motor de la supervivencia.»

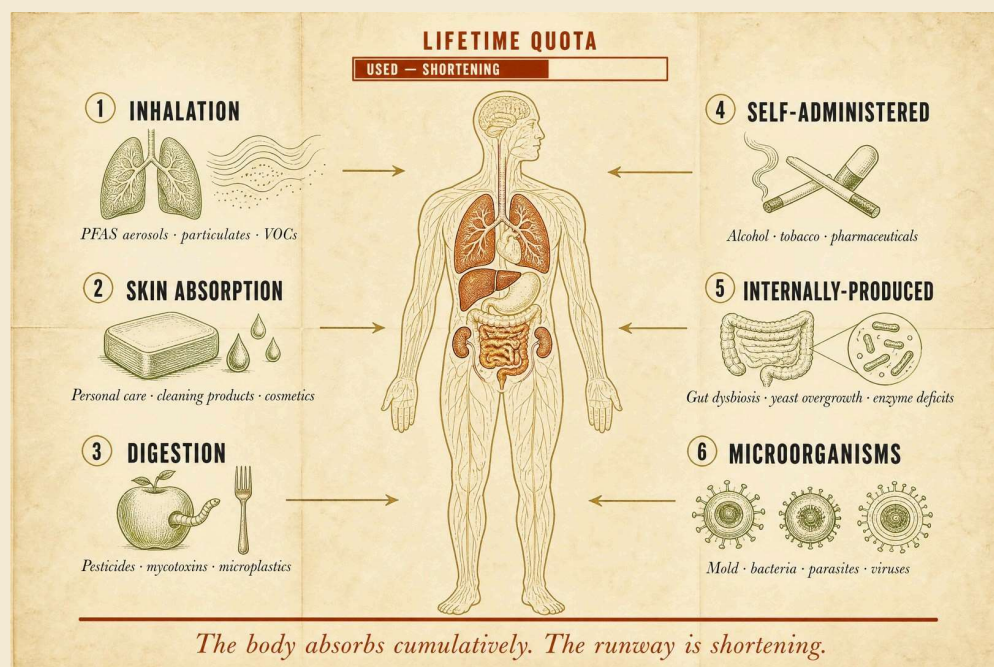
— LEONARD COHEN

ETSU Innovation Lab

Agradecemos de manera especial a la **East Tennessee State University** y al **ETSU Innovation Lab** por su apoyo sostenido a Shield Nutraceuticals y a Chitosan Global, desde los primeros trabajos de caracterización del quitosano derivado de insectos hasta los programas de investigación aplicada que dieron forma al catálogo de derivados.

Su disposición a acoger a una pequeña empresa biotecnológica dentro de un entorno académico activo aportó las bases científicas para este trabajo.

Un cupo fijo. Un tiempo que se acorta.



Todo cuerpo humano absorbe tóxicos a lo largo de su vida a través del aire que respiramos, el agua que bebemos, los alimentos que comemos, la piel que tocamos y los medicamentos y hábitos que adoptamos.

La carga es **acumulativa**. Los **PFAS, microplásticos, pesticidas, micotoxinas**, metales pesados, químicos industriales y microbios patógenos **permanecen en los tejidos** mucho después de terminar la exposición. La vida moderna acorta el margen antes de la sobrecarga.

EL HILO CONDUCTOR DEL QUITOSANO

El quitosano captura y elimina estas toxinas acumulativas del **agua, el suelo y el aire** antes de que lleguen al cuerpo. Además, dentro del organismo, se une a microplásticos ingeridos, grasa dietética, bilis, colesterol ácido-ligado y metales pesados para prepararlos para la excreción.

Es el antimicrobiano y adsorbente principal que cierra el ciclo en todas las industrias que tocan a humanos y animales. *Por eso estamos en este negocio.*

UNA INTRODUCCIÓN · QUÉ ES EL QUITOSANO, DE DÓNDE VIENE Y POR QUÉ IMPORTA

Quitosano — Wow.

De dónde proviene el quitosano, por qué porta una carga positiva y cómo esa sola propiedad puede reducir la carga tóxica ambiental en personas y mascotas.

EL MANUAL DEL QUITOSANO



FUENTES

De dónde proviene el quitosano.

El **quitosano** (pronunciado *KI-to-san*) se obtiene a partir de la **quitina** (pronunciada *ki-TI-na*), el **segundo biopolímero más abundante de la Tierra**. La quitina forma los exoesqueletos de insectos y crustáceos y las paredes celulares de los hongos. La desacetilación enzimática de la quitina rinde quitosano.

FUENTE 01

Insectos



Exoesqueletos de mosca soldado negra. Biomasa disponible todo el año, cultivada en biorreactores controlados sobre corrientes de residuos orgánicos.

FUENTE 02

Hongos



Paredes celulares de hongos — especialmente *Agaricus* y *Lenzites betulina*. Vegano, kosher, halal, sin alérgenos de marisco.

FUENTE 03

Crustáceos



Cáscaras de camarón, cangrejo y langosta — la fuente tradicional. Ampliamente utilizada en grados industriales y agrícolas.

FUENTE 04

Algas



Ciertas algas verdes y pardas también contienen quitina. Una fuente emergente, amigable con el mar y bajo investigación activa.

Quitina — exoesqueletos de crustáceos, insectos, hongos y algas

Cargas opuestas se atraen.

Los microbios patógenos portan una **carga negativa (-)** en la parte externa de sus células. El quitosano porta una **carga positiva (+)**.

Cargas opuestas se atraen. El quitosano positivo se une a la superficie microbiana negativa y altera la pared celular mediante **acción electrostática**.



La mayoría de los microbios patógenos portan carga superficial negativa.

<i>E. coli</i> infecciones intestinales, intoxicación alimentaria	<i>Salmonella</i> aves, huevos, productos frescos	<i>Listeria</i> fiambres, queso, tolerante al frío del refrigerador	<i>MRSA</i> infecciones hospitalarias y de la piel
<i>Pseudomonas</i> biofilm, infecciones de heridas	<i>Shigella</i> disentería, transmisión por agua	<i>Candida</i> infecciones por levadura, candidiasis oral	Muchos más Bacterias Gram-negativas y Gram-positivas, levaduras y hongos.

REEMPLAZANDO LO TRADICIONAL · POR QUÉ GANA EL QUITOSANO

Chitosan vs. Quats.

La industria tradicional usa **compuestos cuaternarios** — “Quats” — para eliminar microbios. Funcionan, pero conllevan compromisos reales. El quitosano es el biopolímero que los reemplaza.

COMPARACIÓN

QUATS TRADICIONALES · QUÍMICOS SINTÉTICOS

QUITOSANO · BIODEGRADABLE · BIOCOMPATIBLE · NO-TÓXICO

Fuente

De dónde proviene.

Materias primas petroquímicas. Fabricado en reactores industriales a partir de precursores sintéticos.

Cáscaras, hongos o exoesqueletos de insectos — producido por desacetilación enzimática simple.

Impacto en la salud

Efecto en el tiempo.

Preocupaciones documentadas sobre piel, pulmón y exposición prolongada. Los residuos enjuagados persisten.

Biocompatible y no tóxico. Seguro para contacto directo con alimentos, alimentación animal y uso médico.

Resistencia

Si los microbios pueden adaptarse.

Sí. Las bacterias mutan para eludir los modos de acción químicos, y la resistencia a los Quats está hoy ampliamente extendida.

No. La acción es electrostática; no hay blanco bioquímico al cual mutar.

BENEFICIOS CLAVE · CUATRO RAZONES POR LAS QUE EL QUITOSANO REEMPLAZA A LOS QUATS

01 Unión selectiva.

Los patógenos portan carga superficial negativa. El quitosano cargado positivamente se une a ellos electrostáticamente, ignorando el tejido neutro.

02 Modo de acción físico.

El mecanismo es electrostático, no bioquímico. La carga positiva altera la pared celular microbiana al contacto.

03 Sin vía de resistencia.

Como la acción es electrostática y no bioquímica, los microbios no tienen un blanco al que mutar y no pueden desarrollar resistencia.

04 Origen biocompatible.

Derivado de mariscos, insectos, hongos y algas. Notificado como GRAS para alimentos; biocompatible para uso médico.

Autorizaciones regulatorias.

El quitosano viene en muchas formas y tiene muchas aplicaciones. **La mayoría de esas aplicaciones ya están aprobadas** bajo los marcos regulatorios de alimentos, piensos, cosméticos, tratamiento de agua y biopesticidas de los principales mercados. Sin embargo, algunas siguen dependiendo de autorizaciones **específicas de uso o de producto** — por ejemplo, un biopesticida exento por la EPA aún puede requerir registro por marca en estados individuales de EE. UU.

Es **responsabilidad del cliente** confirmar y, cuando corresponda, obtener las autorizaciones apropiadas para su producto terminado, patrón de uso y territorio. Chitosan Global suministra la materia prima y su Certificado de Análisis; el cliente gestiona el registro del producto terminado ante la autoridad competente.

DIVISIÓN DE RESPONSABILIDADES

Chitosan Global aporta

Certificado de Análisis, datos técnicos, materia prima notificada como GRAS, documentación y guía de formulación.

El cliente obtiene

Registro del producto terminado, revisión de etiqueta, aprobaciones estatales por marca y cualquier autorización específica del uso para la aplicación y el territorio objetivo.

DÓNDE EL QUITOSANO YA ESTÁ AUTORIZADO · Y DÓNDE PUEDE REQUERIRSE TRABAJO ESPECÍFICO DE PRODUCTO

Alimentos y alimentación animal

MARCOS AUTORIZADOS

EE. UU. FDA GRAS (GRN 170, GRN 397, GRN 443 para quitosano fúngico); dictamen EFSA de la UE sobre quitosano de camarón; Resolución OIV 336-2009 para clarificación de vinos; listados como aditivo para piensos en varias jurisdicciones.

TRABAJO DEL CLIENTE

Revisión de etiqueta del producto terminado, declaración de alérgenos y presentaciones estatales de contacto alimentario.

Biopesticida agrícola

MARCOS AUTORIZADOS

Exención de mínimo riesgo EE. UU. EPA 25(b) para quitosano y poli-D-glucosamina (40 CFR 152.25); estatus de sustancia básica de biocontrol en la UE; elicitador de defensa vegetal aprobado en Japón y Corea.

TRABAJO DEL CLIENTE

Registros estatales por marca (CA, NY y otros), expediente de eficacia, texto de etiqueta.

Cosméticos y cuidado personal

MARCOS AUTORIZADOS

Listado INCI como “Quitosano” y sus sales; entrada en CosIng de la UE; el marco MoCRA de instalaciones cosméticas en EE. UU. aplica a los productos terminados.

TRABAJO DEL CLIENTE

Registro de instalación MoCRA, expediente de sustentación de seguridad, etiquetado conforme a INCI.

Agua, uso médico y nuevos usos

MARCOS AUTORIZADOS

Listados NSF/ANSI 60 como coagulante para agua potable para los grados que califican; precedente FDA 510(k) para apósitos hemostáticos de quitosano; autorizaciones como clarificador para agua potable y piscinas en la mayoría de las jurisdicciones.

TRABAJO DEL CLIENTE

Presentación NSF específica de producto o de dispositivo médico, consulta con el regulador para uso novedoso.

Introducción.

El quitosano es un activo industrial global. Se obtiene de mariscos, insectos, hongos y ciertos tipos de algas, y su impacto medible abarca hoy desde la agricultura y el tratamiento de agua hasta la seguridad alimentaria, la salud animal y la medicina. Este manual está escrito para los CEO, formuladores e inversionistas que necesitan inteligencia científica y comercial accionable.

- Casos de uso reales, no abstracciones de laboratorio.
- Derivados certificados con CAS y Certificados de Análisis vinculados al lote.
- Alineación regulatoria: GRAS, FDA, EFSA, REACH, ISO.
- Protocolos respaldados por pilotos de Shield Nutraceuticals y Promecens Entosystems.

I

LA MOLÉCULA

Orígenes, obtención, derivados y métodos analíticos. Capítulos 1–5.

II

APLICACIONES

Agricultura, alimentos, salud animal y micotoxinas. Capítulos 6–8.

III

AGUA, AMBIENTE E INDUSTRIA

Tratamiento de agua, suplementos, cuidado oral e industrial. Capítulos 9–12.

IV– VI

FABRICACIÓN, FRONTERA Y REFERENCIA

Estudios piloto, cumplimiento, perspectiva de mercado, glosario, índice y referencias.

Editores y equipo.

EDITORS

Steve Nice

CO-FOUNDER & CEO, SHIELD NUTRACEUTICALS / CHITOSAN GLOBAL

Emprendedor enfocado en negocios que promueven productos y sistemas que ayudan a las personas. Cofundador y ex-CEO de BedinaBox.com — creador del primer colchón con certificación OekoTex en la historia de EE. UU. — y responsable de la eliminación del dibutil-estaño y de ftalatos peligrosos en la fabricación de espuma de poliuretano.

Charles Collins, PhD

VICE PRESIDENT, SHIELD NUTRACEUTICALS

Químico de disolución y profesor de ciencias farmacéuticas. Más de cuarenta años como farmacéutico. PhD en farmacocinética. Miembro fundador del equipo científico de Shield Nutraceuticals y coformulador de DigestShield.

CONTRIBUTING TEAM

Sheridan Nice

Co-Founder, Shield Nutraceuticals, Director, Serenity Knoll Farm & Cooking School. Graduate of La Varenne, Paris. 40 años as a professional chef.

Abhinav Chauhan

Socio. Fundador y CEO, Promecens Entosystems Pvt. Ltd., India. Científico interdisciplinario con paso por CSIR-IGIB, MIT, Cambridge, Pfizer, Novartis y el Peter Doherty Institute.

Jorge M. Estrada

VP, Global Sales. M.S. Bovine Nutrition, Kansas State. Agrónomo degree, Zamorano. 34 años' experience in high-tech agriculture.

Dr. W. Andrew "Andy" Clark, PhD

Scientific Advisory Board. PhD Nutritional Biochemistry. Registered Dietitian Nutritionist. Emeritus Professor. Pioneer in quitosano as an antimicrobial. Co-formulator of DigestShield.

Dr. Audrey Depelteau, DC

Consejo Asesor Científico. Quiropráctico con más de 26 años de experiencia clínica. Director de un laboratorio de incubación de negocios. Miembro fundador del equipo de ciencia y ESG.

Herbert Herman Alvarado

VP, Negocios Agroindustriales para LATAM. Más de 30 años en comercio de café, cacao y productos frescos en EE. UU., México, Ecuador y Guatemala. Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana; BS, Kansas State; MBA, Santa Clara University.

Mario Cabrera

VP, Pet Products. 20+ años across Nestlé, Shell, Sara Lee, Colgate-Palmolive/Hill's, Merck Animal Health, Boehringer-Ingelheim, Elanco, and Dechra.

Alvaro Corzo

VP, Joint Ventures en América Latina. Ingeniero agrónomo con más de 35 años en nutrición vegetal, bioestimulación, salud de suelos y agricultura regenerativa en América Latina y el Caribe.

Julio Vasconez

VP, International Markets. Agricultural Engineer, MBA. 36+ años in sustainable agribusiness. Specialist in cocoa, cut-flower production, traceability systems, and EUDR compliance.

Mitchell Drake

Ventas EE. UU. Emprendedor enfocado en agricultura regenerativa. Especialista en remediación de aguas de producción para petróleo y gas con quitosano y biochar.

Bart R. Dunsford, PhD

Director of Veterinary Health & Nutrition. BS Animal Science, Kansas State; MS Nutrition and PhD Veterinary Anatomy, Texas A&M. 20+ años across GTC Nutrition, Biowish, Penford, and Lallemand.

Dr. Clifford Wiegand, MD

Scientific Advisory Board. Retired Nephrologist.

Dr. Tom Rogers, MD

Scientific Advisory Board. Founder, Performance Medicine. Fellowship Trained and Board Certified in Integrative Medicine; Board Certified in Sports Medicine (A4M). MD, ETSU Quillen College of Medicine.

Dr. Noel Marshall, PhD

Consejo Asesor Científico. Investigación y ciencias aplicadas.

Dr. John Hott, PhD

Regulatory Expert. PhD, Analytical Química.

Robert Santos-Prowse, MS, RDN

Consejo Asesor Científico. Dietista-Nutricionista Registrada. MS en Nutrición Clínica, East Tennessee State University. Lideró la investigación y la orientación editorial para Shield Nutraceuticals.

ÍNDICE

Qué contiene este libro.

PRELIMINARES

Prólogo	3
Agradecimientos	4
La carga tóxica del cuerpo — la idea fundacional	5
Quitosano — Wow.	6
Autorizaciones regulatorias	10
Introducción	11
Editores y equipo	12
Índice	13
Acrónimos y abreviaturas	14

PARTE I · LA MOLÉCULA

Cap 1	Orígenes y cronología	15
Cap 2	Fuentes: hongo, marisco, BSF	20
Cap 3	Los nueve derivados principales	24
	La escalera de carga	24
	Protonación y la barrera de pK_a	25
	Grados de pH extendido (FG, AG, IG)	26
	Guía de selección para el formulador	37
	Catálogo de productos	38
Cap 4	Cómo leer un Certificado de Análisis	39

PARTE II · APLICACIONES

Cap 5	Protección de cultivos y mezclado agrícola	40
Cap 6	Seguridad alimentaria y Quitosano FG en productos frescos	45
Cap 7	Salud animal y nutrición de terneros	52
Cap 8	Nutrición de mascotas	57
Cap 9	Micotoxinas: Quitosano IG	59

PARTE III · AGUA, AMBIENTE E INDUSTRIA

Cap 10	Tratamiento de agua: reemplazo de alumbre, PFAS	64
Cap 11	Floculación: vino, whisky, lácteos, piscinas	68
Cap 12	Como suplemento dietético	72
	Grasas, microplásticos, PFAS, metales pesados	73
Cap 13	En cuidado oral	78
Cap 14	Fibra antimicrobiana y cosméticos	82

PARTE IV · FABRICACIÓN

Cap 15	Cómo se fabrica el quitosano	85
--------	------------------------------	----

PARTE V · LA FRONTERA

Cap 16	Quitosano de éter corona — captura de litio	88
--------	---	----

PARTE VI · REFERENCIA

Cap 17	Perspectiva hacia 2030	92
	Referencias I, II, III	96
	Glosario	99
	Índice temático (A–Z)	100

Acrónimos.

ACP	Fosfato de calcio amorfo
AFB₁	Aflatoxina B ₁
BRD	Enfermedad respiratoria bovina
BSF	Mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>)
CAS	Número de registro Chemical Abstracts Service
CMC / CMCS	Chitosan carboximetilado
CoA / COA	Certificado de Análisis
COS	Oligosacárido de quitosano
DDA	Grado de desacetilación
DoQ	Grado de cuaternización
DS	Grado de sustitución
EFSA	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
ETEC	<i>Escherichia coli</i> enterotoxigénica
FCR	Índice de conversión alimenticia
FG	Grado alimenticio (nivel de producto de Chitosan Global)
FHB	Fusariosis de la espiga
GRAS	Reconocido Generalmente Como Seguro (FDA de EE. UU.)
GRN	Aviso GRAS (expediente de la FDA)

HCl	Ácido clorhídrico / sal clorhidrato
IG	Grado industrial (nivel de producto de Chitosan Global)
kDa	Kilodalton (1000 daltons)
LMW	Bajo peso molecular
CBM	Concentración bactericida mínima
CIM	Concentración inhibitoria mínima
MW	Peso molecular
NAHMS	Sistema Nacional de Vigilancia de Salud Animal del USDA
OIV	Organización Internacional de la Viña y el Vino
PFAS	Sustancias per- y polifluoroalquiladas
PFOA / PFOS	Ácido perfluorooctanoico / perfluorooctanosulfónico
Q_{max}	Capacidad máxima de adsorción (mg/g)
RCT	Ensayo controlado aleatorizado
TMC	Chitosan trimetilado (N,N,N-trimetilado)
TVC / TPC	Recuento viable total / recuento total en placa
USDA	Departamento de Agricultura de EE. UU.
w/v	Peso por volumen (concentración)
pK_a	Constante de disociación ácida

PARTE UNO

Qué es el quitosano.

15

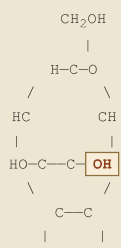


A un grupo amino de distancia de la celulosa.

COMPARACIÓN LADO A LADO · LA SUSTITUCIÓN QUE LO CAMBIA TODO

CELULOSA

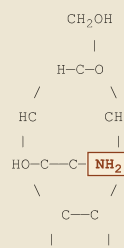
Poli β -1,4-D-glucosa



Neutra. Estructural. El grupo hidroxilo en C-2 hace inerte a la celulosa — el polímero de andamio de toda la vida vegetal.

QUITOSANO

Poli β -1,4-D-glucosamina



Cargado positivamente. Reactivo. La amina ($-NH_2$) en C-2 es lo que permite al quitosano enlazar patógenos, metales y PEAS.

La celulosa y el quitosano comparten casi la misma cadena principal. Donde la celulosa lleva un hidroxilo ($-OH$), el quitosano lleva una amina ($-NH_2$). Esa sola sustitución en el C-2 convierte a un azúcar estructural inerte en el único polímero cargado positivamente de la naturaleza.



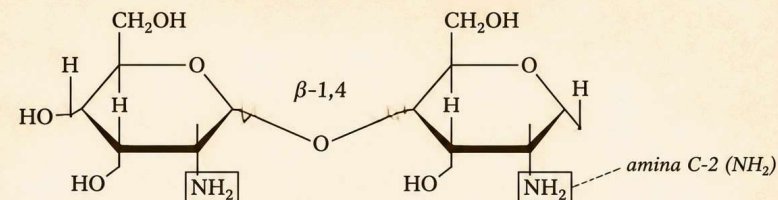
De origen natural. Cargado positivamente.

El quitosano es un polisacárido de origen natural que posee carga eléctrica positiva. Esa carga es el origen de toda aplicación funcional que se deriva de él — interacción directa con superficies microbianas de carga negativa, partículas contaminantes y tejidos vegetales, animales y humanos.

Se obtiene a partir de la quitina — uno de los biopolímeros naturales más abundantes de la Tierra, presente en crustáceos, hongos, insectos y ciertas algas — mediante una reacción de desacetilación que convierte cada grupo acetilo en una amina primaria.

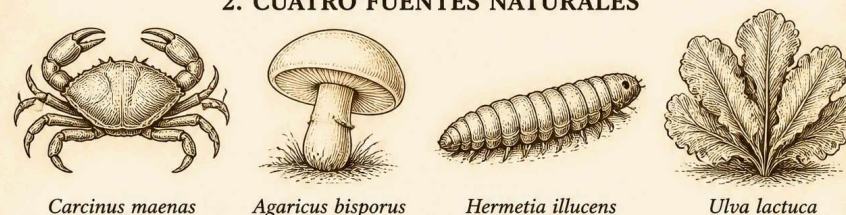
El quitosano se valora como una alternativa biocompatible y de origen natural frente a métodos químicos sintéticos más agresivos. Sus propiedades funcionales versátiles abarcan I+D, biomédica y sanitaria, alimentos y agricultura, y remediación ambiental.

1. QUÉ ES EL QUITOSANO

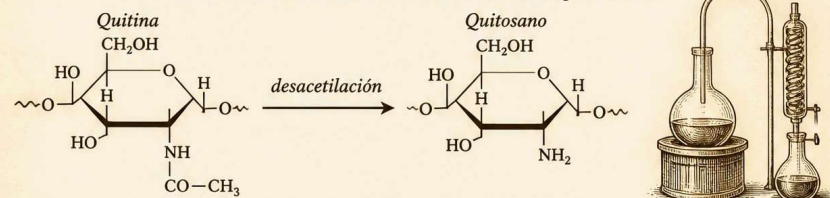


El único biopolímero de origen natural con carga positiva.

2. CUATRO FUENTES NATURALES



3. PRODUCCIÓN A PARTIR DE QUITINA



La desacetilación enzimática convierte los grupos acetilo en aminas primarias.

4. DÓNDE FUNCIONA



Figura 1.1 · Chitosan Global

Descubierto en 1811. Industrializado en 2026.

1811	Henri Braconnot aísla fungina de las paredes celulares de hongos — el primer registro publicado de la quitina.
1859	Charles Rouget descubre que al calentar quitina en álcali se obtiene quitosano — un polímero soluble y cargado positivamente.
1878	Se adopta formalmente el nombre <i>chitosan</i> ; se establece su relación estructural con la celulosa.
1930s	Primera extracción a escala industrial a partir de exoesqueletos de crustáceos; primeros trabajos textiles y de tratamiento de agua.
1970s	Se documenta la actividad antimicrobiana; comienzan las aplicaciones para el cuidado de heridas en Japón y Escandinavia.
2003	Las fuerzas militares de EE. UU. despliegan apósitos hemostáticos de quitosano; comienza su uso en el campo de batalla.
2009	La OIV aprueba el quitosano de origen fúngico para clarificación de vino — primer despliegue clean-label en una categoría alimentaria regulada.
2013	Aviso GRAS 443 de la FDA para quitosano de camarón (Primex ChitoClear) aceptado para uso en alimentos humanos.
2023	Aviso GRAS 997 de la FDA para quitosano de hongo <i>Agaricus</i> + β -glucano — la primera vía completamente vegana de uso alimentario del quitosano.
2026	Chitosan Global lanza Quitosano FG (alimentario), Quitosano IG (micotoxinas) y la química de éter corona para litio.

Nueve categorías, nueve ingredientes reemplazados.

APLICACIÓN	ACTUAL	POR QUÉ GANA EL QUITOSANO
Preservante para panificación	Propionato de calcio, sorbatos, benzoatos	Clean-label
Clarificación de vino	Ictiocola, gelatina, caseína, clara de huevo	Vegano, sin alérgenos
Coagulante para tratamiento de agua	Alumbre, sulfato férrico, PAC	Sin aluminio residual
Remediación de PFAS	Carbón activado granular	Mayor capacidad, menor costo
Aditivo para alimentación avícola	Antibióticos subterapéuticos	Sin ruta de resistencia antimicrobiana
Apósito hemostático para heridas	Gasa + selladores de fibrina	Bioabsorbible, sin origen animal
Acabado textil antimicrobiano	Nanopartículas de plata, triclosán	Sin filtración de metales
Recuperación de litio	Piletas de evaporación, resinas DLE	Selectividad, huella hídrica
Ligante de micotoxinas	Bentonita, carbón activado	Afinidad por carga dirigida