



Incluye
**VERSIÓN
DIGITAL**
en inglés

13.^a
EDICIÓN

Phillips

CIENCIA de los **MATERIALES DENTALES**



SHEN | RAWLS | ESQUIVEL-UPSHAW

Phillips. Ciencia de los materiales dentales

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

13.^a
EDICIÓN

Phillips

CIENCIA de los MATERIALES DENTALES

Chiayi Shen, PhD

Courtesy Associate Professor
Department of Restorative Dental Sciences
College of Dentistry
University of Florida
Gainesville, Florida

H. Ralph Rawls, PhD

Professor of Biomaterials
Research Division
Department of Comprehensive Dentistry
University of Texas Health Science Center at San Antonio
San Antonio, Texas

Josephine F. Esquivel-Upshaw, DMD, MS, MS-CI, FACD

Professor
Department of Restorative Dental Sciences
College of Dentistry
University of Florida
Gainesville, Florida





ELSEVIER

Avda. Josep Tarradellas, 20-30, 1.º, 08029, Barcelona, España

Phillips' Science of Dental Materials, 13th edition

Copyright © 2022 by Elsevier, Inc. All rights reserved.

Previous editions copyrighted 2013, 2003, 1996, 1991, 1982, 1973, 1967, 1960, 1954, 1946, 1940 and 1936

ISBN: 978-0-323-69755-2

This translation of *Phillips' Science of Dental Materials*, 13th edition by Chiayi Shen, H. Ralph Rawls and Josephine F. Esquivel-Upshaw, was undertaken by Elsevier España, S.L.U. and is published by arrangement with Elsevier, Inc.

Esta traducción de *Phillips' Science of Dental Materials*, 13th edition, de Chiayi Shen, H. Ralph Rawls y Josephine F. Esquivel-Upshaw, ha sido llevada a cabo por Elsevier España, S.L.U. y se publica con el permiso de Elsevier, Inc.

Phillips. Ciencia de los materiales dentales, 13.ª edición, de Chiayi Shen, H. Ralph Rawls y Josephine F. Esquivel-Upshaw

© 2022 Elsevier España, S.L.U., 2004

ISBN: 978-84-1382-223-5

eISBN: 978-84-1382-304-1

Todos los derechos reservados.

Reserva de derechos de libros

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70/93 272 04 45).

Advertencia

Esta traducción ha sido llevada a cabo por Elsevier España, S.L.U. bajo su única responsabilidad. Facultativos e investigadores deben siempre contrastar con su propia experiencia y conocimientos el uso de cualquier información, método, compuesto o experimento descrito aquí. Los rápidos avances en medicina requieren que los diagnósticos y las dosis de fármacos recomendadas sean siempre verificados personalmente por el facultativo. Con todo el alcance de la ley, ni Elsevier, ni los autores, los editores o los colaboradores asumen responsabilidad alguna por la traducción ni por los daños que pudieran ocasionarse a personas o propiedades por el uso de productos defectuosos o negligencia, o como consecuencia de la aplicación de métodos, productos, instrucciones o ideas contenidos en esta obra. Con el único fin de hacer la lectura más ágil y en ningún caso con una intención discriminatoria, en esta obra se ha podido utilizar el género gramatical masculino como genérico, remitiéndose con él a cualquier género y no solo al masculino.

Revisión científica:

Luis Alberto Moreno López

Profesor Contratado Doctor

Departamento de Especialidades Clínicas Odontológicas

Facultad de Odontología

Universidad Complutense de Madrid

Ana Isabel Tello Rodríguez

Licenciada en Odontología

Universidad Complutense de Madrid

Servicios editoriales: DRK Edición

Depósito legal: B. 6.191 - 2022

Impreso en Italia

Colaboradores

William A. Brantley, PhD

Professor Emeritus
Graduate Program in Dental Materials Science
Division of Restorative, Prosthetic and Primary Care Dentistry
College of Dentistry
The Ohio State University
Columbus, Ohio

*Capítulo 2 Estructura de la materia, clasificación
de los materiales y principios de adhesión*
Capítulo 9 Metales

Charles F. DeFreest, DDS

Dental Laboratory Director
59th Dental Laboratory
Wilford Hall Ambulatory Surgical Center
San Antonio, Texas

*Capítulo 16 Materiales y procesos de corte, desbastado, acabado
y pulido*

Josephine F. Esquivel-Upshaw, DMD, MS, MS-CI, FACD

Professor
Department of Restorative Dental Sciences
College of Dentistry
University of Florida
Gainesville, Florida

Capítulo 10 Materiales de base cerámica
Capítulo 12 Implantes dentales
Capítulo 19 Investigación clínica sobre restauraciones

Saulo Geraldelli, DDS, MS, PhD

Associate Professor
Department of General Dentistry
School of Dental Medicine
East Carolina University
Greenville, North Carolina

Capítulo 1 Visión general de los materiales dentales

Lawrence Gettleman, DMD, MSD

Professor Emeritus of Biomaterials & Prosthodontics
School of Dentistry
University of Louisville
Louisville, Kentucky

Capítulo 11 Polímeros y resinas protésicas
Capítulo 14 Revestimientos y procedimientos para colado
Capítulo 20 Tecnologías emergentes

Jason A. Griggs, PhD

Associate Dean for Research
Professor and Chair, Department of Biomedical Materials
Science

School of Dentistry
University of Mississippi Medical Center
Jackson, Mississippi

Capítulo 18 Investigación in vitro de materiales dentales

Jack E. Lemons, PhD

Professor
Department of Prosthodontics
School of Dentistry
University of Alabama at Birmingham
Birmingham, Alabama

Capítulo 12 Implantes dentales

Jacob G. Park, DDS

Professor of Dentistry/Clinical
School of Dentistry
University of Texas Health Science Center at San Antonio
San Antonio, Texas

Capítulo 15 Tecnología digital en odontología

Rodney D. Phoenix, DDS, MS

Associate Dean for Dental Research
Postgraduate Dental College
Uniformed Services University of the Health Sciences
JBSA-Fort Sam Houston
San Antonio, Texas

Capítulo 11 Polímeros y resinas protésicas

Carolyn M. Primus, PhD

Consultant
Primus Consulting
Bradenton, Florida

Capítulo 7 Cementos dentales

Capítulo 20 Tecnologías emergentes

H. Ralph Rawls, PhD

Professor of Biomaterials
Research Division
Department of Comprehensive Dentistry
University of Texas Health Science Center at San Antonio
San Antonio, Texas

*Capítulo 2 Estructura de la materia, clasificación
de los materiales y principios de adhesión*

Capítulo 3 Propiedades físicas y químicas de los sólidos

Capítulo 5 Composites a base de resina

Capítulo 6 Adhesión y adhesivos

Capítulo 15 Tecnología digital en odontología

Capítulo 20 Tecnologías emergentes

Gottfried Schmalz, DDS, DMD, PhD, Dr.h.c

Professor

Department of Conservative Dentistry and Periodontology

University Hospital

University of Regensburg

Regensburg, Germany

*Capítulo 17 Biocompatibilidad***Chiayi Shen, PhD**

Courtesy Associate Professor

Department of Restorative Dental Sciences

College of Dentistry

University of Florida

Gainesville, Florida

*Capítulo 1 Visión general de los materiales dentales**Capítulo 2 Estructura de la materia, clasificación
de los materiales y principios de adhesión**Capítulo 4 Propiedades mecánicas de los sólidos**Capítulo 8 Amalgamas dentales**Capítulo 13 Materiales auxiliares**Capítulo 14 Revestimientos y procedimientos para colado***Kyumin Whang, PhD**

Professor/Research

Department of Comprehensive Dentistry

University of Texas Health Science Center at San Antonio

San Antonio, Texas

*Capítulo 5 Composites a base de resina**Capítulo 6 Adhesión y adhesivos**Capítulo 20 Tecnologías emergentes*

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta



Dr. Eugene W. Skinner



Dr. Ralph W. Phillips



Dr. Kenneth J. Anusavice

Queremos dedicar esta edición a los tres primeros editores de este libro.

Dr. Eugene W. Skinner (I-VI), Dr. Ralph W. Phillips (V-IX), y Dr. Kenneth J. Anusavice (X-XII)

El Dr. Eugene Skinner, profesor de física en la Northwestern University School of Dentistry en Chicago, publicó la primera edición de *Ciencia de los materiales dentales* en 1936. El Dr. Skinner incorporó a Ralph Phillips como coautor de la 5.^a edición del libro en 1960. El Dr. Skinner falleció durante la etapa de revisión de la 6.^a edición en 1966. Se le rinde homenaje con la «Conferencia conmemorativa Eugene W. Skinner» en la Northwestern University. La serie de conferencias se rebautizó como «Conferencia conmemorativa Eugene W. Skinner y Eugene P. Laurenschlager» en el Department of Biomedical Engineering de la Northwestern University. El Dr. Phillips rebautizó el libro *Skinner. Ciencia de los materiales dentales* en las ediciones 7.^a a 9.^a. Después del fallecimiento del Dr. Phillips en 1991, el libro se ha rebautizado posteriormente como *Phillips. Ciencia de los materiales dentales* desde la 10.^a edición.

A lo largo de una eminente carrera de cinco décadas, el Dr. Ralph Phillips fue reconocido como uno de los líderes más prominentes del mundo en el campo de la ciencia de los materiales dentales. Fue uno de los primeros científicos dentales en investigar la relación entre las pruebas de laboratorio y el rendimiento clínico. Inició investigaciones clínicas diseñadas para analizar el efecto del entorno oral en los materiales de restauración y para determinar la biocompatibilidad de estos materiales, así como la eficacia de las formulaciones de materiales y técnicas de uso más nuevas. Durante sus numerosos años en activo, mantuvo un firme compromiso con su interés original por la relevancia clínica de los hallazgos de laboratorio, un enfoque que dominó tanto su estilo de docencia como sus actividades de investigación. Entre sus numerosas contribuciones a la odontología, el Dr. Phillips fue pionero en los estudios de la influencia del fluoruro en la solubilidad y la dureza del esmalte dental y su potencial anticariogénico cuando se añadía a los materiales de restauración. En la década de 1960, coordinó el primer taller sobre materiales dentales adhesivos, que reunió a expertos investigadores de los campos de la adhesión, la ciencia de los polímeros y la estructura dental. Durante su carrera, publicó más de 300 artículos científicos y libros, y organizó más de 40 simposios y conferencias relacionados con los biomateriales y la investigación científica.

El Dr. Kenneth Anusavice es Distinguished Professor Emeritus en la University of Florida y es uno de los principales científicos en el campo de los materiales dentales. Entre sus numerosos premios, uno de los que está más orgulloso es el premio Wilmer Souder por investigación en materiales dentales, concedido por la International Association for Dental Research (IADR) en 1996. El Dr. Anusavice fue presidente de la International Organization for Standardization (ISO)/Technical Committee (TC) 106/SC 2: Materiales de prostodoncia en el periodo 1999-2014, y fue elegido presidente de la ISO/TC 106-Odontología en 2014 hasta su jubilación en 2016. El Dr. Anusavice fomentó numerosas colaboraciones con distintos científicos dentales en todo el mundo. Formó parte del consejo editorial de muchas revistas, entre las que destacan *Dental Materials* y *Journal of Dentistry*. Editó varios libros, escribió muchos capítulos de libros, publicó más de 180 artículos y es reconocido como una de las mayores autoridades en materiales dentales y ciencia de la cerámica. Quizá su contribución más significativa a la ciencia de los materiales dentales sea su papel de mentor de innumerables estudiantes y posgraduados que ahora son líderes respetados en el campo de la investigación. Recibió el premio Irwin D. Mandel Distinguished Mentoring, otorgado por la American Association for Dental Research (AADR) en 2016, que atestigua su dedicación al fomento del desarrollo de las carreras de estudiantes y profesores jóvenes en el área de la investigación en materiales dentales.

Portada

La imagen de la portada es un fractal generado por ordenador. Los fractales son patrones complejos interminables autosemejantes a diferentes escalas, es decir, que cada porción puede considerarse una imagen a escala reducida del conjunto. Dicho de otro modo, cuando se amplía una parte del objeto, su aspecto se parecerá básicamente a una parte fija del objeto completo. Este fenómeno fractal es aparente en el aspecto de objetos como copos de nieve y cortezas de árboles, que existen en la naturaleza. En teoría, cada patrón espacial que existe en este mundo es un fractal. En la animación del fractal de Mandelbrot¹ se pueden observar las características autosimilares.

La geometría fractal es no euclídea, con una dimensión expresada generalmente por un número no entero, es decir, con fracciones en lugar de un número entero como sucede en la geometría euclídea, como 1 para una línea, 2 para una superficie y 3 para un sólido. Por ejemplo, se ha determinado que la dimensión fractal de la costa oeste de Gran Bretaña² es de 1,25. Cuanto menor sea la dimensión, más recta y lisa será la línea de costa. Cuanto mayor sea la dimensión, más tortuosa y ondulada será la línea de costa. La capacidad de la geometría fractal para describir de forma sencilla líneas y superficies, por lo demás complejas, ha llevado a su aplicación en muchos campos

de la química, la física, la ingeniería, la informática y la ciencia de los materiales.

Un ejemplo destacado del uso del análisis fractal en la ciencia de los materiales dentales es el análisis de las superficies de fractura de las restauraciones. Cuando un material se fractura por fragilidad, la superficie de la fractura registra el evento de tal modo que muchas características importantes asociadas con las tensiones que causaron la fractura se hacen evidentes. En lugar de afirmar que una superficie es rugosa o lisa, la dimensión fractal de la superficie proporciona el medio para asignar una «nota» numérica a la tortuosidad. Las observaciones experimentales³ demuestran que la tenacidad frente a la fractura de los materiales cerámicos es proporcional a la raíz cuadrada de su incremento de dimensión fractal (D^*). D^* es igual a la parte decimal de la dimensión fractal y su valor oscila entre 0 y 1.

El análisis fractal puede ser una herramienta forense potente para la evaluación clínica de las restauraciones cerámicas⁴. En muchos casos en los que se ha identificado el sitio del fallo, el investigador puede distinguir entre las fracturas causadas por sobrecarga y errores de procesamiento, pues cada modo de fallo debería tener dimensiones fractales distintas de los materiales utilizados.

¹Fractal de Mandelbrot: https://en.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot_set.

²Mandelbrot BB: How long is the coast of Britain? - Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science* 156:636-638, 1967.

³Griggs JA: Using fractal geometry to examine failed implants and prostheses. *Dent Mater* 34:1748-1755, 2018.

⁴Mecholsky JJ, Hsu SM, Jadaan O, Griggs J, et al: Forensic and Reliability Analyses of Fixed Dental Prostheses. *J Biomed Mat Res* 01 Feb 2021, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jbm.b.34796>.

Prefacio

Odontólogos e ingenieros tienen mucho en común. Los odontólogos diseñan restauraciones y prótesis que deben resistir en la cavidad oral. En ese proceso, los odontólogos toman decisiones basadas en la experiencia personal y la evidencia clínica para conceptualizar el diseño óptimo de la estructura protésica y la restauración final. Al igual que los ingenieros, los odontólogos deben ser conscientes de los principios del diseño y contar con unos conocimientos suficientes de las propiedades físicas de los diversos tipos de materiales que utilizan. El objetivo es aplicar el mejor juicio basado en la evidencia en su selección del diseño y los materiales. Por ejemplo, los odontólogos deben saber si la situación clínica, como una restauración amplia, requiere el uso de amalgama, composite de resina, cemento, aleación colada, cerámica o metal-cerámica. Además de los requisitos mecánicos de los materiales que están en la experiencia formativa de un ingeniero, los requisitos estéticos y fisiológicos son esenciales para el odontólogo.

Los objetivos de este libro son: 1) presentar los aspectos básicos de la ciencia de los materiales relevantes para las aplicaciones dentales a los lectores con una formación previa escasa o nula en ingeniería; 2) describir las propiedades básicas de los materiales dentales que se relacionan con la manipulación clínica por odontólogos y/o técnicos del laboratorio dental; 3) caracterizar la durabilidad y la estética de las restauraciones y prótesis dentales elaboradas con materiales biomédicos, y 4) identificar las características de los materiales que afectan a la compatibilidad tisular y la seguridad biológica general. Se pretende que la tecnología y la información proporcionadas llenen el vacío entre los conocimientos de biomateriales obtenidos en cursos básicos de ingeniería de materiales, química y física, y el uso de los materiales en el laboratorio y la clínica dentales. El libro sigue haciendo hincapié en el *por qué* en lugar de en el *cómo* a la hora de seleccionar y utilizar los materiales dentales, y en el modo en el que el ambiente oral los afecta. A lo largo de toda la obra se insiste en los parámetros de manipulación requeridos para obtener el máximo rendimiento. Sin embargo, se anima al lector a comprender el fundamento para la selección de un material o procedimiento técnico particular.

La cronología de la presentación de los temas en esta edición sigue el formato de la 12.^a edición, con algunas modificaciones. En la 13.^a edición, se han añadido una sección nueva y tres capítulos nuevos, junto con la fusión de algunos capítulos en uno. Esta edición tiene 20 capítulos divididos en 5 secciones de 4 capítulos para centrar el enfoque de los capítulos en cada sección. La parte I, «Clasificación y propiedades de los materiales dentales», abarca la información fundamental para el ámbito de los materiales dentales y sus propiedades físicas/mecánicas relevantes para la selección con vistas a las aplicaciones dentales. El capítulo 1 se ha revisado para que se centre en el papel de los materiales en la odontología clínica. Los temas de los metales y los polímeros se han fusionado con el capítulo 2, junto con una breve introducción a la cerámica y los composites. La parte II, «Materiales de restauración directa», se centra en cuatro grupos de materiales: composites de resina, adhesión y adhesivos, cementos dentales y amalgamas dentales. La parte III, «Materiales de restauración indirecta», se centra en el uso de metales, cerámicas dentales, resinas de base de prótesis e implantes dentales. El cambio principal es la fusión de la aleación colada dental, la unión de metales y los metales forjados en un único capítulo. La

parte IV, «Fabricación de prótesis», presenta los materiales necesarios y la tecnología de la elaboración de prótesis metálicas a partir de los componentes básicos. Los capítulos sobre materiales de impresión, productos de yeso y ceras dentales se han fusionado en el capítulo 13, «Materiales auxiliares». Se ha añadido un nuevo capítulo, titulado «Tecnología digital en odontología» (cap. 15). La parte V, «Evaluación de las restauraciones dentales», es una sección nueva que engloba dos capítulos previos (caps. 17 y 20) y dos capítulos nuevos (caps. 18 y 19). El fundamento de esta sección y los capítulos incluidos se describen en la sección de «Organización del libro» del capítulo 1.

Varios de los capítulos recogen cambios significativos en los enfoques de los temas específicos. El capítulo 1, «Visión general de los materiales dentales», se ha revisado para incluir una breve descripción de la estructura dental y los posibles problemas existentes que requieren intervención. Se describen ejemplos de problemas y tratamientos reconocidos. Los temas de la evolución de los biomateriales y las normas para la garantía de la seguridad y la calidad se distribuyen a lo largo de los capítulos 17, 18 y 20. Después de fusionarse con los contenidos sobre metales y polímeros, el capítulo 2, «Estructura de la materia, clasificación de los materiales y principios de adhesión», se organiza en la siguiente secuencia: estructura de los átomos y las moléculas, enlaces entre átomos y entre moléculas, estructura cristalina frente a amorfa, clases de materiales (metales, cerámicas y polímeros) resultantes de los enlaces, propiedades generales de cada clase de material, componentes clave de la cuarta clase de material, composites y principios de adhesión. Debe recordarse que los composites descritos aquí no se limitan a los utilizados en odontología. El capítulo delinea el papel de la adhesión (unión) en la formación de materiales. La relevancia de la adhesión se refuerza en los capítulos 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Por último, el capítulo 20, «Tecnologías emergentes», describe las tecnologías de reciente aparición que tienen potencial para aplicaciones dentales y plantea las posibles tecnologías futuras en la odontología.

En esta edición se han añadido tres nuevos capítulos. En las dos últimas décadas, se han presentado nuevas tecnologías y equipos digitales a la comunidad dental que han alcanzado su madurez. El capítulo 15, «Tecnología digital en odontología», presenta una revisión de las tecnologías de imagen dental y diseño asistido por ordenador/fabricación asistida por ordenador (CAD-CAM, *computer-aided design/computer-aided manufacturing*), como las impresiones digitales, el fresado y la impresión tridimensional (3D) y los materiales utilizados en la actualidad para cada proceso. El uso de la tecnología digital para la elaboración de prótesis (CAD-CAM) también se aborda en los capítulos 9 («Metales»), 10 («Materiales de base cerámica») y 11 («Polímeros y resinas protésicas»).

La investigación en materiales dentales se ha especializado en las técnicas y el análisis de datos, y la relevancia clínica de la investigación *in vitro* suele ponerse en duda. En el capítulo 18, «Investigación *in vitro* de materiales dentales», se describe la importancia de la investigación *in vitro* en el desarrollo de mejores materiales preventivos, de restauración y auxiliares, así como las limitaciones de la investigación *in vitro* a la hora de tomar decisiones clínicas. También se describen los métodos de modelado informático y los métodos estadísticos para pronosticar el rendimiento clínico basándose en los datos recogidos *in vitro*.

La prueba definitiva para un material de restauración es el rendimiento clínico como restauración, incluidas la longevidad y la predictibilidad de uso. En el capítulo 19, «Investigación clínica sobre restauraciones», se comentan las pruebas de rendimiento clínico de los biomateriales dentales, que se consideran las pruebas más válidas del comportamiento de un material en el entorno oral. Se comentan los diversos tipos de estudios clínicos, junto con las ventajas y los inconvenientes de cada uno de ellos. Además, en este capítulo se describen los métodos analíticos existentes para evaluar el rendimiento.

Al igual que en las dos últimas ediciones, cada capítulo contiene una sección de términos clave con definiciones diseñadas para familiarizar al

lector con el contenido del capítulo y varias preguntas de pensamiento crítico destinadas a estimular el pensamiento y hacer hincapié en los conceptos importantes. Las respuestas a estas preguntas suelen encontrarse en la sección o secciones que siguen inmediatamente a cada pregunta. Los términos clave seleccionados enumerados se asocian con el contenido del capítulo, pero la lista no tiene la finalidad de ser un glosario del capítulo. En esta edición, las 10 referencias más relevantes se citan en el libro y el resto se pueden consultar *online*.

Chiayi Shen
H. Ralph Rawls
Josephine F. Esquivel-Upshaw

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Agradecimientos

En una revisión de esta magnitud, los editores deben recurrir a la experiencia de colegas y amigos. Igual de importante, e incluso más, es un libro con unas bases sólidas que faciliten el proceso. Somos realmente afortunados de que los Dres. Eugene W. Skinner, Ralph W. Phillips y Kenneth J. Anusavice sentaran las bases del libro a lo largo de 75 años. Muchas personas merecen reconocimiento, tanto por sus contribuciones al campo de la ciencia de los materiales dentales como a las ediciones previas, y a la revisión de este libro.

Se han realizado nuevas sugerencias sobre la reorganización y el contenido de la 13.^a edición para adaptarla a las necesidades siempre cambiantes de la comunidad dental. El Dr. Saulo Geraldini ha realizado contribuciones significativas al capítulo 1 para proporcionar una panorámica de los materiales preventivos y de restauración. El Dr. William Brantley ha realizado contribuciones significativas al capítulo 2 sobre las clases de materiales y adhesión, y ha combinado todos los temas sobre metales, excepto la amalgama en el capítulo 9. El Dr. Kyumin Whang ha escrito el capítulo 5 y ha colaborado en la revisión del capítulo 6 sobre adhesivos y el capítulo 20 sobre tecnologías emergentes. La Dra. Carolyn Primus ha revisado el capítulo 7 sobre cementos y ha realizado contribuciones importantes a la revisión del capítulo 20. Los Dres. Rodney Phoenix y Larry Gettleman, ambos prestigiosos protodoncistas, han elaborado de forma conjunta el capítulo 11 sobre polímeros y resinas protésicas. El Dr. Gettleman también ha colaborado en los capítulos 14 y 20. En la revisión del capítulo 12 ha colaborado el Dr. Jack Lemons, un experto reconocido a nivel internacional en materiales y diseños de implantes. El 15 es un capítulo nuevo sobre tecnología digital elaborado por los Dres. Ralph Rawls y Jacob Park. El Dr. Charles DeFreest ha realizado contribuciones significativas a la revisión del capítulo 16 sobre acabado y pulido. El Dr. Gottfried Schmalz ha revisado el capítulo 17 sobre biocompatibilidad. El Dr. Jason Griggs ha colaborado en el capítulo 18 sobre pruebas *in vitro* de materiales dentales, un capítulo nuevo en la 13.^a edición que debería ser de utilidad para dilucidar qué pruebas de laboratorio utilizar para los materiales antes de su comercialización. El capítulo 19 sobre inves-

tigación clínica de restauraciones es un capítulo nuevo elaborado por la Dra. Josephine Esquivel-Upshaw. Los capítulos 18 y 19 describen los puntos fuertes y débiles de ambas categorías de investigación y destacan la necesidad de lograr un equilibrio.

Gran parte de las ilustraciones proceden de la 12.^a edición y han sido elaboradas por Jeannie Robertson. Las ilustraciones reproducidas de la 11.^a edición fueron creadas por el Dr. José dos Santos, Jr.

Expresamos nuestro agradecimiento a quienes colaboraron en la 12.^a edición y en las ediciones previas de este libro, pero que no han sido colaboradores de la 13.^a edición. Varios de los capítulos revisados contienen porciones de secciones de colaboradores de ediciones previas. Entre estos colaboradores, se incluyen los Dres. Grayson Marshall Jr., Sally Marshall, Barry Norling, Sibel Antonson, Erica Texeira, Qian Wang, John Wataha, Jack Ferracane, Rodway Mackert Jr., Karl-Johan Söderholm, Harold Stanley y Paul Cascone. Estos profesionales han proporcionado una aportación significativa a la 12.^a edición y/o a ediciones previas, en las que se han realizado varios cambios significativos para mejorar la legibilidad y las perspectivas clínicas sobre los biomateriales dentales. En su afán por fomentar la odontología basada en la evidencia, han aunado la ciencia básica, la ciencia clínica y los hallazgos de la investigación aplicada o traslacional con las variables de procesamiento y manipulación con el fin de optimizar la producción y los resultados clínicos.

También queremos agradecer la inmensa colaboración del Dr. Kenneth Anusavice a las ediciones 10.^a a 12.^a de este libro. Él constituye una auténtica inspiración para todos los científicos de materiales dentales, porque sirve de conexión entre el laboratorio y las aplicaciones clínicas. También agradecemos a su esposa, la Dra. Sandi Anusavice, su ayuda con la edición del texto en esta nueva edición.

Por último, queremos agradecer al personal de Elsevier su ayuda a la hora de organizar y agilizar las actividades relacionadas con la publicación de la 13.^a edición. Entre estas personas, se incluye a Alexandra Mortimer, Joslyn Dumas y Kathleen Nahm durante la fase de planificación y redacción, así como a Umarani Natarajan y Radhika Sivalingam en la fase de edición y producción.

Índice de capítulos

Parte I Clasificación y propiedades de los materiales dentales

1	Visión general de los materiales dentales	3
2	Estructura de la materia, clasificación de los materiales y principios de adhesión	15
3	Propiedades físicas y químicas de los sólidos	49
4	Propiedades mecánicas de los sólidos	64

Parte II Materiales de restauración directa

5	Composites a base de resina	87
6	Adhesión y adhesivos	115
7	Cementos dentales	128
8	Amalgamas dentales	153

Parte III Materiales de restauración indirecta

9	Metales	171
10	Materiales de base cerámica	202

11	Polímeros y resinas protésicas	233
12	Implantes dentales	253

Parte IV Fabricación de prótesis

13	Materiales auxiliares	275
14	Revestimientos y procedimientos para colado	306
15	Tecnología digital en odontología	326
16	Materiales y procesos de corte, desbastado, acabado y pulido	332

Parte V Evaluación de las restauraciones dentales

17	Biocompatibilidad	355
18	Investigación <i>in vitro</i> de materiales dentales	381
19	Investigación clínica sobre restauraciones	390
20	Tecnologías emergentes	401

	Índice alfabético	413
--	-------------------	-----

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Clasificación y propiedades de los materiales dentales

- 1 Visión general de los materiales dentales, 3
- 2 Estructura de la materia, clasificación de los materiales y principios de adhesión, 15
- 3 Propiedades físicas y químicas de los sólidos, 49
- 4 Propiedades mecánicas de los sólidos, 64

Propiedad de Elsevier
Prohibida su reproducción y venta

Visión general de los materiales dentales

ESQUEMA DEL CAPÍTULO

Cavidad oral

Estructura de los dientes

Posibles problemas y tratamientos asociados a los dientes

Categorías de materiales dentales

Retos de los materiales dentales en la cavidad oral

Necesidad futura de biomateriales dentales

Organización del libro

TÉRMINOS CLAVE

Material de restauración temporal Cemento o composite a base de resina utilizado durante un periodo que va desde unos días hasta varios meses para restaurar o sustituir temporalmente los dientes o la estructura dental ausentes hasta que se pueda colocar una prótesis o restauración definitiva y duradera.

Material dental auxiliar Sustancia utilizada en la elaboración de una prótesis dental que no se convierte en parte de la prótesis.

Material dental de restauración Sustancia metálica, cerámica, metal-cerámica o a base de resina utilizada para sustituir,

reparar o reconstruir los dientes y/o mejorar la estética.

Un material restaurador directo se coloca en la preparación del diente y se transforma en una restauración. Un material restaurador indirecto se fabrica extraoralmente para elaborar una prótesis.

Material dental preventivo Cemento, revestimiento o material de restauración que sella las fosas y fisuras o libera un agente terapéutico, como fluoruro y/o iones mineralizantes, para prevenir o detener la desmineralización de la estructura dental.

Los dentistas y los ingenieros tienen objetivos similares a largo plazo en sus profesiones, es decir, diseñar, construir, aplicar y evaluar dispositivos o estructuras con materiales que puedan ser sometidos a una amplia gama de condiciones ambientales. Deben conocer a fondo las propiedades y características de comportamiento de los materiales que pretenden utilizar. Sin embargo, los dentistas deben realizar diagnósticos adecuados, prevenir la caries dental y tratar quirúrgicamente las estructuras dentales afectadas. Posteriormente, deben seleccionar un material, o materiales, para aplicaciones directas o indirectas con el fin de restaurar las funciones intraorales del paciente. La ciencia de los materiales dentales abarca una amplia gama de terminología, composición, microestructura y propiedades utilizadas para describir o predecir el rendimiento de los materiales desarrollados para aplicaciones dentales. Los cursos anteriores de matemáticas, química y física deberían haber preparado a los lectores para leer este libro y comprender los términos y los principios que intervienen en la descripción del comportamiento de estos materiales tal y como se utilizan en la clínica y en los laboratorios de ensayo del ámbito académico, las instalaciones gubernamentales y la industria.

Las propiedades de los materiales pueden clasificarse en propiedades químicas y físicas. Las propiedades químicas consisten generalmente en la composición y el comportamiento de los materiales en un entorno químico, independientemente de cualquier interacción con otras influencias externas. Estas propiedades se presentarán en los capítulos en los que se describen materiales específicos. Las propiedades físicas (v. apartado «Introducción», en [cap. 3](#)) son variables medibles que describen el aspecto, la sensación o el comportamiento de un objeto cuando este es sometido a agentes externos, como el calor, la luz, la humedad o la fuerza. Las propiedades mecánicas son un aspecto de las propiedades físicas, relacionadas principalmente con el comportamien-

to de los materiales en respuesta a las fuerzas o las presiones aplicadas externamente (v. apartado «¿Qué son las propiedades mecánicas?», en [cap. 4](#)). En un entorno clínico, el comportamiento de los materiales dentales puede depender de diversas variables simultáneamente, pero nuestra capacidad para diferenciar los factores o las propiedades primarias de las secundarias nos permitirá comprender o predecir fácilmente el rendimiento de un material. Además, esta posibilidad de predecir el rendimiento clínico nos permitirá analizar las causas de la degradación estructural y el fracaso de estos materiales cuando dejen de cumplir las funciones previstas en la cavidad oral.

En este capítulo describiremos la función de la cavidad oral, la estructura del diente, los posibles problemas de los dientes que requieren intervención, las categorías de materiales según su aplicación, los retos de estos materiales para restaurar la función de los dientes, las cuestiones de seguridad de los materiales dentales, la necesidad futura de biomateriales dentales y la organización del libro.

Cavidad oral

Como espacio anatómico y parte de la cabeza y el cuello, la cavidad oral está formada por los labios, las mejillas, las glándulas salivales menores, la encía, la lengua, el paladar duro y los dientes. Como parte de la evolución humana, la cavidad oral se desarrolló para permitir a los humanos ingerir alimentos, masticar, deglutir, respirar y hablar.

Además, la cavidad bucal es un procesador de alimentos para el organismo. La presencia y la colonización de bacterias, junto con una anatomía dental específica, la saliva y la masticación (movimiento), comienzan la descomposición de los alimentos e inician el proceso digestivo. De este modo, los seres humanos son capaces de obtener los nutrientes necesarios para la supervivencia. Además, tanto la oclusión

como la masticación requieren que el maxilar y la mandíbula, los músculos y los dientes trabajen en conjunto para lograr este objetivo. Un componente distintivo necesario en esta interacción (fig. 1-1, A) para cortar y triturar los alimentos es la fuerza. A lo largo de este libro, el lector encontrará que el término *fuerza* se utiliza con frecuencia, por lo que se justifica una presentación adecuada del término.

PREGUNTA CLAVE

¿Cómo se genera la fuerza y cómo se mide la cantidad de fuerza?

¿Qué es la fuerza?

En la física clásica, la *fuerza* se define como la interacción entre dos objetos durante la acción de empujar o tirar. Cuando los dientes antagonistas entran en contacto durante la oclusión, se produce una interacción y las *fuerzas* actúan sobre los dientes en contacto. Por tanto, se puede decir que la fuerza existe como resultado de una interacción, o cuando dos objetos entran en contacto. De acuerdo con la tercera ley del movimiento de Newton, para cada acción hay una reacción igual y opuesta, o en otras palabras, para cada interacción hay un par de fuerzas que van en direcciones opuestas procedentes de ambos objetos (fig. 1-1, B). Cuando esta interacción cesa, o cuando los dientes no ocluyen, los dos objetos dejan de experimentar fuerza. Sin embargo, no toda interacción requiere un contacto físico. Por ejemplo, los objetos caen al suelo porque la gravedad terrestre tira constantemente de los objetos hacia la tierra.

La fuerza es un vector que tiene dirección y magnitud. La cantidad de fuerza se mide utilizando una unidad denominada *newton*, abreviada con una «N». Un Newton es la cantidad de fuerza necesaria para dar a una masa de 1 kg una aceleración de 1 m/s², lo que significa que 1 N = 1 kg · m/s². La aceleración hace que un objeto inmóvil se ponga en movimiento. Sabemos que la aceleración gravitatoria de la Tierra es de unos 9,8 m/s². Por tanto, la gravedad ejerce una fuerza de 9,8 N sobre un objeto con una masa de 1 kg. Si este objeto está apoyado sobre una mesa, se ejercerá una fuerza de 9,8 N sobre la zona de contacto. Además, si suponemos que esta área de contacto es de 100 mm² (1×10^{-4} m²), y dividimos la fuerza aplicada entre el área, obtenemos un valor de 0,098 N/mm² ($= 9,8 \times 10^4$ N/m²) para la fuerza, denominada *presión*, sobre la superficie. La unidad de presión del Sistema Internacional es N/m², que también se denomina *pascal* (Pa). La fuerza aplicada por el peso del objeto se distribuye por todo el sustrato de apoyo como tensión interna y puede causar deformación del sustrato. La tensión se calcula dividiendo la fuerza entre el área de la sección transversal del sustrato y tiene la misma unidad del Sistema Internacional que la

presión. El concepto de tensión y deformación se tratará en el apartado «Propiedades de tensión-deformación» del capítulo 4.

Fuerzas de masticación y de apretamiento

La gama de fuerzas de masticación varía notablemente de una zona a otra de la cavidad oral y entre distintas personas. Las fuerzas de masticación máximas más citadas son de 400-890 N para los molares, 222-445 N para los premolares, 133-334 N para los caninos y 89-111 N para los incisivos. Aunque existe un solapamiento considerable, la fuerza de apretamiento suele ser mayor en los hombres comparados con las mujeres y en los adultos jóvenes comparados con los niños.

En un estudio de 2002 se describió una fuerza media de apretamiento de 462 N, con un rango de 98-1.031 N para personas de 28-76 años (media de edad = 46) que habían perdido sus dientes posteriores. En comparación, las personas con dentición completa ejercieron una fuerza de apriete media de 720 N con un rango de 244-1.243 N. Si se aplica una fuerza de 756 N a la punta de una cúspide sobre un área equivalente a 3,9 mm², el esfuerzo de compresión sería de 193 MPa (1 MPa = 1×10^6 Pa). Si el área es menor, la tensión dentro de la cúspide sería proporcionalmente mayor. El *Guinness Book of Records* (1994) recoge la mayor fuerza de apretamiento humana: 4.337 N sostenidos durante 2 s. La fuerza de apretamiento máxima sostenible media es de alrededor de 756 N.

Teniendo en cuenta esta información, cabe preguntarse qué atributos o características permiten al diente soportar tal fuerza. Hagamos una pausa y familiaricémonos con las estructuras del diente.

PREGUNTA CLAVE

¿Cómo permite la estructura del diente la resistencia a la fractura por carga oclusal?

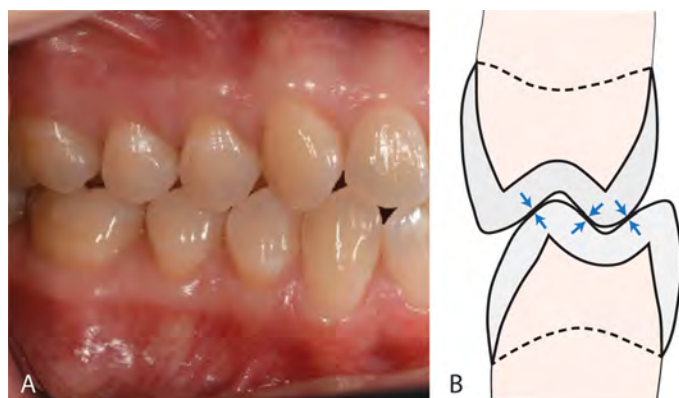
Estructura de los dientes

En la cavidad oral, los dientes están firmemente unidos al maxilar y la mandíbula por tejidos conjuntivos de soporte dental (cemento, ligamento periodontal). Este conjunto de tejidos garantiza una flexibilidad suficiente para soportar las fuerzas de la masticación y actuar como aislantes térmicos y químicos. Los dientes desempeñan funciones importantes en la cavidad oral. Los dientes anteriores pueden agarrar y cortar los alimentos hasta un tamaño adecuado para la boca (tamaño de bocado). También intervienen en el habla y contribuyen a la estética facial. La morfología de los dientes posteriores está diseñada para triturar los alimentos del tamaño de un bocado en tamaños más pequeños, lo que facilita el paso de los alimentos desde la faringe hasta el estómago.

En su plena formación y capacidad fisiológica, los dientes tendrán las siguientes estructuras: esmalte, dentina, unión amelodentinaria (UAD), pulpa y cemento (fig. 1-2).

Esmalte

El *esmalte* dental es un compuesto biológicamente cerámico formado por cristales fibrosos de apatita de 20 nm de diámetro dispuestos con precisión (92-94% del volumen). El significado de *composite* se explicará en el apartado «Composites» del capítulo 2. El contenido no mineral restante (2-4% del peso) está representado por agua, lípidos y varios péptidos. Esta pequeña cantidad de componentes no minerales, junto con su estructura jerárquica anisotrópica, regula las propiedades mecánicas del esmalte para responder a las necesidades funcionales del diente, como la fuerza y la resistencia al desgaste tras la carga. A escala micrométrica, el esmalte contiene estructuras prismáticas e interprismáticas (fig. 1-3), que comienzan en la UAD y se extienden hasta la superficie del diente. La capacidad de la estructura prismática rígida,



• **Figura 1-1** Interacción entre los dientes. **A**, Dentición humana natural de un paciente adulto que muestra los dientes superiores e inferiores en máxima intercuspidación. **B**, Fuerzas que actúan sobre los dientes en oclusión.

junto con el componente orgánico de la sustancia interprismática, de debilitar la concentración de tensión en el frente de grieta, si está presente, mejora la resistencia del esmalte a la fractura por la tensión generada en el contacto superficial.

Dentina

La *dentina* es un tejido mineralizado compuesto que contiene menos minerales que el esmalte y está formado por hidroxiapatita carbonatada nanocristalina (fig. 1-4). El contenido orgánico (30% del volumen) corresponde casi exclusivamente a fibrillas de colágeno tipo I y proteínas no colágenas, como proteoglicanos. Además, este tejido tiene una característica morfológica peculiar: la presencia de túbulos que se extienden desde la UAD hasta la pulpa. Estos túbulos tienen diámetros que varían desde 2,5 μm cerca del tejido pulpar hasta 0,8 μm en la

UAD. También discurren transversalmente a la raíz o en forma de S en la corona. Esta microestructura anisotrópica, orientada jerárquicamente y menos mineralizada, sirve de base, da forma a las raíces y protege la pulpa. Cuando recibe cargas intraorales y se aplica una fuerza paralela a los túbulos, la dentina responde mejor mecánicamente que cuando se aplican cargas perpendiculares.

Unión amelodentinaria

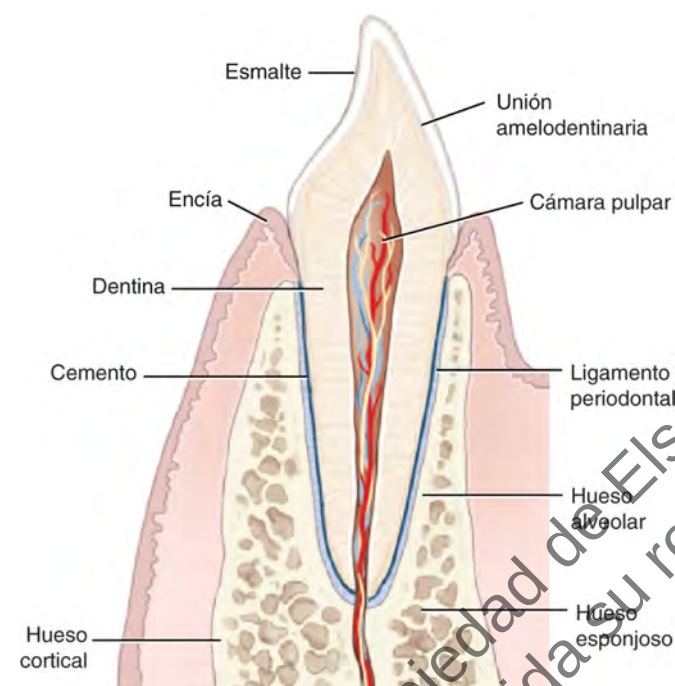
Entre el esmalte, más duro y quebradizo, y la dentina, más blanda y duradera (resistente), existe una unión funcionalmente graduada, la UAD, que permite una transición suave de las cargas del esmalte a la dentina (fig. 1-5). Esta interfase inhibe la propagación de grietas desde el esmalte hacia la dentina, lo que favorece la integridad del diente durante las acciones de masticación. Aunque aparecen líneas de fractura entre el esmalte y la dentina como resultado de una acción masticatoria continua y/o de una carga de impacto ocasional, el esmalte raras veces se desprende de la dentina, lo que hace que la UAD sea muy resistente a los daños.

Cemento

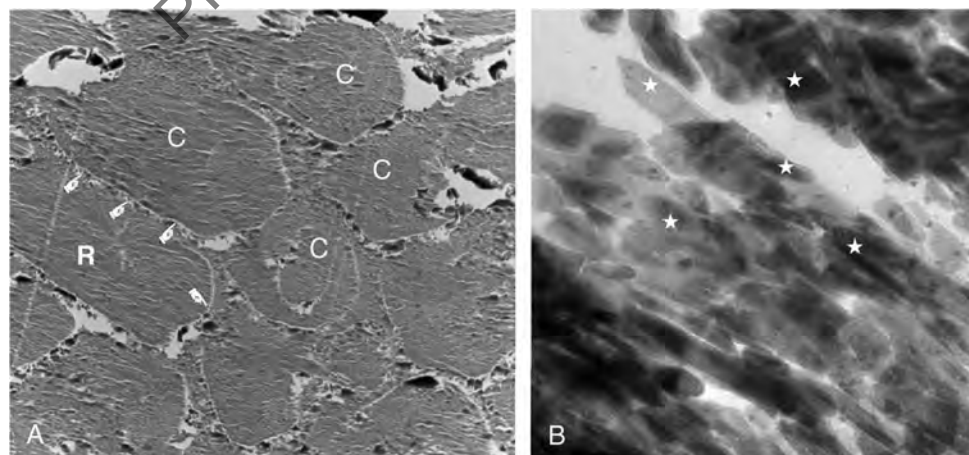
El cemento es un tejido mineralizado que cubre toda la superficie de la raíz del diente. El cemento está compuesto por agua, matriz orgánica y mineral. Alrededor del 50% de la masa seca es inorgánica y está formada por cristales de hidroxiapatita. El resto de la matriz orgánica está formada, en gran parte, por colágeno y, en menor medida, por glucoproteínas y proteoglicanos. La función principal del cemento es sostener o anclar el diente, junto con las principales fibras periodontales y el hueso alveolar.

Pulpa

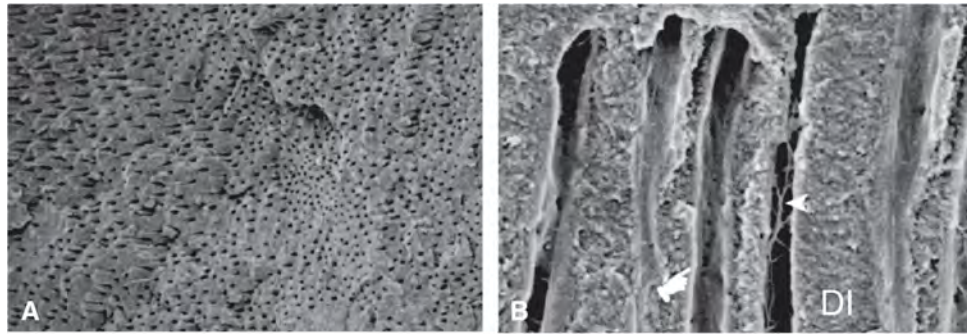
La pulpa dental está situada en el centro de la cavidad pulpar y, muy a menudo, se asemeja a la superficie externa del diente. Este tejido conjuntivo especializado, laxo y fibroso, está compuesto por fibrillas de colágeno y sustancia fundamental orgánica, compuesta por un 75% de agua y un 25% de materia orgánica. Como órgano, la pulpa cumple funciones fisiológicas clave: formativa o de desarrollo (genera dentina), nutritiva (suministra nutrientes e hidratación a través del sistema vascular), protectora (responde a lesiones y estímulos nocivos) y sensitiva (la red de fibras nerviosas transmite el dolor aferente). Siempre que sea posible, especialmente cuando se utilicen materiales dentales, es muy deseable preservar la salud de estos tejidos vitales.



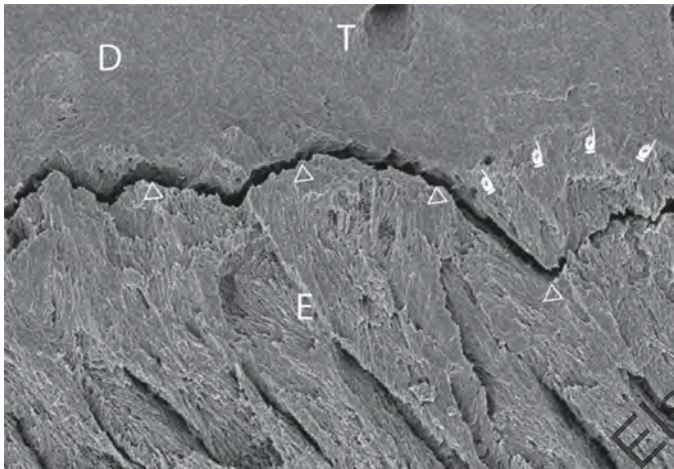
• **Figura 1-2** Vista transversal esquemática de un diente anterior natural y los tejidos de soporte.



• **Figura 1-3** Imágenes de microscopio electrónico de transmisión de esmalte sano. **A**, Imagen de alta resolución del esmalte que muestra la organización estructural entre los prismas (R) y el material interprismático (C) ($\times 3.000$). **B**, Imagen de ultraalta resolución que muestra la distribución de los cristales en un prisma (estrellas blancas). Los espacios semiblanco entre los cristales son porosidades ($\times 200.000$).



• **Figura 1-4** Imágenes de microscopía electrónica de barrido de muestras de dentina sana fracturada. **A**, presencia masiva de túbulos abiertos ($\times 400$). **B**, Mayor aumento de una fractura longitudinal que permite visualizar la dentina intertubular (DI), la dentina peritubular (*indicador*) y la estructura orgánica que queda libre dentro del túbulo dentinario denominada lámina limitante (*flecha*) ($\times 4.000$).



• **Figura 1-5** Imagen de microscopía electrónica de barrido de la región de unión amelodentinaria (UAD) de un diente humano sano que muestra la dentina (D), el esmalte (E) y el túbulo dentinario (T). Los indicadores señalan la transición suave entre el esmalte y la dentina. Debido a la diferencia estructural entre el esmalte y la dentina, la separación cohesiva en la interfase, indicada por Δ , es un artefacto de la preparación de la muestra.

Posibles problemas y tratamientos asociados a los dientes

Teniendo en cuenta la duración de la vida y el estilo de vida de los seres humanos, existen tres categorías de problemas que pueden afectar y cambiar el aspecto, la estructura, la posición y la función normales de los dientes hasta llegar a resultados no deseados que requieren una intervención para restaurar su función. Estas categorías son de naturaleza biológica, genética y mecánica.

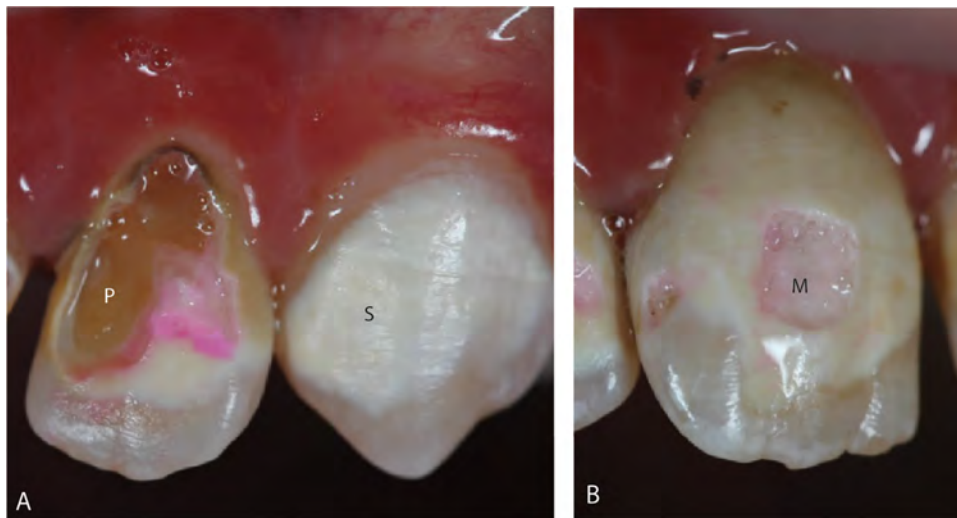
Problemas biológicos

La cavidad oral es un ecosistema abierto con las comunidades microbianas más diversas del cuerpo y está constantemente amenazada. La cavidad oral es también el lugar donde comienza la digestión de los alimentos (sólidos y líquidos) y el aparato que los humanos utilizan para comunicarse. En este entorno, la inevitable interacción entre las bacterias, la saliva, la higiene bucal y la dieta puede dar lugar a salud o enfermedad. Si dicha interacción favorece un equilibrio entre estos factores, se promueve la salud oral. Por el contrario, si se produce un desequilibrio (es decir, una higiene oral deficiente y una dieta rica en azúcares), se desarrollarán lesiones cariosas que darán lugar a lesiones activas superficiales (S), moderadas (M) y profundas (P) (fig. 1-6).

Las lesiones cariosas activas superficiales suelen localizarse solo a nivel del esmalte y tienen un aspecto calcáreo (v. fig. 1-6, A). Si estas lesiones se localizan en superficies lisas vestibulares o linguales, se denominan *lesiones de manchas blancas*. Las lesiones de manchas blancas pueden tratarse mediante la aplicación de materiales altamente fluorados o mediante la infiltración de resinas adhesivas polimerizables, sin relleno y de baja viscosidad. Si las lesiones superficiales están presentes en surcos, se utilizan selladores de fosas y fisuras. Clínicamente, se recomienda la aplicación de selladores en surcos no cariosos en pacientes pediátricos y adolescentes con alto riesgo de caries. Todos estos tratamientos no implican una intervención quirúrgica, sino que utilizan, en parte, la porosidad de la estructura del diente causada por el proceso de caries para la infiltración de iones de flúor o monómeros fluidos polimerizables para la protección contra un mayor ataque ácido. Las lesiones cariosas de moderadas a profundas indican la pérdida de estructura dental, a menudo con un sustrato de dentina expuesto (v. fig. 1-6, A y B). Lamentablemente, estos casos clínicos requieren el uso de fresas afiladas y/o instrumentos manuales para eliminar los tejidos afectados y remodelar las estructuras dentales restantes a fin de acomodar el biomaterial dental de restauración seleccionado. Los materiales pueden ser composites, cerámicas o metales, como se verá más adelante. Existe una gran variedad de diseños de preparación (remodelación), como la preparación de cavidades, *inlays*, *onlays* y coronas completas. En los casos de lesiones cariosas extensas que afectan a varios dientes, la única solución es la extracción dental unitaria o incluso de toda la dentición. Para recuperar la capacidad de masticar y hablar del paciente en caso de pérdida de dientes por extracción o traumatismo, se utilizan distintos tipos de prótesis, como prótesis fijas, implantes y prótesis removibles.

Problemas genéticos

En todo el mundo, en todos los países y culturas, no es raro observar a personas con oclusión desalineada o deficiente cuando sonríen o hablan. Estos fenómenos, denominados *maloclusión*, pueden estar causados por dientes supernumerarios, dientes perdidos, dientes impactados o dientes de forma anormal. Una mandíbula pequeña y poco desarrollada, causada por la falta de esfuerzo masticatorio durante la infancia, puede provocar el apiñamiento de los dientes (fig. 1-7, A), problema que puede tratarse con ortodoncia, a menudo mediante extracciones dentales planificadas, alineadores transparentes y/o aparatología ortodóncica. La aparatología ortodóncica son conjuntos de alambres metálicos flexibles y *brackets* fabricados con materiales metálicos o cerámicos. Los *brackets* se cementan a los dientes (fig. 1-7, B), y los alambres se aprietan y ajustan con el tiempo para que las propiedades elásticas del alambre apliquen gradualmente la fuerza suficiente para mover los dientes hacia la oclusión deseada. Sin embargo, los dientes tienden naturalmente a moverse, incluso después del tratamiento con *brackets*. Por ello, puede ser necesario llevar un retenedor hecho de



• **Figura 1-6** Lesiones cariosas activas en dientes anteriores. **A**, El aspecto calcáreo del esmalte desmineralizado representa una lesión cariosa superficial (S), y la dentina expuesta de color marrón oscuro muestra una lesión cariosa profunda (P). **B**, Lesión cariosa media (M) representada por la pérdida de esmalte antes de exponer la dentina.



• **Figura 1-7** Problema genético. **A**, Dientes anteriores inferiores desalineados. **B**, Se unieron al esmalte aparatos de ortodoncia de base cerámica/metálica para mover los dientes a la posición adecuada. **C**, Se fijó un alambre metálico al esmalte lingual de los dientes anteriores inferiores para evitar el desplazamiento de los dientes, que comprometería el resultado clínico previsto. (Por cortesía del Dr. Adalberto Paula Souza, Jr.)

alambres y resina acrílica o alambres unidos al diente (fig. 1-7, C) para evitar que los dientes recién alineados se muevan.

Problemas mecánicos

La interacción entre los dientes antagonistas que permite la reducción del tamaño de los alimentos también causa el desgaste de los dientes, lo que se denomina *atrición* y suele asociarse a la fuerza masticatoria y la actividad parafuncional. La atrición provoca, sobre todo, el desgaste de las superficies incisales y oclusales de los dientes. Aunque un cierto grado de atrición es normal, también puede producirse una pérdida innecesaria de la estructura dental en la unión amelocementaria en presencia de tensiones desequilibradas, fricción, biocorrosión (degradación química, bioquímica y electroquímica) o una combinación de estas. Se ha descrito en los estudios que la prevalencia de la atrición en la población puede alcanzar hasta el 75%. Los ejemplos clínicos son el *bruxismo/apretamiento*, causado por la actividad repetitiva de la parafunción de los músculos de la mandíbula que conduce a un desgaste oclusal excesivo; la *abfracción* (biocorrosión por tensión estática), y la *abrasión/biocorrosión*, causada por la acción de los alimentos y/o bebidas ácidas, así como de los cepillos de dientes, sobre la superficie de los dientes (fig. 1-8). Las opciones de tratamiento que requieren el uso de materiales dentales son la fabricación de una férula oclusal para desprogramar los músculos masticatorios y evitar el bruxismo y

el apretamiento, restauraciones para evitar un mayor desgaste y disminuir la sensibilidad, y «rehabilitación completa» para los casos graves. En los casos de fractura dental, la extensión y la cantidad restante de las estructuras dentales dictan el enfoque (es decir, restauración o extracción) y la selección del biomaterial dental de restauración.

PREGUNTA CLAVE

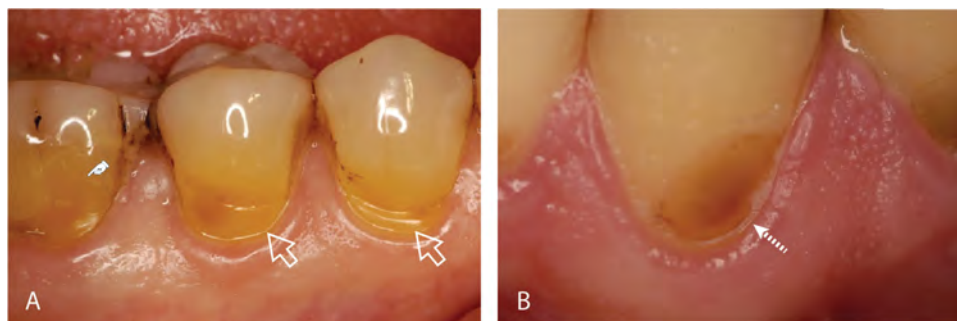
¿Cuáles son las diferencias entre los materiales dentales preventivos, de restauración y auxiliares que se utilizan al construir una prótesis dental fija?

Categorías de materiales dentales

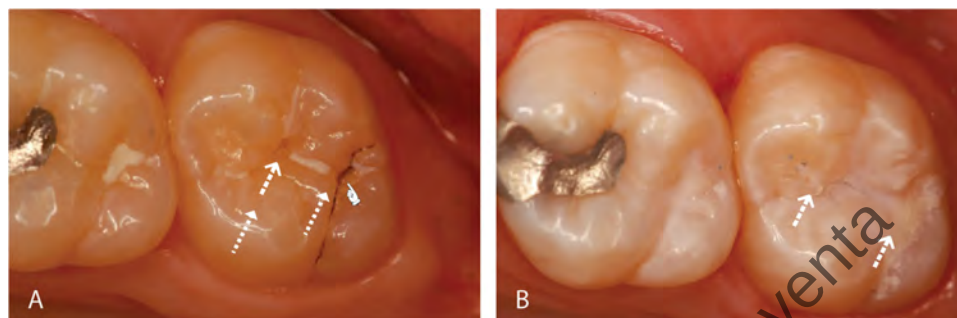
Los materiales dentales pueden fabricarse utilizando cualquiera de las cuatro clases de materiales: metales, cerámicas, polímeros o composites que se analizan en el capítulo 2. Desde el punto de vista de las aplicaciones previstas, se clasifican en preventivos, de restauración y auxiliares.

Materiales preventivos

Los **materiales dentales preventivos** suelen incluir materiales basados en polímeros que sellan superficies susceptibles del diente (es decir, fosas y fisuras) contra la caries (fig. 1-9) y/o liberan flúor u



• **Figura 1-8** Lesiones cervicales no cariosas. **A**, Erosión (flechas). **B**, Biocorrosión (flecha).



• **Figura 1-9** Sellador preventivo. **A**, Un sellador (flecha blanca discontinua) que requiere reparación y una zona de un surco profundo prevista para recibir el sellador (indicador). **B**, Sellador reparado y uno nuevo colocado.

otros agentes terapéuticos para prevenir o inhibir la progresión de la caries dental. La vida útil de los materiales de restauración puede limitarse a una aplicación a corto plazo (hasta varios meses) o períodos de tiempo moderadamente largos (1-4 años) cuando se utilizan para liberar agentes terapéuticos. Esto se debe a que, o bien los materiales se deterioran a medida que liberan los agentes terapéuticos, o bien pierden su capacidad preventiva cuando las tasas de liberación caen por debajo del límite terapéutico.

Materiales de restauración

Después del tratamiento con éxito de la enfermedad y la eliminación del tejido infectado, la pérdida evidente de la estructura dental necesita ser restaurada. Dependiendo de la cantidad de pérdida de estructura dental, la restauración puede ser una obturación, un *inlay/onlay*, una corona completa, un puente, un implante o una prótesis dental.

Los **materiales dentales de restauración** son componentes sintéticos que se utilizan para reparar o sustituir la estructura dental. Se agrupan según su composición, su función específica, el tipo de estructura dental que sustituyen o el método de fabricación. Esta sección se centrará en el método de fabricación, que se clasifica en materiales de restauración directos e indirectos. Sin embargo, a menudo se necesita una restauración provisional antes de colocar las restauraciones definitivas finales, especialmente en el caso de las restauraciones indirectas.

Materiales de restauración directa

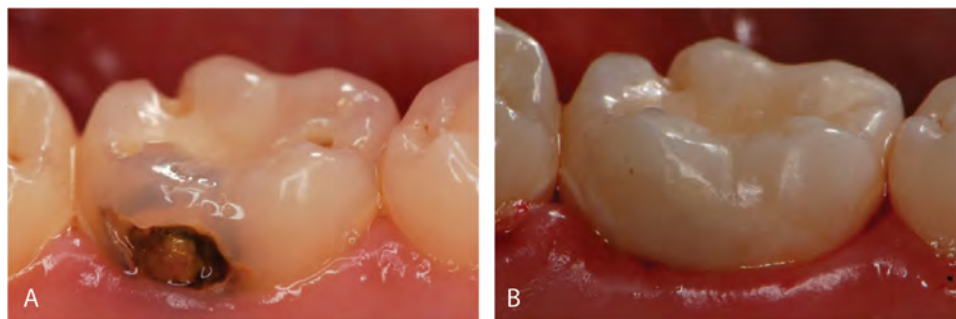
Los materiales de restauración directa son un grupo de materiales que se colocan directamente en una preparación dental diseñada y que pasan por una transformación de fase desde un estado fluido o moldeable a un estado sólido funcional mientras se adaptan a la preparación. El oro puro en forma de lámina, por ejemplo, puede utilizarse para hacer restauraciones dentales («obturaciones») directamente en los dientes, pero esta técnica se utiliza muy poco hoy en día. La aleación de amalgama es un polvo metálico que contiene plata, estaño y cobre, que genera una mezcla condensable (moldeable) que permite la colocación y el tallado a la temperatura intraoral en un

tiempo de trabajo razonable cuando se mezcla con mercurio. Una vez que esta mezcla se endurece, el sólido presenta la suficiente resistencia para desempeñar sus funciones como material de sustitución dental (v. apartado «Introducción», en **cap. 8**).

De forma similar, se incorporan partículas de vidrio o cerámica de diferentes tamaños (de micro- a nano-), formas y composiciones a una variedad de monómeros líquidos para generar los denominados materiales compuestos a base de resina (composites). Como resultado, se formulan materiales de composite de diferentes viscosidades y composiciones. Desde el punto de vista clínico, este grupo de materiales puede transformarse de moldeable a sólido en un breve periodo de tiempo cuando se mezclan dos componentes o cuando un solo componente, tal como se recibe, se expone a una luz azul de alta intensidad (**fig. 1-10**). El mecanismo de transformación de los primeros se denomina *polimerización química*, y el de los segundos, *fotopolimerización*, lo que proporciona a los odontólogos un control sin límite de tiempo a la hora de manipular, insertar o esculpir el material intraoralmente (v. apartado «Historia de los composites», en **cap. 5**). Un aspecto único que caracteriza a estos materiales es su capacidad de adherirse micromecánicamente a los dientes y otros sustratos de materiales dentales mediante mecanismos de unión. Este aspecto fomentó el concepto de odontología mínimamente invasiva. Su capacidad para imitar o reproducir el color de los dientes es muy relevante.

Materiales de restauración indirecta

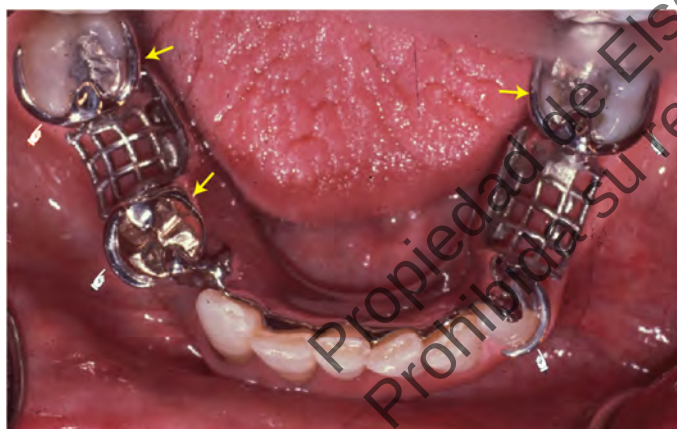
Durante su montaje, algunas restauraciones y prótesis se someten a pasos intra- y extraorales antes de su colocación en la cavidad oral (**fig. 1-11, A y B**). Estos materiales y técnicas están pensados para sustituir grandes áreas de estructura dental perdida, además de los dientes naturales. En general, se denominan *materiales de restauración indirecta* y pueden fijarse mediante cementación (**fig. 1-11, C**) o seguir siendo removibles, como una prótesis parcial sujeta por fricción (**fig. 1-12**), o una prótesis completa (**fig. 1-13**), que se sujeta a los tejidos blandos mediante humectación. El tema de la humectación se tratará en el apartado «Humectación» del **capítulo 2**.



• **Figura 1-10** Restauración directa con composite. **A**, Lesión cariosa activa/detenida en la superficie lingual de un diente molar inferior. **B**, Tras la extirpación quirúrgica de los tejidos cariados infectados, se colocó un material de restauración directa.



• **Figura 1-11** Restauración cerámica indirecta. **A**, Preparación del diente aislado con dique de goma. **B**, Restauración indirecta de cerámica realizada y adaptada a un molde de yeso piedra. **C**, Vista clínica del conjunto diente/cerámica tras finalizar los pasos de cementación adhesiva. (Por cortesía de la Dra. Karine Barizon.)



• **Figura 1-12** Estructura de prótesis parcial removible colocada. Los indicadores señalan los brazos retentivos, y las flechas, los brazos recíprocos. La zona de malla metálica entre los dientes proporciona lugares para retener los dientes artificiales con resina de prótesis del color del tejido.

Los metales y las aleaciones, debido a sus propiedades mecánicas, se han utilizado para realizar restauraciones protésicas dentales indirectas que incluyen *inlays/onlays*, coronas y puentes, estructuras parciales extraíbles e implantes. Un sistema metal-cerámica o porcelana fundida sobre metal es aquel en el que la cerámica estética se fusiona con sustratos metálicos, donde el metal funciona como una cofia, a modo de subestructura de soporte (fig. 1-14, A). Esto permite combinar la resistencia del metal con la estética de la cerámica. Los metales son componentes cruciales de los aparatos de ortodoncia correctiva, útiles para alinear los dientes mal posicionados, y se utilizan como base para la colocación de dientes artificiales de plástico y cerámica (armazón de prótesis parcial) y para los elementos retentivos (retenedores) en las estructuras de prótesis parcial (v. fig. 1-12).

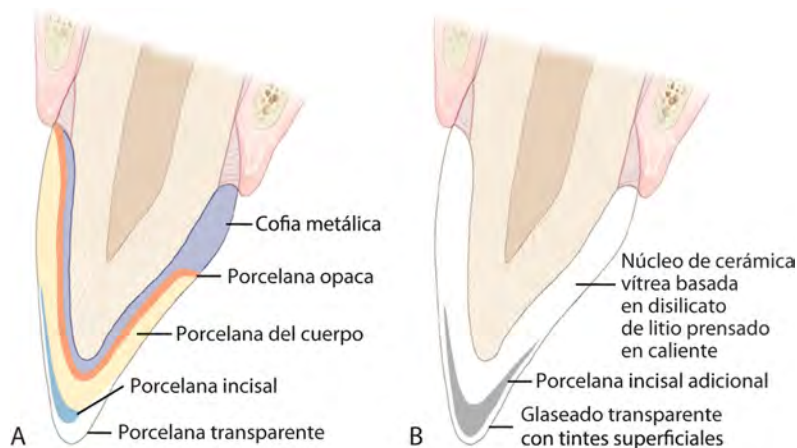


• **Figura 1-13** Conjunto de prótesis removibles completas. (Por cortesía del Dr. Maged Abdelaal.)

La cerámica, debido a su aspecto estético, también se ha utilizado para restaurar la estructura dental perdida de forma parcial (*inlays/onlays*) o completa (coronas) o para sustituir completamente un diente o dientes perdidos (prótesis dentales fijas de varias unidades o puentes). Sin embargo, debido a la necesidad de una alta resistencia a la fractura y al atractivo estético, las prótesis de cerámica se construyen en múltiples capas. La estructura cerámica-cerámica o totalmente cerámica (fig. 1-14, B) es similar al sistema metal-cerámica, salvo que la cofia metálica se sustituye por un núcleo cerámico más grueso y resistente (v. apartado «Historia de la cerámica dental», en cap. 10).

Materiales de restauración temporales y provisionales

Los **materiales de restauración temporales**, también denominados *materiales de restauración provisionales*, son productos utilizados para restauraciones dentales que no están destinados a aplicaciones a mediano o largo plazo. Las prótesis indirectas pueden tardar algún tiempo en crearse y entregarse, por lo que las restauraciones provisionales



• **Figura 1-14** Ilustración esquemática de dos prótesis unitarias. **A**, Corona de metal-cerámica. La región gris es la cofia metálica. Las regiones de color restantes representan varios tipos de cerámica utilizados para dar un aspecto estético. **B**, Corona totalmente cerámica de disilicato de litio. La cofia metálica delgada se sustituye por un núcleo cerámico grueso, y la cerámica multicapa se sustituye por porcelana incisal.



• **Figura 1-15** Modelado en cera de los dientes anteriores sobre un modelo de yeso. Este enfoque es un paso importante en el proceso de toma de decisiones entre el paciente y el clínico para el resultado estético y las tintaciones superficiales.

se colocan para proteger el diente preparado cubriendo cualquier esmalte, dentina o pulpa con exposición al entorno oral. Estas restauraciones provisionales permiten a los pacientes hablar y comer con normalidad. Algunos ejemplos son los cementos para la cementación de las restauraciones protésicas provisionales, otros materiales de restauración utilizados para las obturaciones, los alambres de ortodoncia y las resinas acrílicas que se utilizan cuando se realizan *inlays*, *onlays*, coronas y prótesis dentales fijas provisionales que abarcan dos o más dientes. Dependiendo de los procedimientos dentales necesarios, una restauración temporal/provisional puede estar en servicio durante varios meses y hasta 1 año.

Materiales auxiliares

Para fabricar prótesis dentales fijas, removibles y restauraciones directas se necesitan varias sustancias diferentes. Estas sustancias, sin embargo, no forman parte de estos aparatos o restauraciones y, por ello, se denominan **materiales auxiliares**. Entre ellos se encuentran los materiales para la toma de impresiones, los materiales de escayola para la fabricación de modelos, las ceras dentales para la elaboración de patrones de cera (fig. 1-15) (v. apartado «Ceras dentales», en cap. 13), los revestimientos para el colado de metales (v. apartado «Materiales de revestimiento», en cap. 14) y los abrasivos de acabado y pulido para el modelado y la estética (v. apartado «Beneficios del acabado y el pulido de los materiales de restauración», en cap. 16). Otros materiales se utilizan con fines auxiliares, pero no se describen como materiales auxiliares en este libro, como la matriz de plástico para los composites (v. apartado «Acabado y pulido de composites», en cap. 5), las soluciones de grabado ácido para mejorar la unión de las restauraciones

directas (v. apartado «Antecedentes históricos», en cap. 6), la matriz de metal para la amalgama (v. apartado «Condensación», en cap. 8) y las resinas acrílicas utilizadas para hacer impresiones personalizadas y cubetas de blanqueamiento (v. apartado «Cubetas de impresión de resina y materiales para cubetas», en cap. 11).

Retos de los materiales dentales en la cavidad oral

El objetivo primordial de la odontología es mantener o mejorar la calidad de vida del paciente. Este objetivo puede alcanzarse mediante la prevención de enfermedades, el alivio del dolor, la mejora de la eficacia de la masticación, la mejora del habla y la mejora del aspecto tras la pérdida de dientes y hueso. Sin embargo, las restauraciones y prótesis dentales, en comparación con la dentición natural, soportan retos adicionales para resistir el entorno oral. Por ejemplo, como reemplazo o adición a la estructura dental, se deben retener en su posición. Es deseable que la interfase diente/material sea fuerte y duradera. Deben resistir las cargas repetidas durante la masticación. Ambos factores determinan la longevidad de la restauración. Deben ser manipulados siguiendo instrucciones muy específicas para asegurar su rendimiento intraoral. La aceptación de la restauración por parte del paciente viene determinada por el aspecto estético, el coste y la seguridad del material. La evidencia de la integración material/diente a través de la formación de hidroxiapatita también conlleva la posible necesidad de reparación de los tejidos. Estos aspectos se abordan en las siguientes secciones.

PREGUNTA CLAVE

La retención de las restauraciones puede lograrse por medios mecánicos o adhesivos; ¿cuáles son las ventajas y los inconvenientes de estos enfoques?

Retención de las restauraciones

La retención, es decir, la acción de absorber y seguir manteniendo una sustancia o material, es un mecanismo de interfases muy relevante. El esmalte y la dentina, por ejemplo, son dos materiales biológicos diferentes que se mantienen unidos por una interfase graduada que varía suavemente entre las dos fases adherentes. Los materiales de restauración deben fijarse en su lugar de destino para ser funcionales. Sin embargo, en los inicios de la odontología no existía una interfase similar para unir los materiales de restauración a la estructura dental.

El primer enfoque consistía en eliminar la estructura del diente, principalmente para proporcionar un lugar para la retención macromecánica y crear resistencia al desprendimiento de las restauraciones. El inconveniente de este enfoque es la observación clínica frecuente de fracturas de cúspide debidas a los defectos estructurales en la estructura dental dejados por la eliminación quirúrgica del tejido cariado (fig. 1-16), el dolor dental causado por la hipersensibilidad de la dentina y el tratamiento de conductos radiculares para eliminar la pulpa hiperémica o necrótica. Aunque las restauraciones se retenían satisfactoriamente por medios mecánicos, los materiales dentales no adhesivos de la época dejaban a menudo una discontinuidad entre la superficie preparada mecánicamente y el material de restauración utilizado, que podía dar lugar a nuevas lesiones cariosas y patologías pulpares. Este escenario condujo al desarrollo de varias filosofías y materiales de protección pulpar destinados a minimizar la penetración de las bacterias y sus subproductos en la pulpa, además del aislamiento térmico.

El grabado ácido del esmalte, combinado con materiales resinosos fluidos adoptados en la década de 1950, supuso el primer paso para generar una interfase continua entre la restauración y la estructura dental. Técnicamente, el proceso se limita a transformar la retención macromecánica en micromecánica, con una reducción mínima del diente más allá de la eliminación del tejido cariado. Mucho más tarde, se aceptó el grabado de la dentina con el mismo agente, y se ampliaron nuestros conocimientos sobre la estructura de la superficie de la dentina después del grabado. Las nuevas estrategias de unión, junto con la introducción de nuevos materiales, han acercado la idea de generar una interfase diente/restauración estable y fuerte. Aunque se han hecho progresos, la durabilidad de esta interfase sigue siendo un reto. La adhesión y la unión se abordan en el capítulo 6.

Longevidad de la restauración en términos de integridad mecánica

Tanto desde el punto de vista del paciente como del clínico, una restauración debería durar toda la vida. Aunque es previsible que algunos materiales duren más que la vida del paciente, en el mundo real la longevidad de las restauraciones es menor de lo esperado, especialmente en el caso de las restauraciones directas. Según las investigaciones, los odontólogos pasan más del 50% de su tiempo sustituyendo restauraciones directas fallidas. Por ello, la longevidad de los biomateriales

dentales utilizados en las restauraciones es extremadamente relevante para la profesión y los pacientes.

Uno de los mayores avances en el conocimiento de los materiales dentales y su manipulación comenzó en 1919, cuando el Ejército de EE. UU. solicitó al National Bureau of Standards (ahora denominado *National Institute of Standards and Technology* [NIST]) que estableciera especificaciones para la evaluación y la selección de amalgamas dentales para su uso en el servicio federal. La profesión dental recibió con entusiasmo estas especificaciones, y después se solicitaron especificaciones similares para otros materiales dentales. En 1928, la investigación odontológica del National Bureau of Standards fue asumida por la American Dental Association (ADA).

Las normas para los materiales dentales se han desarrollado para ayudar a los fabricantes, los usuarios y los consumidores a evaluar la seguridad y la eficacia de los productos dentales. El Standards Committee on Dental Products (SCDP) de la ADA elabora especificaciones para materiales dentales, productos de higiene bucal, productos para el control de infecciones, equipos dentales e instrumentos dentales. Muchos países cuentan con una organización de normas dentales que se encarga de elaborar normas de prueba para garantizar la fiabilidad y la seguridad de los productos. Además, el CT 106 de la International Organization for Standardization (ISO) desarrolla normas internacionales, que suelen requerir información sobre la composición, información sobre las propiedades físicas (obtenida mediante métodos de prueba estándar), datos de biocompatibilidad y datos que cubran todas las disposiciones de la especificación oficial. Se comentan más aspectos de estas normas en el apartado «Normalización de los métodos de pruebas *in vitro*» del capítulo 18.

Desde el punto de vista del material, el cumplimiento de la especificación de las propiedades mecánicas significa que el material posee suficiente resistencia para soportar la carga oclusal, pero esto no garantiza la durabilidad. Como se ha mencionado anteriormente, la colocación de materiales dentales, o restauraciones, sobre estructuras dentales da lugar a una interacción entre materiales sólidos y una serie de uniones complejas enlazadas y/o no enlazadas. La posición interfase en el diente o dentro de él y la calidad física de los materiales dentales que intervienen en este complejo ensamblaje tienen grandes efectos en la longevidad de la restauración. Otros factores, como la selección de materiales, la indicación clínica, la conciencia del paciente sobre su higiene bucal y la manipulación y el cumplimiento de las directrices del fabricante del material dental, afectarán sin duda al rendimiento clínico a largo plazo de las restauraciones. Estos aspectos se abordarán con más detalle en los próximos capítulos.

Aspecto estético

Otro objetivo importante de la odontología es restaurar o mejorar la estética (el color y el aspecto de la dentición natural), como el blanqueamiento dental con agentes blanqueadores. En las últimas décadas, las consideraciones estéticas en los materiales restauradores y protésicos han cobrado mayor importancia, lo que ha hecho que el desarrollo de materiales de restauración de uso general, indiferentes a la técnica, del color del diente y estables en el color sea una corriente principal en la investigación de materiales dentales. Los composites a base de resina (v. apartado «Clasificación de los composites según su uso clínico», en cap. 5) y las cerámicas (v. apartado «Capacidad de correspondencia del color y cualidades estéticas», en cap. 10) son los dos ejemplos más notables.

Aunque los materiales estéticos que imitan la dentición natural en cuanto a color, textura y reflectancia permiten al clínico conseguir resultados estéticos y funcionales extraordinarios, también requieren grandes habilidades artísticas. Por ejemplo, el conocimiento de los principios científicos subyacentes del color y otros efectos ópticos en la apariencia del material restaurador es esencial para dominar los resultados estéticos. Además, la comunicación eficaz entre el clínico, el



• **Figura 1-16** Fractura de la cúspide vestibular de un primer premolar inferior con una extensa restauración funcionante de amalgama. Las flechas huecas delimitan la zona de la fractura. Aunque la amalgama quedó firmemente retenida por la estructura dental restante sin el apoyo de la cúspide perdida, se considera una restauración fallida y se debe reemplazar.

técnico de laboratorio y el paciente es importante para lograr el objetivo propuesto y evitar expectativas poco realistas.

Seguridad de los materiales dentales

Las normas para los materiales dentales se han desarrollado para ayudar a los productores, los usuarios y los consumidores en la evaluación de la seguridad y la eficacia de los productos dentales. Como se ha mencionado anteriormente, las normas/especificaciones nacionales de odontología han sido aplicadas por el SCDP de la ADA, y las normas internacionales han sido aplicadas por el CT 106 de la ISO. Los fabricantes pueden elegir entre evaluar sus materiales según las normas nacionales o las internacionales. Sin embargo, para que un fabricante pueda comercializar su producto en determinados países europeos, debe obtener un marcado de Conformidad Europea basado en la capacidad del producto para cumplir una o varias normas nacionales o internacionales de rendimiento y calidad. El marcado de Conformidad Europea indica que el producto cumple las directrices europeas en materia de salud, seguridad y protección del medio ambiente.

La existencia de normas de evaluación de materiales no impide la fabricación, la comercialización, la compra o el uso de productos dentales o médicos que no cumplan dichas normas. Sin embargo, se espera que los productores o los comercializadores de productos y dispositivos cumplan las normas de seguridad establecidas para esos productos en los países en los que se venden. Así, un productor puede recibir la aprobación previa a la comercialización en EE. UU. por parte de la Food and Drug Administration (FDA) para vender un dispositivo dental o un material de restauración sin que ese producto sea sometido a pruebas por parte de la ADA o cualquier otro organismo para determinar si el producto se ajusta a las especificaciones del material. No obstante, estos organismos dependen cada vez más unos de otros para garantizar que todos los productos comercializados en el mundo sean seguros y eficaces.

Para que un material odontológico pueda ser utilizado en la cavidad bucal, este debe ser inocuo para todos los tejidos bucales y no contener ninguna sustancia tóxica, lixivable o difusible que pueda ser absorbida por el sistema circulatorio, provocando respuestas tóxicas sistémicas, incluidos los efectos teratogénicos o carcinogénicos. El material también debe estar libre de agentes que puedan provocar sensibilización o una respuesta alérgica en un paciente sensibilizado. Estas se consideran características generales de biocompatibilidad.

Dado que la seguridad es relativa, ningún dispositivo dental (incluidos los materiales de restauración) es completamente seguro. La selección y el uso de dispositivos o materiales dentales presuponen que los beneficios superarán con creces a los riesgos biológicos conocidos. Sin embargo, siempre existe la posibilidad de que un paciente experimente efectos adversos derivados del tratamiento dental. Los aspectos conceptuales de la biocompatibilidad, con énfasis específico en los materiales sólidos y líquidos de mayor relevancia para la odontología, se presentan en el [capítulo 17](#).

Capacidad de iniciar la reparación o regeneración tisular

Aunque los materiales dentales restauradores se centran principalmente en la sustitución de la estructura dental perdida o los dientes ausentes con materiales sintéticos, las pruebas demuestran que ciertos materiales han desencadenado la curación o reparación de la estructura dental. Por ejemplo, los iones fluoruro liberados en condiciones ligeramente ácidas, junto con el fosfato de calcio, pueden promover la formación de hidroxiapatita dentro de la matriz del esmalte desmineralizado o incorporarse a la red cristalina como fluorapatita, dando lugar a una menor solubilidad del esmalte. Sin embargo, la hidroxiapatita recién formada carece de la estructura y las propiedades mecánicas del esmalte natural. Por ello, el reto consiste en desarrollar enfoques biomiméticos

para recrear la estructura jerárquica en la superficie del esmalte dañado. Otro ejemplo es cuando hay una cavitación profunda en la que se ha producido una exposición de la pulpa dental, y se utiliza un agente de recubrimiento pulpar. La respuesta de la pulpa a estos materiales es un proceso de curación biológica que da lugar a la formación de dentina reparadora que protege la pulpa sana restante.

La comprensión de los mecanismos subyacentes de este proceso biológico de «curación natural» permite al clínico desencadenar farmacológicamente este evento para promover la formación de dentina reparadora. Dado que la odontología restauradora se está transformando gradualmente hacia estrategias de reparación, sustitución y regeneración impulsadas por la biología, el objetivo es la regeneración de todo el diente. Los avances actuales en la odontología regenerativa se presentan en el apartado «Odontología regenerativa» del [capítulo 20](#).

Necesidad futura de biomateriales dentales

La evolución futura de la odontología y la necesidad de un cuidado óptimo de la salud bucodental dictarán el futuro de la ciencia de los materiales dentales. La odontología seguirá centrándose en la conservación y la mejora de la salud bucodental mediante la prevención de la caries, la enfermedad periodontal y sus secuelas, y la rehabilitación de los tejidos duros y blandos perdidos, dañados o destruidos. La curación de la caries dental tendrá un impacto drástico en el uso de materiales de restauración para restaurar la forma y la función de los dientes con lesiones cavitadas. Sin embargo, seguirá existiendo una necesidad continua de reparar o restaurar los fallos o la degradación de las restauraciones en función del tiempo y una necesidad de tratar los problemas no relacionados con la caries. En consecuencia, la decisión de qué materiales utilizar para una determinada afección o situación clínica dependerá de los beneficios conocidos de cada opción de tratamiento en comparación con los riesgos conocidos.

Dado que probablemente todavía quedan varias décadas para la cura de la caries y el desarrollo de procesos para la regeneración radicular o de los dientes, es probable que la mayoría de los materiales de restauración que se emplean hoy en día se sigan utilizando en un futuro previsible. Materiales como la amalgama dental (v. apartado «Seguridad de las restauraciones de amalgama», en [cap. 8](#)), por ejemplo, han sido restauraciones fiables durante siglos. El uso de la amalgama ha ido disminuyendo rápidamente, no porque existan en el mercado materiales de restauración más duraderos e indiferentes a la técnica, sino por la preocupación que suscita el impacto de la liberación de mercurio en el medio ambiente. Además, el mundo ha entrado en una era de gran demanda estética a expensas de la durabilidad y el coste. A diferencia del tratamiento de la caries dental, la demanda de mejora estética continuará en el futuro. El desarrollo y la investigación de biomateriales de restauración directa que sean menos dependientes de la técnica, especialmente las marcas de composites estéticos existentes, todavía tienen un gran margen de mejora. Además, las estrategias destinadas a aumentar la dureza, la tenacidad y la resistencia al desgaste y al impacto de estos materiales son relevantes en este campo. Un enfoque interesante consiste en crear composites con microestructuras a medida, o composites bioinspirados reforzados con plaquetas creados mediante la manipulación magnética de plaquetas de alúmina.

Los beneficios de la prevención de la caries han dado lugar a una reducción de la necesidad de prótesis completas y removibles. Los conceptos mínimamente invasivos han llevado a sellar las restauraciones defectuosas o con fugas con resinas preventivas en lugar de seguir utilizando procedimientos de sustitución más destructivos. Así pues, el desarrollo de agentes remineralizantes bioinspirados eficaces para la reparación del esmalte y la dentina dañados por el ácido y el desarrollo de materiales inteligentes que conduzcan a la autorreparación de las uniones defectuosas o de los defectos internos de un material, así como

la regeneración de la pulpa dental, serán retos fundamentales para el futuro de los materiales dentales. Además, la necesidad de sustitución de restauraciones debería disminuir en las próximas décadas, en favor de la filosofía mínimamente invasiva. Sin embargo, esta reducción se verá contrarrestada por el aumento de la demanda de restauraciones estéticas (comentada en el apartado «Biomateriales», en [cap. 20](#)).

PREGUNTA CLAVE

¿Qué factores determinan el momento en que los productos de material odontológico quedan obsoletos?

La tecnología ha avanzado enormemente en los últimos 40 años, dando lugar a innovaciones como las aplicaciones láser, las pruebas de imagen, la tecnología de impresión tridimensional (3D), los composites de baja contracción, las cerámicas inteligentes y los procedimientos dentales mínimamente invasivos, que han generado beneficios para varios campos. La tecnología de diseño/fabricación asistido por ordenador (CAD-CAM, *computer-aided design/computer-aided manufacturing*) para la realización de restauraciones indirectas, por ejemplo, ha reducido la demanda tanto de materiales de impresión como de algunos materiales auxiliares indirectos que eran utilizados por los técnicos de laboratorio para fabricar prótesis indirectas (comentado en los apartados «Impresiones digitales» y «Herramientas de creación de prototipos», en [cap. 15](#)).

En consecuencia, una pregunta ha acompañado a la profesión dental durante siglos: ¿Cuándo queda obsoleto un material de restauración? Por ejemplo, el cemento de silicato (v. apartado «Historia de los cementos dentales», en [cap. 7](#)) se utilizaba para restaurar restauraciones estéticas anteriores porque la percepción del color se asemejaba a la estructura del diente, y existía una capacidad afortunada de liberar flúor. Aunque esto último es beneficioso para prevenir las caries recidivantes, la liberación de flúor se produce a expensas de la degradación de la superficie, la decoloración y la ruptura marginal con el paso del tiempo, lo que da lugar a márgenes defectuosos y teñidos ([fig. 1-17](#)) y la pérdida del contorno anatómico. Además, los composites a base de resina más duraderos y los procedimientos de unión micromecánica mejorados hicieron que los cementos de

silicato quedaran prácticamente obsoletos a mediados de la década de 1970.

Por tanto, se puede concluir que algunos materiales de restauración quedaron obsoletos por las siguientes razones: 1) sus inconvenientes, en general, superaban con creces a sus ventajas conocidas; 2) la degradación del material conducía a una adaptación de los márgenes y una estética indeseables; 3) el aspecto metálico solía ser inaceptable para los pacientes; 4) los materiales de restauración alternativos presentan un rendimiento superior, imitan la fisiología del diente y son menos dependientes de la técnica; 5) los materiales alternativos permiten un tratamiento más barato para los pacientes, y/o 6) se producen mejoras en la microestructura del material como resultado de los avances tecnológicos. En resumen, los materiales de restauración quedan obsoletos cuando un material alternativo es capaz de proporcionar un mejor equilibrio entre todos los diversos requisitos y expectativas mencionados anteriormente.

Organización del libro

En 1936, el Dr. Skinner, autor de la primera edición de este libro, expresó una importante preocupación por la necesidad de conocer la ciencia de los materiales dentales en la siguiente declaración:

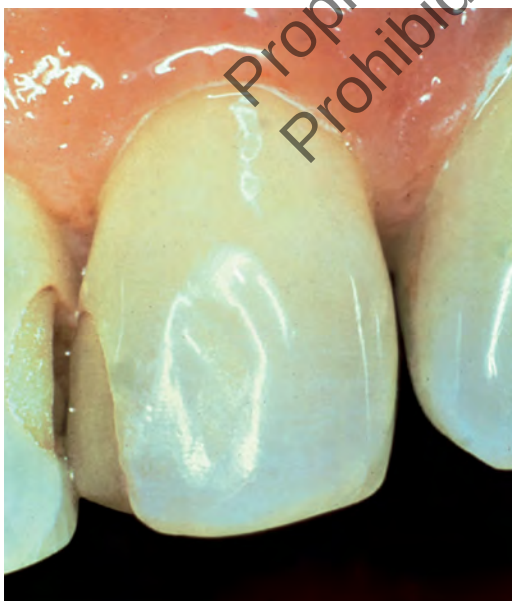
Desgraciadamente, hay demasiados fabricantes dentales sin escrúpulos que hacen afirmaciones imposibles sobre productos inferiores, engañando así al odontólogo. Se han dado casos reales de materiales dentales muy publicitados, que se han hecho extremadamente populares entre los odontólogos simplemente por métodos publicitarios inteligentes, mientras que las pruebas de laboratorio cuidadosas han demostrado que los productos son claramente inferiores. El odontólogo bien informado sabrá distinguir entre los hechos y la propaganda y se negará a ser engañado de esta manera.

Hizo hincapié en la necesidad de que los principios de la física y la química se aplicaran en la odontología restauradora de forma similar a como se aplicaban en la ingeniería estructural. Aunque desde 1936 se han producido muchos avances tecnológicos que han mejorado la calidad de los materiales dentales, sigue existiendo el reto de que los usuarios finales evalúen de forma crítica las afirmaciones sobre el rendimiento de los materiales dentales y relacionen cuidadosamente estas afirmaciones con principios físicos bien establecidos para clases específicas de materiales. La era actual de la odontología basada en la evidencia es coherente con nuestros objetivos de presentar los principios fundamentales de los materiales y comprender las relaciones causa-efecto que nos permiten predecir, con razonable certeza, el comportamiento de los materiales dentales en función del tiempo.

Para lograr estos objetivos, este libro está organizado en cinco partes: I) «Clasificación y propiedades de los materiales dentales»; II) «Materiales de restauración directa»; III) «Materiales de restauración indirecta»; IV) «Fabricación de prótesis», y V) «Evaluación de las restauraciones dentales».

Tras la visión general de los materiales dentales en este capítulo, la parte I se centra en la estructura y las propiedades de los materiales. En el [capítulo 2](#) se explica cómo la estructura molecular o cristalina determina las clases de materiales y confiere a cada clase sus propiedades únicas. En este capítulo también se analiza el origen de la adhesión, una característica importante de las restauraciones dentales. En el [capítulo 3](#) se analizan las propiedades físicas y químicas relevantes para las aplicaciones dentales, y en el [capítulo 4](#) se examinan las propiedades mecánicas de los materiales dentales.

Los capítulos de la parte II se centran en los materiales de restauración directa, incluidos los composites a base de resina ([cap. 5](#)), los agentes de unión ([cap. 6](#)), los cementos dentales ([cap. 7](#)) y las restauraciones de base metálica ([cap. 8](#)). Como ya se ha comentado, estos materiales comparten la misma característica de ser manipulados



• **Figura 1-17** Restauraciones anteriores de cemento de silicato clase III que presentan una degradación superficial grave, manchas marginales y discoloración general.

en la consulta y aplicados a la cavidad oral antes de alcanzar su estado funcional completo. Por tanto, los materiales preventivos se describen con los materiales de restauración directa.

Los capítulos de la parte III tratan sobre el uso de materiales de restauración indirectos, como las aleaciones para colado y los metales forjados (cap. 9), los materiales de base cerámica (cap. 10), las resinas para prótesis dentales (cap. 11) y los implantes dentales (cap. 12).

Los capítulos 13 a 16 de la parte IV describen los materiales y las tecnologías necesarios para fabricar prótesis indirectas. El capítulo 13 aborda los materiales auxiliares, que incluyen materiales de impresión, productos de yeso y ceras dentales, que se utilizan para fabricar los patrones de cera necesarios para las prótesis finales. En el capítulo 14 se analiza el proceso de fabricación de colados metálicos mediante el método de la cera perdida, y en el capítulo 15 se analiza el uso de la tecnología digital para fabricar prótesis dentales sin utilizar los materiales auxiliares tradicionales, sino basándose en las imágenes digitales y la tecnología CAD-CAM. Por último, todas las restauraciones, directas o indirectas, requieren ciertos grados de modificación superficial para mejorar su rendimiento clínico. Los procedimientos y los instrumentos esenciales utilizados para el acabado y el pulido de las restauraciones se describen en el capítulo 16.

El objetivo de la odontología es mantener o mejorar la calidad de vida del paciente. Las restauraciones implicadas deben prevenir enfermedades, aliviar el dolor, mejorar la eficacia de la masticación, mejorar el habla, mejorar el aspecto y, lo que es más importante, durar mucho

tiempo. La parte V pretende abordar la cuestión de la evaluación de las restauraciones. Como se ha dicho, todos los materiales sufren algún tipo de interacción con el tejido oral. Las consideraciones biológicas, denominadas *biocompatibilidad*, se tratan en el capítulo 17. Las pruebas *in vitro* se llevan a cabo sometiendo un material fabricado con una configuración determinada a un factor (o factores) externo(s) conocido(s) en unas condiciones bien definidas y registrando la respuesta del material a dichos factores. La importancia de las pruebas *in vitro* se trata en el capítulo 18. Las evaluaciones clínicas de una restauración dental representan un nivel diferente de evaluación de las restauraciones. En el capítulo 19 se describen los componentes de los estudios clínicos, utilizando uno para ilustrar cómo se pueden recoger las variables del estudio. Por último, aunque están surgiendo nuevos materiales que abordan las necesidades particulares de la odontología restauradora y se están adoptando filosofías de tratamiento alternativas, el avance de las nuevas tecnologías en otras disciplinas ha beneficiado a la ciencia de los materiales dentales de diversas maneras. En el capítulo 20 se analizan las posibles tecnologías futuras en la odontología y se describen tanto las de reciente aparición como las que se prevén para las próximas décadas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Kenneth J. Anusavice su contribución a las ediciones anteriores de este capítulo.

Lecturas seleccionadas

- Boric J, Anic I, Urek MM, et al: The prevalence of non-carious cervical lesions in permanent dentition, *J Oral Rehabil*, 31:117-123, 2004.
- Erb RM, Libanori R, Rothfuchs N, et al: Composites reinforced in three dimensions by using low magnetic fields, *Science*, 335:199-204, 2012.
- He LH, Swain MV: Understanding the mechanical behaviour of human enamel from its structural and compositional characteristics, *J Mech Behav Biomed Mater*, 1:18-29, 2008.
- Hensten-Pettersen A, Jacobsen N: Perceived side effects of biomaterials in prosthetic dentistry, *J Prosthet Dent*, 65:138-144, 1991.
- Jäger I, Fratzl P: Mineralized collagen fibrils: A mechanical model with a staggered arrangement of mineral particles, *Biophys J*, 79:1737-1746, 2000.
- Lobbezoo F, Ahlberg J, Raphael KG, et al: International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress, *J Oral Rehabil*, 45:837-844, 2018.

Munksgaard EG: Toxicology versus allergy in restorative dentistry, *Adv Dent Res*, 6:17-21, 1992.

Nanci A: *Ten Cares Oral Histology: Development, Structure, and Function*, ed 9., St. Louis, 2018, Elsevier.

Stock SR, Vieira AE, Delbem AC, et al: Synchrotron micro computed tomography of the mature bovine dentinoenamel junction, *J Struct Biol*, 161:162-171, 2008.

Thompson VP, Watson TF, Marshall GW Jr, et al: Outside-the-(cavity-prep)-box thinking, *Adv Dent Res*, 25:24-32, 2013.

Volponi AA, Zaugg LK, Neves V, et al: Tooth Repair and Regeneration, *Curr Oral Health Rep*, 5:295-303, 2018.

La lista completa de las lecturas seleccionadas de este capítulo se encuentra en www.expertconsult.com.