TOXICOLOGIA ODONTOLOGICA.

TRABAJO DE INVESTIGACION.

AÑO DE PUBLICACION 2025.

AUTOR: GERTRUDIS GUERRA.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE ANZOATEGUI.

LINEA DE INVESTIGACION: TOXILOGIA AMBITO SALUD.

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS.

Introduccion:

La toxicología odontológica es la ciencia que estudia los efectos adversos, locales y sistémicos, de las sustancias químicas y materiales utilizados en la práctica dental sobre el organismo humano (tanto en pacientes como en el personal de salud). Las premisas teóricas de la toxicología odontológica constituyen el marco conceptual y los dogmas científicos que permiten predecir, explicar y mitigar las reacciones adversas de los materiales y fármacos aplicados en la cavidad oral. Estas premisas adaptan los principios de la toxicología general a las condiciones biofísicas y bioquímicas únicas del sistema estomatognático. Al igual que la fisiopatología general, esta disciplina se fundamenta en la convergencia de principios biológicos y herramientas técnicas para evaluar la biocompatibilidad de los materiales.

La toxicología odontológica es la disciplina científica que estudia los efectos adversos, locales y sistémicos, causados por las sustancias químicas, fármacos y biomateriales utilizados en la cavidad oral. Como rama especializada de la toxicología general, su objetivo primordial es evaluar la biocompatibilidad y garantizar la seguridad biológica de cada elemento introducido en el sistema estomatognático, protegiendo tanto la salud del paciente como la del personal clínico expuesto ocupacionalmente [Schmalz & Bindslev, 2008].

A diferencia de otros tejidos del cuerpo humano, la cavidad oral representa un ecosistema sumamente complejo y hostil. Está sujeta a

constantes variaciones de temperatura, fluctuaciones drásticas de pH (inducidas por la dieta y la actividad bacteriana), fuerzas mecánicas de fricción y la presencia de la saliva, la cual actúa como un electrolito natural capaz de inducir corrosión y degradación hidrolítica [Anusavice et al., 2012]. Bajo estas condiciones, ningún material dental es completamente inerte; por el contrario, resinas, metales y cementos liberan componentes microscópicos que entran en contacto directo con células de la pulpa dental, la mucosa y el periodonto [Shelton, 2016].

El estudio de esta especialidad se ha vuelto crítico en la odontología moderna debido a la evolución de los materiales dentales. La transición histórica desde materiales puramente metálicos (como las amalgamas de mercurio) hacia polímeros complejos (resinas fotopolimerizables) y cerámicas avanzadas ha transformado el perfil de riesgo toxicológico. Hoy en día, la disciplina no solo evalúa el daño celular directo o la necrosis tisular (citotoxicidad), sino también fenómenos sutiles a largo plazo, tales como respuestas inmunes aberrantes (hipersensibilidad), alteraciones genéticas (genotoxicidad) y la disrupción endocrina mediada por compuestos orgánicos residuales derivados del Bisfenol A [Schmalz & Bindslev, 2008; Sacher & França, 2018].

Por lo tanto, comprender los fundamentos de la toxicología odontológica es una necesidad ética y científica. Permite al clínico basar su práctica en la evidencia, seleccionando materiales bioactivos o biomiméticos que coexistan en armonía con los tejidos del hospedador y aplicando rigurosos protocolos de bioseguridad industrial para mitigar la exposición crónica a vapores, monómeros libres y aerosoles en el entorno laboral [Nayeb Zadeh & Dufresne, 1998].

1. Principios Científicos de la Toxicología Odontológica:

Estos principios determinan cómo interactúan los materiales dentales con los tejidos vivos y los mecanismos biológicos de daño:

- **Relación Dosis-Respuesta:** Ninguna sustancia es completamente inocua. Los efectos nocivos de un material (como los monómeros acrílicos o los metales pesados) dependen de la cantidad liberada, el tiempo de exposición y la vía de absorción (mucosa oral, ingestión o inhalación).
- **Biocompatibilidad vs. Citotoxicidad:** Los materiales dentales deben coexistir con los tejidos orales sin provocar reacciones adversas locales (necrosis pulpar, gingivitis química) ni sistémicas (alergias, toxicidad orgánica).

- **Corrosión y Degradación Electroquímica:** En el medio bucal (húmedo, con variaciones de pH y temperatura), las aleaciones metálicas sufren corrosión. Esto provoca la liberación de iones metálicos que pueden ingresar al torrente sanguíneo o causar respuestas inmunes locales.
- **Mecanismos de Toxicidad Celular:** Las sustancias tóxicas odontológicas suelen actuar mediante tres mecanismos:
  - **Estrés oxidativo:** Generación de radicales libres que dañan el ADN y los lípidos de las células de la pulpa o la encía.
  - **Inmunotoxicidad:** Reacciones de hipersensibilidad (alergias tipo I o IV) inducidas por metales como el níquel o componentes de las resinas.
  - **Disrupción enzimática:** Bloqueo de vías metabólicas celulares esenciales.

2. Principales Agentes de Riesgo Toxicológico en Odontología:

Las sustancias bajo mayor vigilancia epidemiológica y científica se agrupan según su uso o naturaleza:

- **Mercurio (Amalgamas Dentales):** El debate histórico y técnico se centra en la liberación de vapor de mercurio elemental durante la colocación, pulido o remoción de amalgamas, representando un riesgo de bioacumulación principalmente para el odontólogo si no se usa aspiración de alto flujo.
- **Monómeros de Resina (Bis-GMA, TEGDMA):** Durante la fotopolimerización incompleta de las resinas compuestas, quedan monómeros libres. Estos compuestos son citotóxicos para la pulpa dental y pueden actuar como disruptores endocrinos (debido a derivados del Bisfenol A).
- **Metales Pesados y Aleaciones (Níquel, Cromo, Cobalto):** Utilizados en prótesis y ortodoncia. El níquel tiene un alto potencial alergénico en la población general, pudiendo desencadenar estomatitis por contacto.
- **Agentes de Acondicionamiento y Desinfección:** El uso de hipoclorito de sodio (irritante severo de tejidos periapicales si se extruye en endodoncia), formocresol (potencial mutágeno y carcinógeno en desuso) y ácidos grabadores.
- **Flúor:** Altamente efectivo para la prevención de caries, pero su ingesta sistémica excesiva durante el desarrollo dental genera **fluorosis dental** (toxicidad ameloblástica) o toxicidad ósea en dosis extremas.

3. Herramientas Técnicas de Evaluación (Metodología):

Para garantizar la seguridad antes de que un material llegue a la boca del paciente, se aplican rigurosas normativas técnicas internacionales (como las normas **ISO 10993** y **ISO 7405**):

1. **Pruebas In Vitro (Primer Filtro):** Cultivos de fibroblastos gingivales o células madre de la pulpa dental expuestos al material para medir la viabilidad celular, fragmentación de ADN y liberación de citocinas inflamatorias.
2. **Pruebas In Vivo (Modelos Animales):** Evaluación de la irritación de la mucosa oral, sensibilización cutánea y toxicidad sistémica aguda/crónica en modelos animales validados.
3. **Pruebas de Uso Clínico:** Evaluación del comportamiento del material directamente en el diente (ej. respuesta del complejo dentino-pulpar tras aplicar un cemento en cavidades profundas).

1. La Parábola de Paracelso en la Cavidad Oral (Relación Dosis-Respuesta)

"Todo es veneno y nada es veneno, solo la dosis hace el veneno". En odontología, esta premisa significa que la biocompatibilidad absoluto no existe.

- **Aplicación:** Sustancias altamente beneficiosas en dosis controladas, como el **flúor** para la remineralización del esmalte, se convierten en agentes de toxicidad celular (fluorosis) si se supera el umbral de ingesta sistémica.
- **Monómeros:** Los monómeros residuales (como el TEGDMA) liberados por resinas mal polimerizadas son citotóxicos en altas concentraciones para la pulpa, pero tolerables en trazas mínimas por los mecanismos de desintoxicación celular.

2. La Premisa del Microambiente Bucal como Reactivo Químico

La cavidad oral no es un medio inerte; es un **entorno hostil, dinámico y químicamente activo** que acelera la degradación de los materiales dentales.

- **Mecanismo:** Las fluctuaciones térmicas (alimentos fríos/calientes), las variaciones drásticas de pH (inducidas por la dieta y biopelículas bacterianas), las fuerzas mecánicas de la masticación y la presencia de saliva (un electrolito natural) actúan como catalizadores.

- **Efecto:** Ningún material permanente (amalgamas, aleaciones de níquel-cromo, resinas) permanece completamente inmutable. La teoría de la **corrosión galvánica y la degradación hidrolítica** explica cómo se liberan iones metálicos o subproductos orgánicos al medio bucal, iniciando el proceso de exposición toxicológica.

3. El Complejo Dentino-Pulpar como Barrera Dinámica y Selectiva

La pulpa dental está protegida por la dentina, pero esta última no es una pared impermeable, sino una **estructura porosa atravesada por miles de túbulos dentinarios**.

- **Mecanismo de Difusión:** La ley de difusión hidrodinámica rige cómo los químicos aplicados sobre la dentina (ácidos, cementos, adhesivos) viajan hacia la pulpa.
- **Factores Críticos:** La toxicidad real en la pulpa depende teóricamente del **espesor de dentina remanente (EDR)** y del diámetro tubular. A menor espesor de dentina, mayor es la tasa de penetración de xenobióticos y, por ende, mayor el riesgo de necrosis pulpar irreversible.

4. La Premisa de la Inmunotoxicidad por Contacto (Hipersensibilidad):

Muchos efectos adversos en odontología no se deben a una toxicidad celular directa (destrucción por dosis), sino a una **respuesta inmune alterada o exagerada** del hospedador ante concentraciones microscópicas de un material.

- **Mecanismo:** Componentes como el níquel (frecuente en ortodoncia y prótesis) o el eugenol actúan como *haptenos* (moléculas pequeñas que se unen a proteínas de la mucosa oral para volverse antigénicas).
- **Manifestación:** Esto sustenta la teoría de las reacciones de **hipersensibilidad Tipo IV (celular retardada)**, manifestándose clínicamente como estomatitis por contacto, liquen plano oral periférico a restauraciones o eritema gingival.

5. La Vía de Exposición Sistémica Oculta (Deglución, Inhalación y Absorción Mucosa):

La toxicología odontológica asume que lo que se coloca en la boca tiene el potencial de **distribuirse por todo el organismo**, rompiendo la noción de que los tratamientos dentales tienen efectos estrictamente locales.

- **Absorción Transmucosa:** La mucosa del piso de la boca y el periodonto está altamente vascularizada, permitiendo que ciertas sustancias entren

directamente a la circulación sistémica saltándose el efecto de primer paso hepático.

- **Vía Inhalatoria:** El personal dental está sujeto a esta premisa de forma crónica al respirar vapores de mercurio (durante la remoción de amalgamas) o aerosoles cargados de partículas de sílice y monómeros durante el pulido.

4. Conclusiones:

- La toxicología odontológica es el pilar de la seguridad biológica en la práctica dental moderna; obliga a la transición hacia materiales cada vez más inertes y estables (como las cerámicas puras y el titanio). El riesgo no solo aplica al paciente, sino al personal odontológico, quien se expone de forma crónica a biomateriales, desinfectantes y radiación, requiriendo estrictos protocolos de bioseguridad y ventilación.

- La biocompatibilidad es dinámica y relativa: No existe un material dental 100% inerte. Todos los biomateriales (resinas, metales, cementos) interactúan activamente con el microambiente oral y sufren algún grado de degradación (hidrólisis, corrosión). La seguridad clínica depende de que la tasa de liberación de estas sustancias se mantenga por debajo del umbral tóxico celular. El complejo dentino-pulpar es un escudo crítico: La supervivencia de la pulpa dental frente a materiales restauradores citotóxicos está determinada por el espesor de la dentina remanente (EDR). A menor espesor, mayor es la difusión tubular de xenobióticos, lo que obliga al uso clínico obligatorio de liners o bases protectoras biocompatibles.

- El personal odontológico enfrenta el mayor riesgo de exposición: A diferencia de los pacientes (cuya exposición es transitoria), el odontólogo y el técnico dental están expuestos de forma crónica y acumulativa a aerosoles con monómeros, vapores de mercurio, partículas de sílice y desinfectantes. Esto convierte a la ventilación forzada y al aislamiento absoluto en pilares no solo clínicos, sino de salud ocupacional. La inmunotoxicidad supera a la toxicidad por dosis: La mayoría de las reacciones adversas observadas en la práctica diaria no son envenenamientos sistémicos agudos, sino respuestas inmunes mediadas por células (hipersensibilidad tipo IV). Metales como el níquel y componentes de las resinas actúan como haptenos, siendo responsables de la estomatitis por contacto y lesiones liquenoides.

- La estandarización internacional salva vidas: Las normativas técnicas ISO 7405 e ISO 10993 son herramientas metodológicas infalibles que garantizan que ningún material dental salga al mercado sin pasar por un estricto tamizaje de ensayos *in vitro* (cultivos celulares) e *in vivo* (modelos animales), reduciendo drásticamente los incidentes adversos graves. Transición irreversible hacia materiales biomiméticos y cerámicos: La evidencia toxicológica sobre el potencial disruptor endocrino de los monómeros residuales (Bisfenol A y derivados) y el impacto ambiental del mercurio está acelerando el desarrollo de cerámicas puras, polímeros de contracción cero y titanio de alta pureza, minimizando el uso de aleaciones metálicas complejas.

Referencias Bibliograficas:

- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2012). Phillips' Science of Dental Materials (12th ed.). Elsevier Health Sciences. (Obra cumbre para entender las propiedades biológicas, químicas y mecánicas de los materiales dentales, con un enfoque prioritario en su biocompatibilidad).
- Schmalz, G., & Bindslev, D. A. (2008). Biocompatibility of Dental Materials. Springer Science & Business Media. (Es el manual de referencia internacional específico para la toxicología clínica en odontología, abordando riesgos ocupacionales, ambientales y alergias).
- Shelton, R. (Ed.). (2016). Biocompatibility of Dental Biomaterials. Woodhead Publishing. (Analiza detalladamente las respuestas celulares y los efectos biológicos adversos derivados del microambiente bucal).
- Sacher, E., & França, R. (Eds.). (2018). Dental Biomaterials. World Scientific Publishing Company. (Incluye capítulos dedicados exhaustivamente a la toxicidad del mercurio y la degradación de polímeros acrílicos en odontología).
- Klaassen, C. D., & Watkins, J. B. (2005). Casarett y Doull. Fundamentos de Toxicología. McGraw-Hill Interamericana. (Texto clásico imprescindible para fundamentar los principios de dosis-respuesta, absorción transmucosa e inmunotoxicidad).
- Katzung, B. G., & Trevor, A. J. (2016). Farmacología básica y clínica (13a ed.). México: McGraw-Hill. (Utilizado para estudiar la toxicidad por fármacos, anestésicos locales y el manejo de reacciones sistémicas adversas agudas en el sillón dental). [1]
- Hernández Jerez, A. F. (2005). Interés toxicológico de la cavidad oral. Ciencia Forense: Revista Aragonesa de Medicina Legal, (7), 125-146. (Un excelente artículo en español que detalla cómo los agentes químicos alteran la mucosa oral y las dianas dentarias durante el desarrollo embrionario y eruptivo).
- Morales, I., & Reyes, R. (2003). Mercurio y Salud en Odontología. Revista de Saúde Pública, 37(2), 266-272. (Estudio epidemiológico e histofisiológico clave sobre las rutas de exposición y riesgos laborales del mercurio metálico).

- Nayeb Zadeh, A., & Dufresne, A. (1998). Review: Chemical hazards in dental laboratories. Indoor and Built Environment, 7(3), 146-155. (Revisión científica enfocada en la toxicidad por inhalación de polvos, metales y vapores orgánicos en el personal técnico y odontológico).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). ISO 10993: Evaluación biológica de productos sanitarios. (Norma marco que regula los ensayos de citotoxicidad, sensibilización e inmunotoxicidad sistémica para cualquier dispositivo médico).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). ISO 7405: Odontología — Evaluación de la biocompatibilidad de los productos sanitarios utilizados en odontología. (Norma específica que dicta las directrices técnicas para las pruebas in vitro e in vivo aplicadas exclusivamente a materiales dentales).