

## **TEMA 3. DETERMINANTES ECOLÓGICOS ORALES**

### **1. Factores que regulan la coexistencia de los microorganismos**

#### **1.1. Factores fisicoquímicos**

#### **1.2. Factores de adhesión, agregación y coagregación**

#### **1.3. Factores nutricionales**

#### **1.4. Factores protectores del hospedador**

#### **1.5. Factores antagónicos interbacterianos**

### **2. Aspectos beneficiosos de la microbiota oral**

## **1. FACTORES QUE REGULAN LA COEXISTENCIA DE LOS MICROORGANISMOS**

Los determinantes ecológicos orales son los factores que regulan la composición cualitativa y cuantitativa, el desarrollo y la distribución de la microbiota habitual que se localiza en los diferentes ecosistemas de la cavidad oral.

### **1.1. FACTORES FISICOQUÍMICOS**

Los factores fisicoquímicos constituyen las condiciones de temperatura, humedad, pH, y potencial de oxido-reducción de los ecosistemas de la cavidad oral.

- **Temperatura:** La temperatura de la cavidad oral es ligeramente más baja que la temperatura normal del cuerpo, entre 35 y 36 °C. Esta temperatura es la óptima para el crecimiento de los microorganismos mesófilos. Sin embargo esta temperatura no es constante y sufre importantes variaciones relacionadas principalmente con la temperatura de los alimentos ingeridos que pueden variar entre algunos grados bajo cero y por encima de 50 °C. Por ello los microorganismos de la cavidad

oral deberán resistir estas condiciones de temperatura y los que no sean capaces de hacerlo serán eliminados de estos ecosistemas.

- **Humedad:** El agua está disponible en la cavidad oral ya que la saliva recubre la mayoría de los ecosistemas orales. Este es un factor que va a permitir el desarrollo microbiano ya que es su principal constituyente y los microorganismos dependen de ella para su metabolismo.
- **Potencial de oxido-reducción:** La cavidad oral permite el crecimiento de microorganismos aerobios, facultativos y anaerobios. Los potenciales de oxido-reducción de los diferentes ecosistemas orales varían entre 30-360 mV en las zonas más aerobias como pueden ser el dorso de la lengua, la saliva o la mucosa y valores -360 mV en el surco gingival. El ambiente anaerobio es debido a la dificultad de penetración del oxígeno a algunas zonas como fisuras, aéreas proximales de los dientes o el surco gingival y al metabolismo microbiano, ya que muchas especies consumen el oxígeno disponible generando un bajo potencial de oxido-reducción.

Este factor, la disponibilidad de oxígeno, es fundamental para explicar la distribución de los diferentes microorganismos en los ecosistemas orales y el hecho de que los microorganismos aerobios estrictos sean poco frecuentes, los facultativos sean los más abundantes porque se pueden adaptar a las diferentes condiciones.

- **pH:** El pH de la cavidad oral está regulado por la saliva y oscila entre 6,5 y 7,5. Sin embargo, este factor también está sujeto a variaciones ya sea por la ingestión de alimentos como por el metabolismo microbiano principalmente en los ecosistemas asociados a la placa dental donde el pH después del consumo de azúcares puede bajar por debajo de 5 por la producción de ácidos. La acción amortiguadora de la saliva neutraliza estos ácidos por lo que la cavidad oral va a permitir el desarrollo de la mayoría de los microorganismos asociados con el ser humano que crecen de manera óptima a pH cercano a la neutralidad. No obstante, los descensos bruscos de pH obligan a los microorganismos a desarrollar estrategias para tolerar los ácidos.

En la siguiente tabla se muestran algunos factores que favorecen o limitan el crecimiento microbiano en la cavidad oral

Factores que favorecen el crecimiento microbiano	Factores que limitan el crecimiento microbiano
Temperatura	Compuestos antibacterianos de la saliva
Humedad	Mecanismos de limpieza
Potencial de oxido-reducción	Disponibilidad reducida de nutrientes
pH	pH (variaciones bruscas)
Disponibilidad de nutrientes	Descamación de las células epiteliales, masticación y deglución

## 1.2. FACTORES DE ADHESIÓN, AGREGACIÓN Y COAGREGACIÓN

A pesar de que algunos microorganismos que ingresan de manera constante pueden quedar retenidos en algunas zonas de la cavidad oral como fosas y fisuras, para otros este mecanismo no es suficiente para vencer las fuerzas de eliminación como son el flujo salival, la descamación de las células epiteliales, la masticación, la deglución o la higiene bucal. Por ello, muchos microorganismos deben desarrollar sistemas para permanecer en los diferentes ecosistemas de la cavidad oral.

Entre los mecanismos que permiten la supervivencia microbiana en la cavidad oral se encuentran la adhesión, la agregación y la coagregación. La adhesión consiste en la unión de los microorganismos a los tejidos del hospedador, la agregación permite la adhesión de los microorganismos a otros de su misma especie, mientras que la coagregación se refiere a la adhesión entre microorganismos de diferente especie. Todos estos mecanismos permiten la formación de acúmulos microbianos adheridos a la superficie de la cavidad oral. Estos mecanismos son especialmente importantes en un ambiente sometido a mecanismos de limpieza. Estos 3 procesos contribuyen a la especificidad y diversidad bacteriana en algunos ecosistemas, a la formación

de placas y al desarrollo de enfermedades como la caries, la periodontitis y la gingivitis.

Estos procesos de adhesión, agregación y coagregación contribuyen a la formación de la placa dental y al desarrollo de algunas de las enfermedades de la cavidad oral.

Los microorganismos se adhieren a las superficies de hospedador por la interacción específica entre dos moléculas, una del microorganismo denominada adhesina y otra del hospedador conocida como receptor. Las adhesinas son moléculas superficiales que permiten su fijación a los receptores de las superficies, como tejidos, superficie dental, materiales artificiales u otros microorganismos. Estas adhesinas pueden ser residuos de hidratos de carbono, proteínas superficiales, glucanos solubles e insolubles del glicocálix, glucosiltransferasas, proteínas que unen o fijan glucanos, proteínas que se fijan a la película adquirida, moléculas proteicas contenidas en las fimbrias, ácidos lipoteicoicos (ALT), etc.

Con estas adhesinas interactúan algunos compuestos que actúan como receptores, estos pueden ser carbohidratos del glicocálix, glucoproteínas como la fibronectina de células epiteliales o de proteínas y glucoproteínas salivales absorbidas al esmalte o materiales artificiales formando la película adquirida.

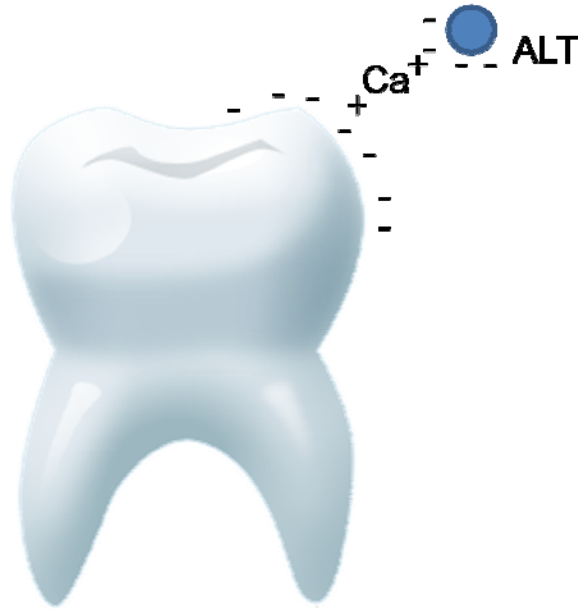
Entre los principales mecanismos de adhesión, agregación y coagregación destacan los siguientes:

- **Uniones mediadas por glucanos.** En estas uniones intervienen glucanos, principalmente insolubles ya que los solubles son fácilmente degradables, proteínas superficiales que fijan glucanos y las enzimas glucosiltransferasas. Un ejemplo de este tipo de unión es la lleva a cabo *Streptococcus mutans*. Las enzimas glucosiltransferasas sintetizan los glucanos, pudiendo quedar unidas a las superficies bacterianas o ser excretadas al medio circundante. Los glucanos liberados al medio pueden fijarse a proteínas superficiales y actuar de nexo de unión.
- **Uniones tipo lectina-carbohidratos.** Las lectinas son péptidos de forman parte de proteínas y tras reconocer residuos glúcidos se fijan a

ellos. Es necesaria una complementariedad entre las superficies que interactúan. En la película adquirida se forman estas uniones entre las fimbrias y proteínas superficiales de algunas bacterias y residuos galactosa por ejemplo en el caso de unión a proteínas de *Streptococcus mutans* o residuos de ácido siálico en el caso de *Streptococcus sanguis*. Este tipo de uniones se pueden dar en los fenómenos de coagregación bacteriana.



- **Uniones tipo proteína-proteína.** Intervienen principalmente proteínas de la película adquirida ricas en prolina que se une a proteínas microbianas como las que forma parte de las fimbrias. Además de participar en la adhesión estas uniones son importantes en los fenómenos de coagregación. En los coagregados participan especies distintas dando lugar a masas microbianas heterogéneas.
- **Uniones por ácidos lipoteicoicos (ALT).** Estos ácidos son polímeros aniónicos de la pared celular de bacterias grampositivas. La carga negativa de los extremos hidrófilos de estos compuestos permite al microorganismo adherirse a los iones calcio y fosfato o a los grupos sulfato de las glucoproteínas de la película adquirida.



- **Adhesión a superficies epiteliales.** La fibronectina es una glucoproteína de la saliva que recubre las células epiteliales y que actúa como receptor de adhesinas bacterianas. Las bacterias habituales de cavidad oral se adhieren a esta glucoproteína que bloquearía receptores de adhesinas de otro tipo de microorganismos que no se localizan habitualmente en la boca, con lo que tiene un papel protector frente microorganismos más patógenos que los comunes.
- **Unión física por retención.** Muchos microorganismos quedan retenidos en la cavidad oral en fosas, en fisuras, en áreas interproximales de los dientes, alrededor de prótesis, en el surco gingival, en bolsas periodontales o en lesiones producidas por la caries. Otros pueden quedar retenidos entre otros microorganismos que forman parte de placas dentales sin poseer mecanismo de adhesión o coagregación.

### **1.3. FACTORES NUTRICIONALES**

Los nutrientes necesarios para el desarrollo de los diferentes microorganismos de la cavidad oral provienen de fuentes endógenas como son los tejidos o secreciones del hospedador, de fuentes interbacterianas y de fuentes externas, la dieta.

#### **1.3.1. Fuentes endógenas**

Los nutrientes provienen, principalmente, de la saliva y en el surco gingival del líquido gingival. Además, también interviene pero en menor medida la descamación de las células del epitelio.

La concentración de nutrientes de la saliva es muy baja, contiene pequeñas cantidades de carbohidratos libres, especialmente glucosa, que provienen tanto de la dieta como de la degradación de glucoproteínas salivales por enzimas extracelulares. Además contiene algunos aminoácidos libres de la degradación de proteínas y glucoproteínas. En mayor medida, en la saliva se encuentran compuestos inorgánicos como calcio, fosfato, sodio, potasio, sulfato, amoníaco, etc.

En el líquido gingival, derivado del suero, se detectan albúmina, glucoproteínas, lipoproteínas, fosfato, sodio, calcio, magnesio, fosfatos inorgánicos y otros compuestos.

La desintegración de las células epiteliales que se desprenden supone un aporte nutricional supletorio aunque principalmente son arrastradas.

#### **1.3.2. Fuentes exógenas**

Los nutrientes que provienen de la dieta permanecen poco tiempo en la cavidad oral por lo que su utilización por los microorganismos de la cavidad oral es limitada, siendo más importantes en el caso de que se adhieran a la superficie dental, queden retenidos o que se ingieran frecuentemente.

#### **1.3.3. Fuentes interbacterianas**

Los nutrientes provenientes de la degradación o excreción de los microorganismos son los que tiene más importancia en la cavidad oral.

Algunos microorganismos utilizan los nutrientes disponibles de las fuentes mencionada anteriormente y por su metabolismo producen compuestos que pueden ser utilizados por otros microorganismos.

Para que puedan ser utilizadas por los microorganismos, las macromoléculas tienen que ser degradadas. Algunas enzimas, como la amilasa de la saliva, pueden llevar a cabo esta función pero en mayor medida son las exoenzimas microbianas las que lo realizan. Ejemplo de ello son las glucosidasas y neuramididasas producidas por los estreptococos que degradas carbohidratos que serán utilizados por ellos y otros microorganismos.

Además, los microorganismos excretan compuestos intracelulares que son aprovechados por microorganismos próximos. Estas interrelaciones son más importantes cuando existe una comunidad microbiana grande en un pequeño espacio como ocurre en la placa dental o el surco gingival. Algunos de estos compuestos son necesarios para el desarrollo de otros microorganismos por los que sin la presencia de los primeros no pueden crecer los segundos. Otros compuestos como el dióxido de carbono que se produce en el metabolismo de muchas bacterias, estimula el crecimiento de otras.

Por otra parte, muchas de las sustancias excretadas son tóxicas para los tejidos del hospedador y otras tienen efecto desmineralizante de tejidos duros.

#### **1.4. FACTORES PROTECTORES DEL HOSPEDADOR**

El hospedador para evitar los efectos negativos de la microbiota de la cavidad oral limita, por medio de diferentes factores, el establecimiento, el desarrollo y la penetración de los microorganismos.

Entre estos factores se encuentran la integridad de la mucosa, la descamación del epitelio, los productos de los tejidos linfoides y del líquido gingival, el efecto de la saliva y los procesos de masticación y deglución que arrastran los microorganismos al tracto digestivo.

La continuidad de las distintas capas de la mucosa bucal actúa como una barrera mecánica contra la penetración microbiana. Elementos del sistema



inmune como el tejido linfoide asociado a mucosas, los linfocitos, los macrófagos o los anticuerpos, colaboran en la defensa frente a los microorganismos que consigan atravesar las capas superficiales.

La descamación del epitelio limita la acumulación de microorganismos eliminando los adheridos a las células epiteliales.

La saliva tiene una amplia función protectora ya que lleva a cabo una limpieza mecánica de superficies bucales expuestas, presenta factores de coagulación que aceleran la coagulación y evitan penetración de microorganismos en la submucosa, su acción amortiguadora mantiene el pH relativamente constante, presenta inhibidores bacterianos como lisozimas, lactoferrina, lactoperoxidasa y colabora con la acción inmunitaria al contener inmunoglobulinas, especialmente IgA secretora, proteínas del sistema complemento, neutrófilos o linfocitos.

Por su parte, el líquido gingival tiene diferente composición y cantidad en condiciones de salud y de enfermedad. En este último caso es más abundante y se detectan Inmunoglobulinas (IgG, IgA e IgM), proteínas del sistema complemento, citocinas, células como neutrófilos, linfocitos B, linfocitos T, macrófagos y células plasmáticas.

## **1.5. FACTORES ANTAGÓNICOS INTERBACTERIANOS**

Algunas de las interacciones que se producen entre los microorganismos son perjudiciales para algunos de ellos impidiendo o limitando su crecimiento.

Estas acciones pueden ser debidas a la competencia por los nutrientes, la eliminación del oxígeno por el metabolismo o la producción de algunos compuestos que son nocivos para otros microorganismos. Entre estos últimos destaca la producción de peróxido de hidrógeno, la producción de ácidos o la eliminación por ciertas bacterias de productos como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno que pueden ejercer un efecto tóxico sobre otros microorganismos.

La producción de peróxido de hidrógeno por algunas especies de estreptococos tiene acción oxidante tóxica sobre bacterias próximas que carecen de sistemas para eliminarlo.

La producción de ácidos, ácido acético, butírico, propiónico o fórmico durante el metabolismo de algunos microorganismos desciende el pH y tiene efecto antimicrobiano.

En cuanto al consumo de oxígeno, las bacterias aerobias o anaerobias facultativas crean ambientes anaerobios, que limitan el desarrollo de microorganismos aerobios estrictos y posibilitan el de los anaerobios.

Además, algunos microorganismos producen compuestos con actividad antimicrobiana como las bacteriocinas, impidiendo el desarrollo de otras especies a su alrededor.

## **2. ASPECTOS BENEFICIOSOS DE LA MICROBIOTA ORAL**

El principal efecto beneficioso de la microbiota habitual de la cavidad oral es que dichos microorganismos compiten con otros que podrían ser patógenos inhibiendo su establecimiento. Además, son responsables de la estimulación de la respuesta inmune.

Por último, algunos microorganismos que se encuentran en la cavidad oral sintetizan vitaminas.