

# Simulador de la evolución de la dentadura de un individuo usando event scheduling.

Jordi Munar

Facultad de informática de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.  
Barcelona, Catalunya, 08034, SPAIN

y

Jacob Suñol

Facultad de informática de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña.  
Barcelona, Catalunya, 08034, SPAIN

y

Pau Fonseca

Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad Politécnica de Cataluña.  
Barcelona, Catalunya, 08034, SPAIN  
pau@fib.upc.edu

y

Josep Casanovas

Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universidad Politécnica de Cataluña.  
Barcelona, Catalunya, 08034, SPAIN  
josepk@fib.upc.edu

## RESUMEN

Es evidente que una correcta higiene bucal, acompañada de visitas regulares al dentista, permite mantener una boca sana por más tiempo. No obstante cada individuo posee unas características personales que favorecen la formación de enfermedades bucales, como caries o erosión, así como otros problemas relacionados, como la mala posición de algunas piezas.

El sistema propuesto permite simular la evolución de las piezas dentales de un individuo a partir de un motor de simulación *event scheduling*. El simulador puede ser útil en dos áreas diferentes. Primero en el área educativa, favoreciendo la concienciación de la importancia de una correcta higiene bucal. Segundo en la de prevención, buscando mecanismos más eficientes, personalizados para cada paciente, a partir de simulaciones individuales, que muestren un posible estado de su boca en un futuro a partir de un comportamiento dado.

**Palabras clave.** Simulación, problemas dentales, salud, event scheduling.

## 1. EL PROBLEMA DENTAL

La boca es un sistema complejo que está definido por múltiples variables aleatorias. Los problemas dentales son diversos, así como su complejidad. El sistema propuesto permite simular el problema de la caries dental, junto con

la erosión y el mal posicionamiento de los dientes en la boca, dos factores inevitables al cabo de los años.

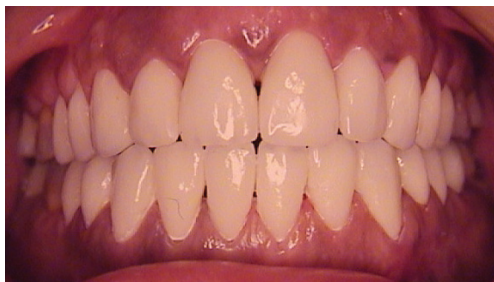
La mayoría de las personas desean llegar a la vejez con la dentadura intacta. No obstante la caries y la erosión afectan directamente en la pérdida de dientes cosa que hace que a lo largo de la vida un riesgo prolongado de caries provoque la pérdida de las piezas.

El sistema propuesto, mediante la simulación del riesgo de caries y del mal posicionamiento de las piezas, año tras año, calcula cual podría ser el estado de la dentadura del paciente transcurrido un tiempo, siempre y cuando mantuviera sus hábitos iniciales.

En la figura 1 y 2 se puede apreciar el aspecto de de una boca cuidada en contraposición a una que no esta cuidada.



**Figura 1:** Boca con mala posición i ciertos indicios de caries.



**Figura 2: Boca cuidada i bien posicionada.**

## 2. EVENT SCHEDULING

El sistema se basa en un motor de simulación event scheduling. En este método de simulación se basa en la gestión de los diferentes eventos que definen un proceso. Los eventos se ordenan por tiempo y prioridad en la lista de eventos. El sistema empieza a ejecutar los primeros eventos de esta lista y a medida que los ejecuta se generan nuevos eventos que se insertaran en la lista en función destiempo y la prioridad que tengan asociados. La ventaja de ese sistema es que evita las demoras durante la ejecución cuando hay un largo periodo de tiempo en el que el modelo no modifica ninguna variable de estado, permitiendo realizar ejecuciones más rápidas en comparación a los modelos de simulación que siguen otras metodologías. Para más información respecto el método se puede consultar [1].

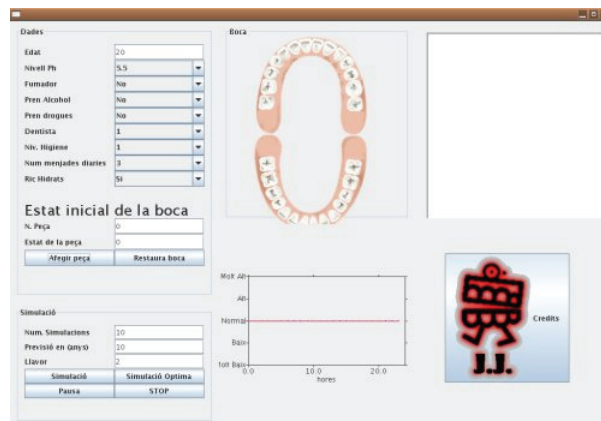
Las variables aleatorias que intervienen en el modelo son varias y las podemos dividir en dos grupos, según en que etapa del proceso de simulación nos encontremos.

Las variables que intervienen en la simulación diaria son las comidas y las limpiezas bucales. Para la variable comidas, el paciente indica el número de comidas que realiza y el sistema elige las horas de las mismas. Además, el paciente indica su nivel de higiene y, dependiendo de este, se decide si se iniciará y a que hora el evento que representará la limpieza bucal.

En la simulación anual intervienen dos variables de vital importancia para los resultados del sistema. La primera es el tipo de lesión que puede producirse. Gracias a unos estudios previos, que dependen del nivel de bacterias y la mala oclusión bucal, se puede determinar la tendencia hacia un tipo de lesión u otro. Una vez decidido el tipo de lesión, se escoge la pieza a lesionar.

## 3. EL SISTEMA PROPUESTO

La aplicación desarrollada en Java presenta el siguiente aspecto:



**Figura 3: SimBoca.**

En la figura anterior (Figura 3) se pueden observar las partes constitutivas más importantes del sistema.

En la izquierda hay tres áreas que permiten:

- Configurar la edad y características del paciente al que se le quiere simular la boca.
- Configurar el estado inicial de la boca.
- Configurar la duración de la simulación.

La implementación en Java® viene dada por diferentes factores:

1. **Multiplataforma:** Java permite ejecutarse en diferentes entornos (Windows®, Linux, etc.) sin problemas. Dado que no se quería vincular la aplicación con una determinada plataforma que obligara al usuario (probablemente un odontólogo) a cambiar su forma de trabajar, este aspecto era de vital importancia.
2. **Conocimiento:** Otro factor que nos hizo decantar por *java* fue la afinidad del equipo a este lenguaje, hecho que hizo más precisa la implementación.
3. **Orientación a objetos:** Finalmente la programación orientada a objetos inherente de Java era otro requerimiento para la simplificación de la codificación del sistema.

## 4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

La aplicación consta de dos zonas bien diferenciadas dentro de la GUI de la aplicación que ofrecen diferentes funcionalidades. En la parte derecha de la aplicación está el módulo encargado de mostrar los resultados de la simulación, mientras que en la parte izquierda se encuentra el módulo que permite la introducción de los datos necesarios para la definición del experimento.

A continuación se detalla la configuración del módulo de entrada de datos. En este módulo, se pueden encontrar dos zonas, en la superior están los datos del paciente, mientras que en la inferior se detallan los datos de la simulación, como pueden ser el número de réplicas, el tiempo de simulación (los años que se desea simular) y la

semilla que se quiera usar. Justo debajo disponemos de dos botones, el botón “SIMULACIÓN” con el que iniciaremos la simulación con todos los datos que hayamos insertado y el botón “SIMULACIÓN ÓPTIMA” que hace lo mismo pero optimizando los parámetros con el objetivo de obtener una mayor salud bucal. Esto significa que no tendrá hábitos como fumar, beber alcohol y/o tomar drogas, además de mejorar la higiene bucal y realizando una revisión anual al odontólogo. La idea fundamental de esta simulación es la de mostrar al usuario la diferencia que supone, a lo largo de los años, una mejora en sus hábitos bucales.

Dos botones, “Pausa” y “STOP” permiten pausar / reanudar o finalizar la simulación.

En la zona superior, existen dos paneles que permiten definir las principales características de la boca del paciente. El panel superior define las características del paciente del que interesa generar la simulación, en primera instancia se define la edad del paciente en años, a continuación el nivel del pH natural de la boca del paciente. Otros parámetros que el usuario ha de llenar son:

- El consumo de alcohol, tabaco u otras drogas (como porros, cocaína u drogas de diseño de consumo oral), ya que estás influyen en el nivel de salivación de la boca, que así mismo influye en la evolución de la salud bucal.
- El número de visitas al dentista, 1 vez al año, 1 vez cada 2 años... hasta 5 años o bien ninguna.
- El nivel de higiene, que es un valor entre 0 y 3, codificado de la siguiente manera :
  - 0, no se limpia nunca los dientes
  - 1, se limpia los dientes después de la cena
  - 2, se limpia los dientes después de la cena y comida
  - 3, se limpia los dientes después de cada comida

**Figura 4: Configuración de los parámetros de la boca del paciente.**

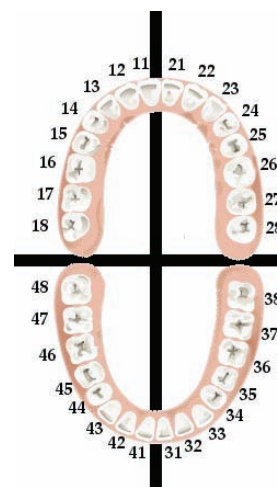
Finalmente nos pregunta si la dieta habitual es muy rica en hidratos de carbono o no.

Después de este cuestionario sobre el paciente, podemos definir el estado actual de las piezas del paciente

**Figura 5: Configurar el estado inicial de la boca.**

La entrada de datos se realiza pieza a pieza, utilizando la identificación oficial de las piezas dentales [3,4] y un número que codifica el estado de la pieza.

Para insertar el número de piezas mostramos aquí el mapa con la numeración de las piezas dentales y la tabla con los códigos de estado de estas.



**Figura 6: Identificadores de las piezas dentales.**

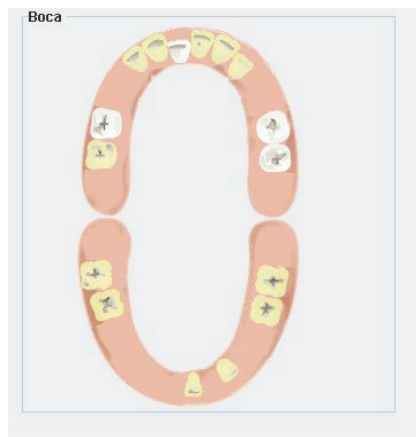
Valor	Significado
1	Mal colocada
2	Erosionada
3	Cariada
4	Mal posicionada y cariada
5	Mal posicionada y erosionada
6	Mal posicionada, erosionada y cariada
7	Erosionada y cariada
8	La pieza no existe o perdida

Una vez introducido el número de pieza y su estado sólo queda pulsar el botón “Añadir pieza”. Si cometemos un error podemos volver al principio mediante el botón “Restaurar boca” o podemos modificar la pieza concreta siguiendo el mismo método.

Una vez parametrizado el modelo de simulación se puede iniciar la simulación.

El módulo de simulación esta dividido en cuatro cuadrantes.

El primero muestra el estado actual de la boca. A media que avanza la simulación se puede ver como esta va evolucionando y van apareciendo caries, mal posiciones, se pierden piezas etc.

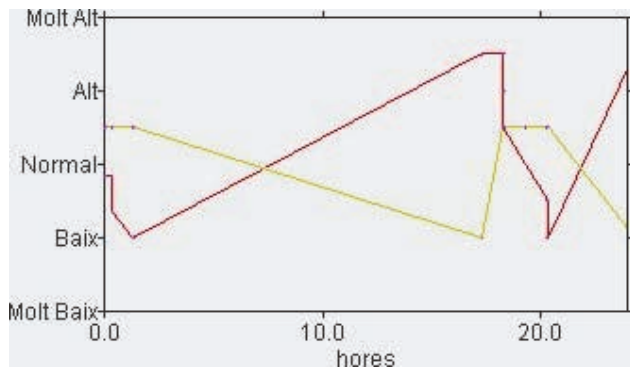


**Figura 7: Estado final de una boca simulada.**

A la derecha de este cuadro encontramos el registro de la simulación. Aquí es donde el simulador imprime la información que genera durante la ejecución. La información mostrada no obstante no es siempre la misma

Si se ejecuta una simulación de 20 años o menos el simulador ofrece, a través del registro, información de todos los eventos procesados por el sistema. Como se genera mucha información, si la simulación es más larga se ha optado por mostrar un resumen de las simulaciones anuales con su estado.

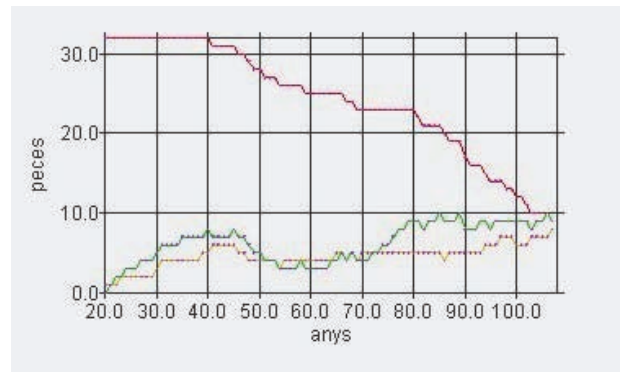
El tercer cuadrante es un gráfico, que como en el cuadrante anterior ofrece información diferente según la duración de la simulación. El primer modo de visualización nos muestra el nivel de pH y el nivel de bacterias actual de la boca, para que estos datos sean entendibles la simulación ha de ralentizarse, por ello solo se permite en simulaciones de duración inferior a un año.



**Figura 8: Nivel de PH y bacterias.**

La línea amarilla muestra el nivel de pH y la roja el nivel de bacterias en la boca.

Si en cambio, la simulación es mas larga, la grafica muestra la evolución de la boca a lo largo de los años.

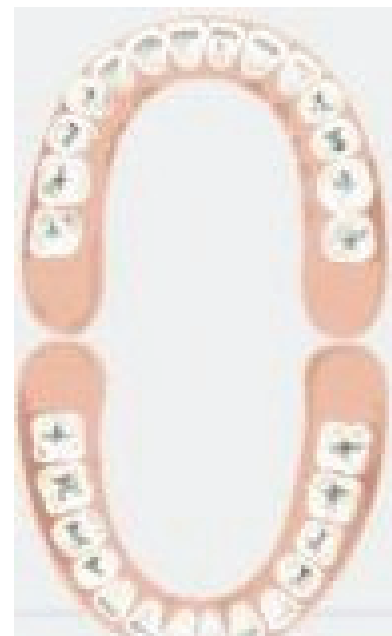


**Figura 9: Evolución de la boca en un periodo largo de tiempo.**

La línea morada muestra el número total de piezas en la boca, la verde el número de piezas erosionadas y finalmente la línea amarilla el número de piezas cariadas. Por último comentar, que tal como se puede observar en la figura 9, que el número de piezas cariadas y erosionadas disminuye debido a la pérdida de las piezas dañadas.

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

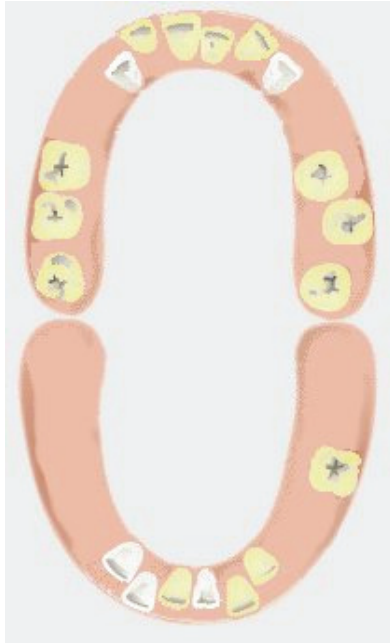
Se ha estudiado el caso de una persona de 20 años, con la dentadura en perfecto estado Figura 10, y realizado dos simulaciones que muestren el estado de la boca 60 años después. En una de ellas el paciente tiene un nivel de higiene y hábitos óptimos, mientras que en la que su higiene bucal es nula, tiene malos hábitos, fuma y bebe.



**Figura 10: Boca sana inicial.**

Una vez realizadas ambas simulaciones, la diferencia puede observarse en las figuras 11 y 12 que representan las dos dentaduras resultantes.





**Figura 11: Boca con cuidados después de una simulación de 60 años.**



**Figura 12: Boca con higiene insuficiente y malos hábitos después de una simulación de 60 años.**

Se puede observar en la boca de la figura 11 que a pesar de tener pocos dientes estos se conservan en buen estado de salud, comparándolos con los dientes de la figura 12. Este hecho nos indica que la calidad de vida de esta persona en términos de salud bucal es adecuada, teniendo en consideración su edad.

La imagen de la figura 12 muestra la evolución de la dentadura de la misma persona, con las mismas características iniciales, pero con unos cuidados deficientes. El resultado es una boca enferma.

## 6. VALIDACIÓN DEL SISTEMA

El proyecto tubo varias fases de validación. Primero se contrastaron los datos obtenidos de diferentes simulaciones con expertos en el campo de la odontología para que nos dieran su punto de vista, desde la óptica de la factibilidad de los resultados.

En segundo lugar, hicimos una serie de experimentos con diversas configuraciones posibles y calculamos los distintos índices de peligro de caries, erosión y mal posicionamiento de los dientes. Los resultados obtenidos fueron contrastados con datos clínicos y vimos que nuestro modelo se ajustaba a las conclusiones de las investigaciones sobre el campo de la odontología que habíamos consultado.

Finalmente se desarrolló un estudio sobre un paciente concreto para mostrar como afectaban las diferentes modificaciones en los hábitos higiénicos y de ingesta de alimentos.

## 7. CONCLUSIONES

El presente trabajo es la primera aproximación a un problema, el pronóstico a largo plazo de la salud bucal, que presenta difícil solución a partir de las herramientas de simulación actuales. Éste es un tema importante ya que a lo largo de los años la calidad de vida se ve mermada por la mala evolución de la cavidad bucal.

Actualmente el sistema no permite predecir exactamente el aspecto final de una boca, pero si que puede ser una herramienta inestimable de concienciación entre la población, dado que es una herramienta que puede ayudar a los odontoestomatólogos a mostrar como afectan determinados hábitos actuales a la cavidad bucal, y como un cambio en ellos implicaría en una mejora a largo plazo.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Antoni Guasch, Miquel Àngel Piera, Josep Casanovas, Jaime Figueres, *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Edicions UPC, 2002
- [2] Law, A. M., Kelton, W. D. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill, 1991.
- [3] Suñol Periu, Lluís, *Importancia del traumatismo oclusal en la etiología y desarrollo de la patología dentaria cervical*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1996.
- [4] Mouton Ch. Robert J.C. *Bacteriología Bucodental*. Masson, Barcelona, 1995.