



# IA para Diagnóstico de Afecciones Bucales: De la Clasificación a la Detección Multiclase

# El Reto Inicial: Clasificación Limitada y Resultados Insatisfactorios

Nuestra primera incursión en la IA bucal se centró en una clasificación básica, identificando solo una de seis afecciones: **sarro, dientes descoloridos, úlceras, caries, gingivitis o dientes normales**.

Sin embargo, el sistema inicial demostró ser insuficiente, mostrando **baja precisión y una alarmante confusión** entre afecciones visualmente similares, limitando su utilidad clínica.



Era evidente la necesidad de evolucionar hacia un modelo de IA más sofisticado, capaz de **detectar múltiples afecciones simultáneamente** para ofrecer un diagnóstico integral y preciso.

# Mejoras Clave Propuestas por el Ingeniero

## Historial y Personalización

Simulación de historial de imágenes del usuario con **login y registro** para un seguimiento personalizado.

## Validación Experta

Integración de **validación por odontólogos** para asegurar la calidad y confiabilidad del diagnóstico.

## Detección Multiafección

Desarrollo de una IA capaz de **detectar varias afecciones** en una misma imagen, pasando de clasificación a detección.

## Más y Mejores Datos

Incremento significativo en la **cantidad y calidad de los datos** de entrenamiento para mayor robustez.

## Evaluación Rigurosa

Implementación de una **evaluación del rendimiento** exhaustiva con métricas precisas y relevantes.

# El Desafío de los Datos: Mi Proceso de Aumento

La escasez de datos anotados de alta calidad fue un obstáculo crítico. Para superarlo, implementé una estrategia robusta de aumento de datos:



## Anotación con CVAT

Utilicé CVAT para realizar **anotaciones detalladas y segmentaciones precisas** de cada afección bucal directamente sobre las imágenes. Esto nos permitió crear máscaras de segmentación para cada área afectada (sarro, caries, úlceras, etc.), proporcionando al modelo una comprensión espacial mucho más rica que la simple clasificación.



## Modelo Experto de Segmentación

Desarrollé un **modelo experto inicial** capaz de segmentar automáticamente las afecciones. Este modelo, entrenado con un subconjunto de datos anotados manualmente, actúa como un pre-anotador, acelerando drásticamente el proceso de etiquetado de nuevas imágenes y permitiendo una **expansión masiva del dataset** con un esfuerzo humano optimizado.



## Ampliación Iterativa del Dataset

Este enfoque iterativo, combinando anotación manual de alta calidad con segmentación automática, no solo **multiplicó la cantidad de datos**, sino que también **mejoró significativamente su calidad y diversidad**, preparando el terreno para una IA de detección multiafección.

Datos ya entrenamiento ya anotados

Clase	Archivos
Caries	835
Ulcer	260
Tooth Discoloration	182
Gingivitis	197
TOTAL	1474

Datos en crudo

Subdirectorio	Imágenes
Calculus	1194
Data caries	219
Gingivitis	2349
Mouth Ulcer	265
Tooth Discoloration	183
TOTAL	5461

Datos en crudo limpiados (eliminar duplicados)

Subdirectorio	Imágenes	
Calculus	1194	
Data caries	1	
Gingivitis	2006	
Mouth Ulcer	23	
TOTAL	4474	

Eliminados a mano:

Subdirectorio	Imágenes
Calculus	740
Data caries	1
Gingivitis	958
Mouth Ulcer	17
TOTAL	3056

TOTAL DATOS TRAIN ETIQUETADOS: 3796.

Ficha Técnica del Entrenamiento (YOLOv5s)

Parámetro / Componente	Configuración / Valor	Descripción Técnica
Arquitectura	YOLOv5s (Small)	Versión ligera y rápida. Entrenada desde cero ( <i>From Scratch</i> , pretrained=False).
Optimizador	SGD (Stochastic Gradient Descent)	Usado con <b>Momentum = 0.937</b> . Ideal para generalización robusta en visión por computadora.
Learning Rate (Tasa de Aprendizaje)	0.01 (Inicial)	Tasa estándar para SGD. Incluye <b>Warmup</b> (calentamiento) durante las primeras <b>3.0 épocas</b> para estabilidad inicial.
Regularización (Pesos)	Weight Decay = 0.0005	Regularización L2. Penaliza pesos grandes para evitar <i>Overfitting</i> y simplificar el modelo.
Early Stopping	Activo (Implícito)	Detiene el entrenamiento automáticamente si la métrica (mAP) no mejora tras un periodo de paciencia (aprox. 50-100 épocas).
Funciones de Activación	SiLU (Swish) / Sigmoid	<b>SiLU</b> en capas ocultas para aprendizaje profundo; <b>Sigmoid</b> en la salida final para probabilidad (0-1).
Batch Size (Lote)	16	Número de imágenes procesadas simultáneamente antes de actualizar los pesos.
Resolución de Entrada	640 x 640 píxeles	Tamaño al que se redimensionan todas las imágenes (con padding gris si es necesario).
Data Augmentation	Dinámico	Transformaciones aleatorias en vivo: Espejo horizontal (fliplr=0.5), Escala (scale=0.5) y variaciones de color HSV.
Épocas Totales	300	Límite máximo de ciclos de entrenamiento (si el Early Stopping no lo detiene antes).

# Validación de Expertos: Garantizando Diagnósticos Confiables

La validación por expertos es el pilar de la confianza en nuestro sistema. Colaboramos estrechamente con un equipo de odontólogos para:



- Este proceso garantiza que nuestro sistema de IA no solo sea innovador, sino también **clínicamente fiable y seguro** para el apoyo diagnóstico.

# Implementaciones Prácticas: Funcionalidades Clave para la Experiencia de Usuario

Las mejoras técnicas se traducen en funcionalidades tangibles que transforman la interacción del usuario con el sistema:

## Historial de Imágenes Personalizado

Hemos implementado un módulo de **login y registro de usuario** que permite guardar un historial completo de las imágenes subidas y los diagnósticos generados. Esto facilita el seguimiento de la evolución de las afecciones a lo largo del tiempo, tanto para el paciente como para el profesional. **Demostración en vivo** de esta funcionalidad.



## Detección Múltiple en Acción

La IA ahora es capaz de **identificar y delimitar simultáneamente múltiples afecciones** en una sola imagen dental. En lugar de una simple etiqueta, el sistema resalta áreas específicas para sarro, caries y gingivitis. Observa en la **demostración en vivo** cómo el modelo detecta y segmenta las diferentes patologías con precisión, proporcionando un diagnóstico más completo y en tiempo real.



Estas funcionalidades no solo **personalizan la experiencia**, sino que también elevan la **calidad y la eficiencia del apoyo diagnóstico** en la salud bucal.

# Desafíos y Próximos Pasos

El camino hacia una IA dental perfecta es un proceso continuo de mejora. Nuestros próximos pasos incluyen:



## Ampliación y Diversificación del Dataset

Continuar **recolectando y anotando** imágenes de casos reales y complejos, asegurando la diversidad étnica y patológica para mejorar la robustez del modelo.



## Integración de Dispositivos

Explorar la compatibilidad e integración con **dispositivos intraorales y radiografías digitales** para ofrecer un diagnóstico aún más preciso y multifacético.



## Integración de Feedback Clínico

Establecer un **bucle de retroalimentación** constante con odontólogos para afinar el modelo con datos del mundo real y adaptarlo a nuevas necesidades clínicas.



## Investigación Continua

Investigar **nuevas arquitecturas de modelos** de IA y técnicas de aprendizaje profundo para mejorar aún más la eficiencia y la precisión de la detección.

# Conclusión: Hacia una IA Integral y Confiable para la Salud Bucal

La evolución de nuestra IA de una simple clasificación a un sistema de **detección multiafección avanzada** representa un salto cualitativo en el diagnóstico dental.

- La combinación de **aumento de datos estratégico, validación experta rigurosa y funcionalidades centradas en el usuario** es la clave del éxito.
- Este enfoque integral no solo mejora la precisión, sino que también transforma la experiencia clínica, haciendo el **diagnóstico más rápido, completo y confiable**.

¡Únete a la **demostración práctica** para ver en acción estas innovaciones y su impacto real en la salud bucal!

