



APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EN LA PREDICCIÓN DE FRACASOS
ENDODÓNTICOS.
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

MÁSTER DE CIENCIAS ODONTOLÓGICAS UCM

SEPTIEMBRE 2011

ALUMNA: LIVIA CAMPO NIEVES

TUTOR: DR. VICENTE VERA GONZÁLEZ

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN	13
HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS	15
MATERIAL Y MÉTODOS	16
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES	62
ANEXOS.....	63
BIBLIOGRAFÍA	70

INTRODUCCIÓN

BIOINFORMÁTICA. SISTEMAS DE RAZONAMIENTO BASADOS EN CASOS (CBR)

En los últimos años, los campos de la biomedicina y la bioinformática han experimentado un notable progreso en la prevención y detección de diversas enfermedades. Las técnicas de inteligencia artificial son comunes en otras ramas del conocimiento y habituales en la extracción de información relevante a diversos problemas.

El aprendizaje automático es un área joven dentro de la Inteligencia Artificial (IA) y viene a representar la parte dinámica o adaptativa de la inteligencia. Los sistemas básicos de inteligencia artificial sólo resuelven los problemas ya previstos, mientras que la auténtica inteligencia reside en adaptarse al entorno, tener capacidad de resolver nuevos problemas, aprender de los errores...

Los objetivos que persigue el aprendizaje automático no es tanto modelar el aprendizaje humano, sino superar los límites de los sistemas de IA habituales, cuyos límites vienen impuestos por el conocimiento que se les ha introducido, no siendo capaces de resolver problemas más allá. Partiendo de la premisa de que es imposible prever todos los problemas desde el principio, el aprendizaje automático pretende aportar a los programas de Inteligencia Artificial, la capacidad de adaptarse sin tener que ser reprogramados [1].

Entre las aplicaciones habituales de los sistemas de aprendizaje automático podemos encontrar las tareas difíciles de programar como el reconocimiento facial, las aplicaciones auto-adaptables como los interfaces inteligentes o los filtros anti-spam y la minería de datos que supone un análisis inteligente de grandes volúmenes de datos.

Como disciplina no hay una única forma de aprendizaje automático, diferenciándose distintos tipos en función de las características del aprendizaje. Apareciendo diferentes tipos de aprendizaje automático.

- a. Aprendizaje genético: aplica algoritmos inspirados en la teoría de la evolución para encontrar descripciones generales a conjuntos de ejemplos.
- b. Aprendizaje conexionista: busca descripciones generales mediante el uso de la capacidad de adaptación de las redes neuronales artificiales.

- c. Aprendizaje inductivo: crea modelos de conceptos a partir de la generalización de ejemplos simples buscando patrones comunes que expliquen estos ejemplos.
- d. Aprendizaje analógico: busca una solución a un problema nuevo, en base a la existencia de similitudes con problemas ya conocidos y adaptando sus soluciones. Los sistemas de razonamiento basados en casos se integran en este tipo de aprendizaje. [2-4]

Los sistemas de razonamiento expertos son una rama de la Inteligencia Artificial con demostrado éxito, sin embargo enfrentan una serie de problemas importantes.

- En muchos casos es difícil extraer de expertos humanos el conjunto de leyes y normas que permitan crear un sistema inteligente.
- La implementación de sistemas expertos es compleja.
- Una vez implementados, suelen ser lentos y tener problemas para acceder y manejar grandes volúmenes de información.
- Son difíciles de mantener. [4-6]

Con la intención de superar estos problemas, Kolodner en 1983 [7, 8] propuso un modelo revolucionario: un Sistema de Razonamiento Basado en Casos (CBR, Case-Based Reasoning) que utiliza como base el modelo de razonamiento humano. Desde entonces los CBR se han aplicado con éxito a un amplio espectro de problemas [1] [9, 10].

Un Sistema de Razonamiento Basado en Casos (CBR) resuelve problemas por medio de la adaptación de soluciones dadas anteriormente. La memoria de un CBR almacena un número de problemas y sus soluciones; ante un nuevo problema recuperan casos similares y dan una solución, es decir resuelve problemas buscando soluciones dadas con anterioridad. Un CBR es un sistema dinámico en el cual los nuevos problemas son añadidos continuamente a su memoria, de tal forma que los problemas parecidos o similares se eliminan y paulatinamente se crean otros mediante la combinación de varios ya existentes. La idea que impulsó esta metodología se basa en el hecho de que los humanos utilizan lo aprendido en experiencias previas para resolver problemas presentes [1, 11-13].

La utilización de Sistemas de Razonamientos Basados en Casos aplicados en el campo de la biomedicina es un campo joven, hasta ahora se han utilizado en una gran variedad de problemas médicos: en residencias sanitarias como método de control, en hipotiroidismo, en

pacientes hemodializados o diabéticos, como método diagnóstico del grado de estrés de los pacientes, como método predictivo de evolución de cánceres o de leucemias... La odontología es un campo todavía no explotado, pudiendo establecerse como una parte dinámica y adaptativa a los problemas dentales, ofreciendo a su vez modelos de razonamiento predictivo aplicables a la problemática dental [2] [14, 15].

Los casos típicos admitidos para su análisis con CBR deben ser casos cuyo problema bien estructurado contenga la experiencia pasada y la información del contexto, por tanto serán [16]:

- Casos que describen problemas y sus soluciones pueden utilizarse para generar nuevas soluciones en nuevos problemas.
- Casos compuestos por problemas y resultados que puedan emplearse para evaluar nuevas soluciones.
- Casos formados por problemas, soluciones y resultados que puedan utilizarse para evaluar resultados de posibles soluciones y por tanto, evitar riesgos así como posibles problemas.

Los casos se pueden presentar de forma diferente en función del problema pero toda la información debe ser funcional, fácil de entender, de interpretar y de recuperar [17].

➤ **ESTRUCTURA GENERAL DEL CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA CBR**

Un sistema CBR obtiene la solución a un problema determinado analizando problemas pasados, comparando y adaptando el problema a la situación determinada. Para ello basan su conocimiento en los problemas almacenados en su memoria en forma de casos, realizando todas estas acciones de forma estructurada y cíclica donde generalmente se requiere la intervención humana.

Los sistemas CBR se pueden utilizar de forma individual o formando parte de un sistema convencional o inteligente, pero están especialmente indicados cuando las reglas que definen un sistema de conocimiento son difíciles de obtener, o el número y complejidad de las mismas es demasiado grande para un sistema experto.

El objetivo del sistema CBR es encontrar una solución a un determinado problema buscando en su memoria casos similares con sus soluciones. Una vez seleccionados estos casos se reutilizan para generar una solución inicial que se revisa y crea un nuevo caso almacenado en la memoria para su posterior utilización. Los casos de la memoria se pueden eliminar o mezclar para generar nuevas situaciones que solucionen los nuevos problemas introducidos.

Un sistema CBR se asemeja a la estructura general del conocimiento humano, si al buscar una solución esta es insatisfactoria, eliminará los casos y soluciones causantes de esta irregularidad buscando situaciones correctas y experimentadas en lugar de realizar asociaciones generales entre problemas con iguales características como haría un sistema de razonamiento basado en reglas o depender del conocimiento general de un determinado problema [18] [19, 20].

Un CBR es un sistema de aprendizaje incremental puesto que cada vez que resuelve un problema es posible crear otro y almacenarlo para su posterior utilización. No obstante, requiere de la intervención humana en muchas situaciones especialmente en la fase de revisión de la solución y en la retención de nuevos casos; esto supone su mayor inconveniente ya que requiere de la presencia de un experto.

Cada problema a estudiar define la estructura del sistema CBR basándose en la necesidad de comparar las características sintácticas o semánticas de los casos y las soluciones.

El ciclo de vida de un CBR está compuesto por cuatro fases necesarias para la resolución de un nuevo problema:

1. Recuperación de los casos más relevantes.
2. Reutilización de los casos o problemas con la intención de solucionar el problema presente.
3. Revisión de la solución propuesta.
4. Retención o aprendizaje de la nueva solución como parte de un nuevo caso. [1, 16, 21, 22]. Figura 1[1]

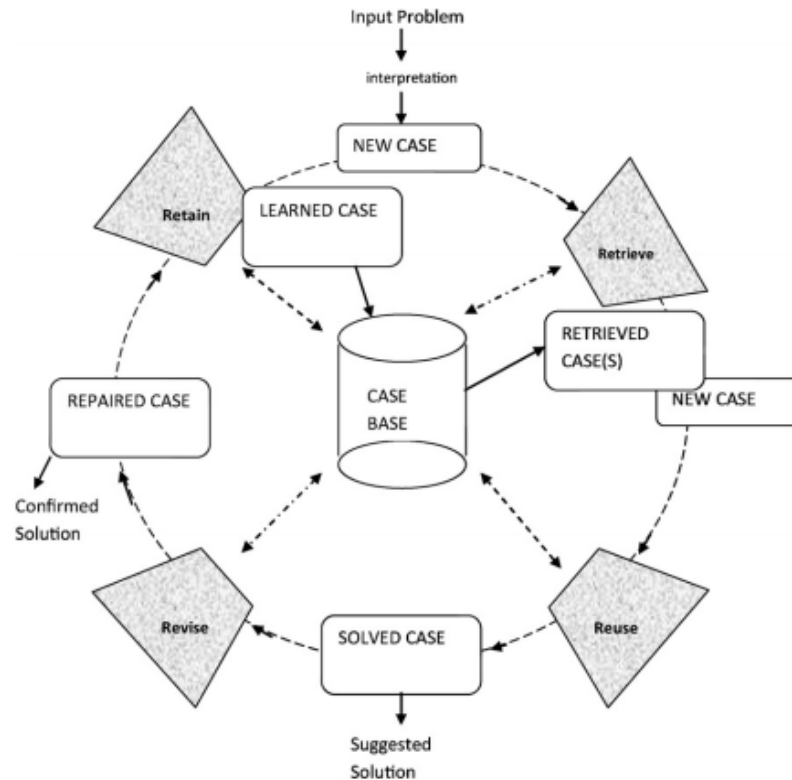


Ilustración 1: ciclo de vida de un CBR [18]

1. Recuperación

En esta fase, el sistema CBR extrae los casos almacenados en su memoria más similares al problema que se desea solucionar. Esta fase funciona en tres etapas consecutivas que deben seguir el mismo orden:

- Identificación de las características que definen un problema.
- Comparación inicial de los casos más similares al problema mediante reglas predefinidas.
- Búsqueda y selección del caso o grupo reducido de casos que más similitud tiene con el problema presente por el que se empezará a definir la nueva solución.

Los casos más próximos al problema se seleccionan después de un estudio profundo de los casos recuperados inicialmente a partir de las características del problema. Esta

selección es mucho más complicada que la elección inicial y en los sistemas actuales requieren la intervención humana lo que puede considerarse un gran inconveniente [23, 24].

2. Reutilización

En la fase de reutilización, el sistema CBR estudia las diferencias entre el caso o casos seleccionados anteriormente y el problema existente viendo cuáles son las características de los casos seleccionados que se pueden trasladar al problema presente.

En los problemas simples de clasificación, las diferencias entre los casos se ocultan y sólo se tienen en cuenta las similitudes, en este momento el problema adopta la solución del caso recuperado. En la mayoría de las ocasiones las diferencias son importantes y es necesaria una adaptación de las soluciones.

Las soluciones se pueden adaptar mediante:

- Reutilización transformacional. Reutilizando soluciones dadas a problemas anteriores. La solución al caso presente no es la solución adoptada para esta situación pero existe una transformación que da lugar a una solución al presente problema a partir de las soluciones de los casos recuperados. El principal problema es determinar los algoritmos adecuados para la adaptación de los casos recuperados para generar la nueva solución.
- Reutilización derivacional. Se reutilizan los métodos empleados para generar soluciones en los casos pasados. El caso recuperado debe contener la información relacionada con el método utilizado incluyéndose así para cada operación utilizada, objetivos, alternativas generadas, problemas encontrados en la búsqueda de la solución... en este tipo de reutilización se usa el método antiguo para resolver el nuevo problema [25].

3. Revisión

En esta fase la solución propuesta se examina minuciosamente. Si es aceptada, puede utilizarse durante la etapa de aprendizaje, pero si la solución es insatisfactoria se puede modificar o reparar usando un conocimiento específico acerca del problema en cuestión.

La evaluación de una solución se realiza normalmente aplicando dicha solución a un problema real, y son sus características las que determinan cuando se puede llevar a cabo esta evaluación, siendo en ocasiones necesario el uso de simuladores. Si la solución se debe modificar, es necesaria la identificación de los errores cometidos durante la generación de la solución y poder explicarlos usando técnicas basadas en explicaciones. Una vez identificados los errores la solución se repara usando la explicación al error y evitándolo cuando aparezca [26]

4. Aprendizaje

Los sistemas CBR durante esta fase identifican los aspectos que pueden aprender o memorizar y por tanto incluir en la memoria. Deben tener en cuenta las modificaciones de la fase anterior para realizar sus tareas más importantes:

- Seleccionar la información contenido en los casos en que debe memorizarse.
- Definir como debe almacenarse la información obtenida.
- Establecer los mecanismos de indexación del nuevo problema para así poder reutilizarlo en un futuro.
- Definir la forma de integrar el nuevo caso en la estructura de la memoria determinando si las fuentes del aprendizaje son a partir de las características que describen un problema o a partir de la solución dada al problema.

Un CBR es un sistema dinámico donde su memoria debe modificarse continuamente a partir de los problemas resueltos, es decir, si un caso reutiliza y adapta una nueva solución esta puede generalizarse o incluso crear un caso nuevo donde, en muchas ocasiones, es necesaria la ayuda de un experto para crear dicho caso.

La actualización de la memoria es el paso final de esta fase, lo que constituye el verdadero aprendizaje por medio de integración de varios casos e indexación de los mismos ajustando cada caso en función del éxito o no de su reutilización [16, 18].

Por tanto, la indexación de los casos tanto nuevos como reutilizados es un punto crucial en el aprendizaje del sistema CBR; dicho sistema admite índices predictivos lo suficientemente concretos como para identificar los casos de forma idónea, flexibles para adaptarse a los cambios necesarios y adecuados para el problema en el que se utilizan [6, 22]

Existen varios mecanismos de indexación de los casos, unos automáticos y otros que requieren la intervención manual de un experto. En general los métodos de indexación automática pueden ser:

1. Indexación basada en las características y atributos más representativos del problema, una vez analizados se ordenan y se indexan teniendo en cuenta el valor cuantitativo de sus características [16].
2. Indexación basada en diferencias, seleccionados los índices que forman las diferencias entre los casos se pueden separar las distintas soluciones de un problema. Ordenadas e indexadas se utilizan para solucionar nuevos problemas [7, 8].
3. Indexación basada en la generación de índices de similitud. Agrupando características similares y creando nuevos rasgos comunes a todos ellos se indexan soluciones a cada caso individual [27].
4. Indexación mediante aprendizaje inductivo. Identificando las características, estas se usan como índices y se indexan mediante algoritmos de inducción [28]
5. Indexación basada en explicaciones. Analizando cada caso y determinando cuáles son sus características fundamentales se utilizan en un determinado orden para identificar los nuevos casos [18, 29].

➤ **TIPOS DE SISTEMAS CBR**

Existen muchos sistemas de CBR; aunque todos comparten la misma estructura cada uno se adapta mejor a un tipo de problema en particular.

- Razonamiento basado en ejemplares: son sistemas que centran su aprendizaje la definición de conceptos. Los casos parecidos se agrupan en clases que absorben las características más importantes de los casos asociados; la solución buscada debe ser la que, en general, represente las características de cada problema en particular. La solución más similar al problema se utiliza como solución a este problema [4, 21].
- Razonamiento basado en instancias: son sistemas que basan su aprendizaje en ejemplares centrado en problemas con fuertes connotaciones sintácticas, es decir situaciones donde hay un número muy grande de casos que dan un amplio

espectro de posibilidades. En problemas donde falta conocimiento general de las leyes que rigen el comportamiento del sistema.

- Razonamiento basado en memoria. Estos sistemas tienen en su memoria una colección de casos y el razonamiento es un proceso de recuperación de estos casos almacenados.
- Razonamiento basado en casos. Este tipo de aprendizaje requiere que:
 - Un caso tenga un número de características distintivas y relevantes con una estructura interna relativamente compleja.
 - Un CBR debe ser capaz de adaptar la solución recuperada al contexto en el que está inmerso.
 - El sistema CBR requiere cierto conocimiento del problema general.
 - El algoritmo utilizado se debe basar en las teorías desarrolladas en el ámbito de la psicología cognitiva [7, 8].
- Razonamiento basado en analogías: estos sistemas intentan resolver un problema utilizando casos antiguos procedentes de un conocimiento diferente [30].

PROBLEMÁTICA ENDODÓNTICA

La endodoncia supone el 20 % de los tratamientos realizados en la clínica dental, obteniéndose un 90% de éxitos. El 10% restante, suponen fracasos endodónticos con mejor o peor solución: de este 10 % casi un 40% se produce por fracturas corono-radiculares, suponiendo el 5 % del total de las fracturas dentales. Las recolonizaciones bacterianas del conducto y la posterior aparición de sintomatología radiológica suponen un 15% de los fracasos endodónticos [3, 31, 32].

Los dientes endodonciados pierden la vitalidad y la resistencia intrínseca del diente natural y por tanto se vuelven más frágiles. Entre las principales causas que explican esta pérdida de la resistencia podemos destacar que:

1. Los dientes endodonciados presentan una disminución de la hidratación, especialmente dada por la dentina lo que lleva a la desecación y pérdida de la flexibilidad.
2. Los dientes endodonciados tienen una gran pérdida de estructura dentaria especialmente de la dentina producida tanto por la caries que originó la patología como por la apertura para realizar el tratamiento.
3. Además los dientes endodonciados pierden su ligamento periodontal que se anquilosa perdiéndose a su vez la capacidad de absorción o amortiguación de las fuerzas [31, 32].

Los dientes son estructuras de elevada dureza y resistencia capaces de soportar todo tipo de esfuerzos razonables que actúen sobre ellos. Actúan como un cuerpo presentando una rigidez y elasticidad considerables lo que unido al efecto amortiguador del ligamento periodontal permiten disminuir los esfuerzos que recaen sobre el diente repartiéndolos a lo largo del espacio periodontal.

La fisura y la fractura dentaria suelen aparecer con cierta frecuencia en la práctica general causadas por sobreesfuerzo funcional o por un defecto en la capacidad del diente para hacer frente a las fuerzas. La endodoncia supone una disminución de la capacidad dental para soportar las fuerzas incidentes y por tanto, es un diente proclive a presentar fracturas [33].

Por tanto, los dientes endodonciados tienen un mayor riesgo de fracaso por fractura dental, suponiendo el mayor riesgo de pérdida dental tras dicho tratamiento ya que suponen el 40% de los fracasos endodónticos.

Existen numerosas causas que pueden desencadenar la fractura del débil diente endodonciado:

1. Traumatismos accidentales directos o indirectos, momentáneos o repetitivos que inciden sobre el diente y producen la fractura del diente endodonciado con fácil reconocimiento de la causa por parte del paciente.
2. La morfología dental es también muy importante para desencadenar fracturas, ya que las cúspides muy prominentes presentan mayor riesgo y frecuencia de padecer fisuras.
3. Los esfuerzos realizados durante la instrumentación o la condensación al realizar el tratamiento endodóntico pueden ser también, responsables de las fisuras dentales.
4. La restauración puede influir mucho en la aparición de estas patologías ya que la presencia de materiales que presionen la raíz puede rebasar la capacidad de resistencia y finalmente producir el fracaso.

Probablemente la mayoría de los fracasos se den por una suma de todos los mecanismos anteriores que producen en el paciente dolor, incomodidad e impotencia funcional que en muchas ocasiones es difícil de diagnosticar.

La exploración y palpación minuciosa del paciente que acude con síntomas de patología pulpar pero que presenta un sondaje periodontal muy profundo en un determinado punto periférico y una imagen radiográfica en forma de lesión radiotransparente no periapical, deben hacer sospechar del diagnóstico de fisura o fractura radicular. En las ocasiones en las que la fractura es abierta y se ve de forma radiográfica el diagnóstico es mucho más sencillo.

Desgraciadamente el tratamiento de este tipo de fracasos, salvo situaciones de fisuras incompletas, no tiene más alternativas que la exodoncia por lo que es vital la prevención de los mismos mediante la protección de los dientes, el adecuado ajuste oclusal y la planificación idónea de la terapéutica endodóntica [31-33]

JUSTIFICACIÓN

La incorporación de las técnicas de inteligencia artificial en el ámbito de la biomedicina ha producido numerosas mejoras en el campo diagnóstico y preventivo de algunas enfermedades.

Los sistemas de Razonamiento Basados en Casos son una herramienta muy valiosa para predecir situaciones sanitarias en tiempo real, ofreciendo la posibilidad de modificar la conducta terapéutica o el pronóstico esperado.

En medicina los sistemas CBR se han utilizado clásicamente para controlar y mejorar el estado de salud de los pacientes crónicos, además de para observar y representar la situación de los enfermos. Actualmente son cada vez más utilizados para diagnosticar, clasificar y prever situaciones clínicas en tiempo real, no obstante no son muchos los diseños de CBR realizados para estas predicciones.

Todas las variaciones mantienen la estructura general de un sistema CBR clásico pero se adaptan a la predicción necesaria, siendo necesario un conocimiento básico del problema a estudiar para realizar el sistema de razonamiento.

No obstante, en el campo odontológico han sido mínimamente utilizados y en el campo endodóntico nunca se han utilizado para predecir el comportamiento de los tratamientos realizados pudiendo establecer las premisas necesarias para adecuar las precauciones durante y después del tratamiento.

La terapéutica endodóntica compone una gran parte de los tratamientos realizados por el odontólogo y supone un último intento de salvación dental, sin embargo ofrece un porcentaje de fracasos. Dicho porcentaje de fracasos es muy poco elevado (entre un 5 y un 10%) pero estos fracasos endodónticos se deben en un 40% a fracturas radiculares principalmente verticales, lo que supone una situación prácticamente insalvable para los dientes tratados.

Por tanto, desde nuestro punto de vista, la incorporación de una herramienta que permita predecir el comportamiento de los tratamientos realizados en función de las diferentes características del paciente, de la técnica y del profesional es de vital importancia. De esta manera, se podrían evitar, disminuir o cambiar los factores que influyen de forma

negativa en el pronóstico de los dientes endodonciados facilitando que el clínico establezca un pronóstico lo más cercano a la realidad posible y haciendo que el paciente acomode sus expectativas a los datos esperados.

Por otro lado, podríamos ofrecer al clínico una herramienta de apoyo no utilizada hasta el momento que pueda facilitar y precisar su técnica clínica además de alertarle sobre el pronóstico de su tratamiento.

Es, por todo ello, que creemos necesaria la utilización de herramientas complementarias en el diagnóstico endodóntico que pronostiquen el éxito o fracaso de los tratamientos a realizar así como que alerten de los factores a eliminar o disminuir para evitar dichos fracasos. Los sistemas de Razonamiento Basados en Casos ofrecen esta herramienta necesaria para complementar el diagnóstico endodóntico.

HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

- Suponemos que la aplicación de la Inteligencia Artificial, en concreto de los Sistemas de Razonamiento Basados en Casos para predecir el comportamiento de los tratamientos endodónticos facilitaría la posibilidad de establecer un pronóstico adecuado a la realidad; así como la posibilidad de eliminar o disminuir los factores considerados como negativos para el éxito del tratamiento.

- **OBJETIVO PRINCIPAL:** establecer utilizando Sistemas de Razonamiento Basados en Casos (CBR) si existen variables que puedan predecir el riesgo de fracaso endodóntico.

- **OBJETIVO SECUNDARIO:** establecer un conjunto de variables a tener en cuenta para predecir el fracaso endodóntico por fractura corono-radicular o nueva lesión periapical.

- **HIPÓTESIS NULA:** no existen variables individuales, técnicas o restauradoras que puedan desencadenar los fracasos endodónticos por fracturas corono-radiculares o aparición de nuevas lesiones periapicales.

MATERIAL Y MÉTODOS

A. MATERIAL

Para la realización de este estudio hemos necesitado:

1. Revisión bibliográfica:

La búsqueda bibliográfica se realizó a través de las bases de datos PUBMED, COCHRANE Y COMPLUDOC utilizando las palabras clave: CBR, failure AND endodontics, artificial AND intelligence, biomedicine y CBR AND health sciences.

Los artículos seleccionados se obtuvieron en la hemeroteca de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, en la hemeroteca de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca o mediante descarga online de los mismos.

2. Recursos humanos:

- Un odontólogo investigador del estudio, realizando el programa de Doctorado.
- Una auxiliar de clínica.
- Ingenieros informáticos del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca.

3. Muestra del estudio

El estudio se realizó sobre 35 pacientes que acudieron al Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid desde septiembre de 2000 a mayo de 2011.

La muestra debía cumplir los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

- Criterios de inclusión
 - Pacientes mayores de edad.
 - Pacientes con plenas capacidades para tomar decisiones.
 - Pacientes que hayan sido tratados en el máster durante las fechas del estudio a los que se les haya realizado un tratamiento endodóntico, que hayan vuelto al mismo servicio por un fracaso

endodóntico y que hayan sido tratados de este fracaso. Además deben haber venido a las correspondientes revisiones.

- Criterios de exclusión.
 - Pacientes que hayan acudido al Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid durante las fechas del estudio y que habiéndoseles realizado una endodoncia no hayan acudido a las revisiones a los 3,6 y 12 meses.
 - Pacientes que hayan acudido al Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid durante las fechas del estudio y que habiéndoseles realizado una endodoncia y habiendo acudido a los controles posteriores, esta endodoncia no haya fracasado.
 - Pacientes que hayan acudido al Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid durante las fechas del estudio y que habiéndoseles realizado una endodoncia y que dicha endodoncia haya fracasado por causas diferentes a la fractura corono-radicular o la aparición de una nueva lesión periapical.
 - Pacientes cuyas historias clínicas cumplieran los criterios de inclusión pero no disponían de todas las variables que se estaban recogiendo.
 - Pacientes que rehusaron a colaborar en el estudio.

4. Material clínico y radiográfico.

- Guantes de látex y/o vinilo.
- Mascarillas.
- Espejo, sonda y pinzas para exploración.
- Aspiradores y jeringa de aire del sillón dental.
- Placas radiográficas intraorales.
- Anillos posicionadores de radiografías.
- Tubo de rayos X intraorales del Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid.

- Negatoscopio del Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid.
5. Material informático.
 - Un ordenador personal para la recogida de datos en tablas Excel[®].
 - Ordenadores del Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca para el análisis mediante CBR. Los datos fueron procesados por J.M. Corchado y J.F. De Paz Santana de dicho departamento.
 6. Documentación

Todos los pacientes firmaron una hoja de consentimiento informado antes de la exploración clínica y radiológica (ANEXO I) y el investigador rellenó por cada paciente una hoja Excel[®] con todas las variables del estudio (ANEXO II).

B. MÉTODO

La metodología empleada para la realización de este estudio es la siguiente:

1. Selección de los pacientes.

En primer lugar, se revisaron todas las historias clínicas de los pacientes del Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de Universidad Complutense de Madrid seleccionándose aquellas historias clínicas que cumplieran con los criterios de inclusión.

Posteriormente se realizaron llamadas telefónicas a todos los pacientes que cumplieran estos criterios y se citaron para una posterior revisión en dicho Máster.

2. Historia clínica

Primeramente se explicaba al paciente la necesidad de controlar de nuevo su tratamiento endodóntico y de la posibilidad de que los datos obtenidos en esta revisión formasen parte de un estudio, explicándoles posteriormente los objetivos de dicho trabajo. Los pacientes que estuvieron de acuerdo firmaron el correspondiente consentimiento informado y a continuación se procedió a rellenar todos los datos clínicos y radiográficos, comprendiendo un total de 72 variables a estudiar. (ANEXOS I Y II)

Antes de realizar ningún tipo de exploración se confirmaban con el paciente todos los datos demográficos y se rellenaba en la tabla correspondiente los datos de su historia médica general y dental. (ANEXO II)

3. Exploración clínica

Se realizó una inspección y palpación del diente tratado para completar las variables correspondientes a sus características morfológicas y al tipo de restauración post-endodóntica.

4. Exploración radiográfica.

Tras realizar una primera exploración clínica se procedió a la realización de radiografías periapicales con anillos posicionadores mediante la técnica de paralelización.

Una vez reveladas en el mismo momento se procedió al estudio de las mismas utilizando un negatoscopio del máster, revisándose de la siguiente manera:

- Las radiografías periapicales eran estudiadas únicamente por el examinador.
- Se veían en un negatoscopio de pared con luz ambiente y siempre en el mismo lugar.
- La inspección se realizó sin ningún tipo de instrumento de aumento.
- Se valoraban de mesial a distal y de coronal a apical observando tanto la anatomía general de la corona y la raíz como la aparición de alteraciones u patologías. Se valoraron todos los parámetros contemplados en el ANEXO II.
- Se analizaron las radiografías siempre en el mismo orden y se anotaron los datos inmediatamente antes de pasar al siguiente paciente.

Dichas radiografías fueron incorporadas a la historia clínica del paciente tras haberse digitalizado para su incorporación al archivo de este estudio.

En algunas ocasiones, los pacientes referían la exodoncia del diente tratado y retratado en el Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid. Se confirmaban los datos de su historia clínica, de la razón,

lugar y fecha de dicha exodoncia mediante una entrevista con los pacientes y/o mediante la consulta de la historia general del paciente.

RESULTADOS

Los casos seleccionados fueron escogidos del fichero de historias clínicas del Máster de Endodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, comprendiendo pacientes que a los que se les hubieran realizado tratamientos de conductos entre septiembre de 2000 y mayo de 2011. Del total de pacientes tratados en estas fechas se seleccionaron los 35 casos que cumplían todos los criterios de inclusión y que desearon acudir a las citas de revisión. Ninguno de los casos seleccionados y que acudió a la cita de revisión rehusó incorporarse al estudio.

Se escogieron un total de 18 mujeres y 17 hombres con edades comprendidas entre los 18 años y los 85 años. La edad media de los pacientes fue de 54.6 años y todos cumplían los criterios de inclusión establecidos previamente.

Los casos elegidos contenían toda la información necesaria para completar las 72 variables consideradas. Dichas variables contemplan toda la información relevante al paciente, su historia médica, dental, sus hábitos y costumbres; pero además se valoraban datos relativos al estado previo del diente, su morfología, la técnica clínica utilizada y los resultados posteriores. De esta manera se contemplan el mayor número de variables capaces de influir en el éxito o fracaso del tratamiento de conductos y de su retratamiento.

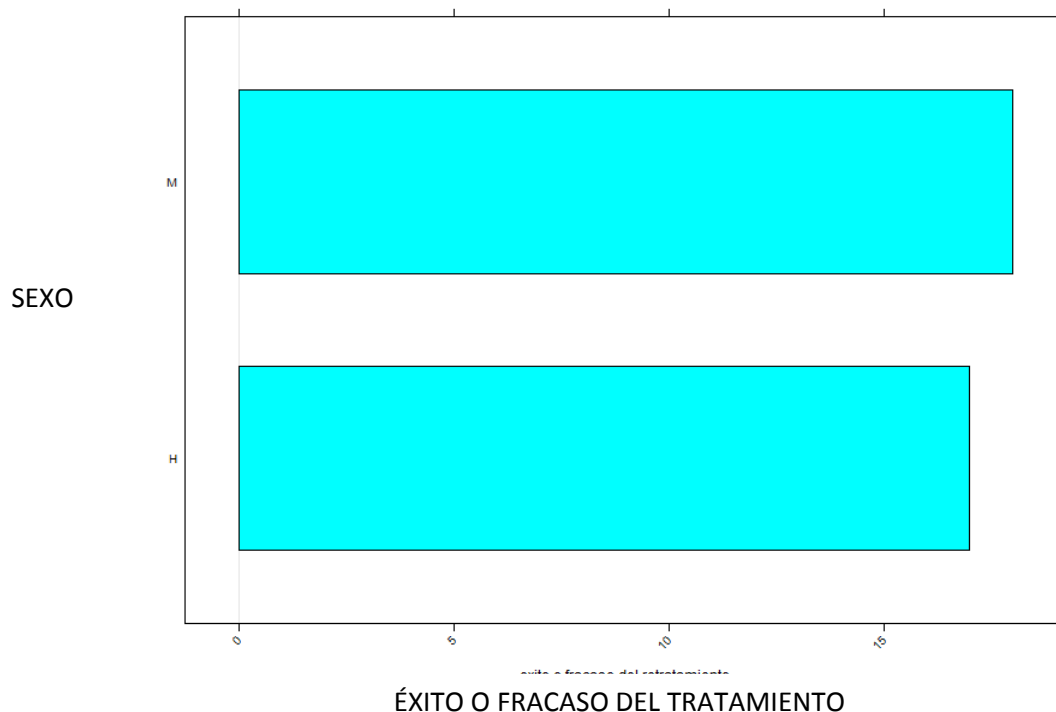
A partir de los datos descritos se realizó un estudio de las causas de éxito y fracaso en los retratamientos y se elaboró un sistema de predicción sobre los retratamientos llevados a cabo sobre los pacientes. Las predicciones se realizaron por medio de un sistema CBR que integró una red bayesiana durante la etapa de reutilización. El análisis de las causas realizado mediante un test estadístico, facilitó el estudio de predicciones automáticas realizadas por un sistema CBR por parte de un experto.

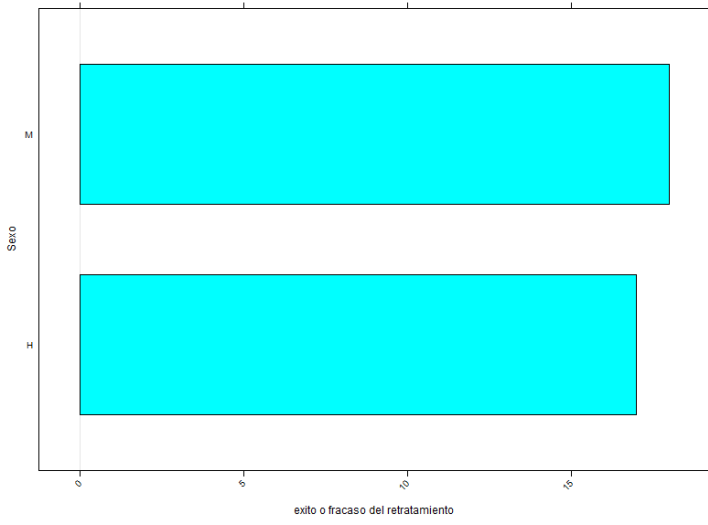
El análisis de los datos y la definición del sistema de predicción se realizaron de modo progresivo. En una primera etapa se llevó a cabo un preprocesado de los datos que consistió en un análisis de los datos disponibles para proceder a recodificar las variables y así permitir un resultado final óptimo. Posteriormente, se efectuó una comparativa de rendimiento del sistema de predicción basado en un CBR modificando las técnicas aplicadas durante la fase de adaptación.

Como primer paso, previo análisis de los datos se determinaron las características de las variables. La observación directa de las variables es de importancia para determinar las características del problema que se pretende analizar y determinar posibles problemas en los datos, de los que dispone. Mediante la observación directa de las variables es posible determinar errores tipográficos que implicarían la aparición de diferentes categorías con frecuencias bajas. Además, es necesario evitar la existencia de un número alto de categorías por variables para que la aplicación de test estadísticos tenga mayor significabilidad.

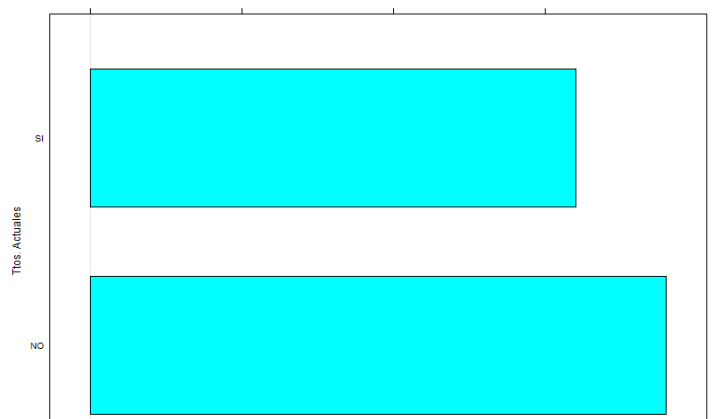
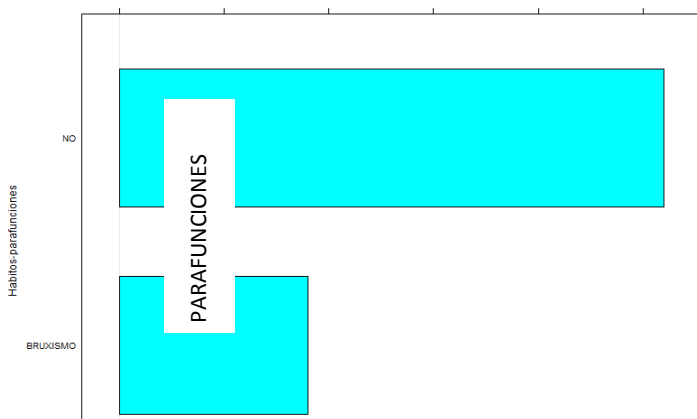
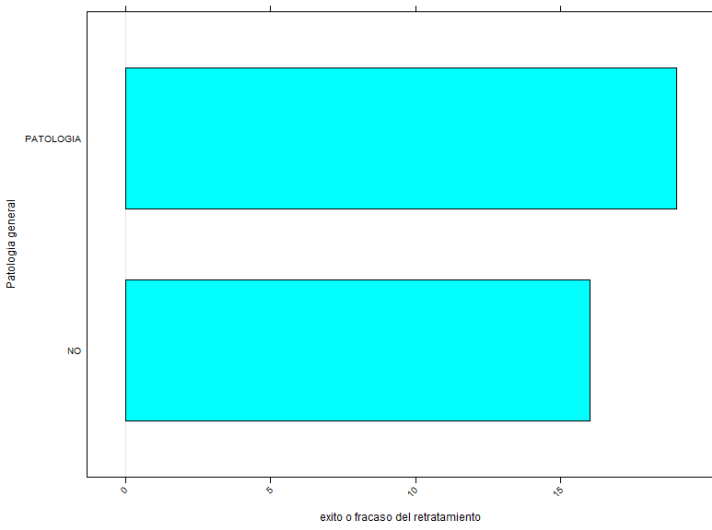
Inicialmente determinadas variables poseían un número de categorías muy alto por lo que se procedió a realizar una recodificación de las mismas para conseguir el que el número de categorías finales por variable estuviera entorno a 3 ó 4 valores diferentes.

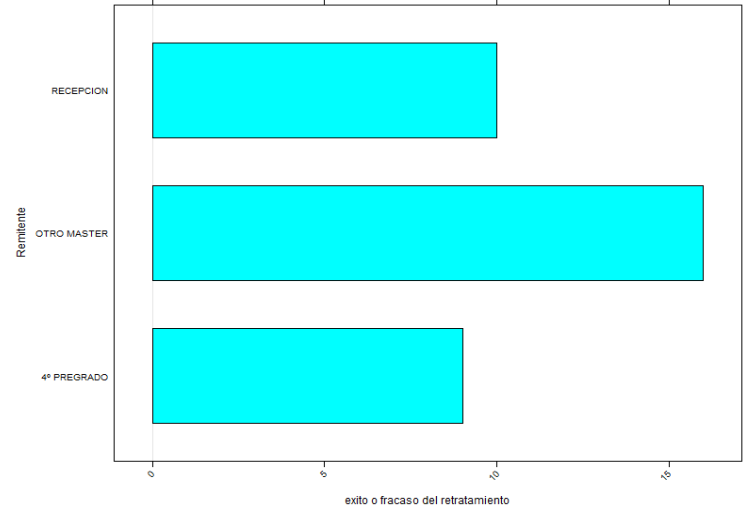
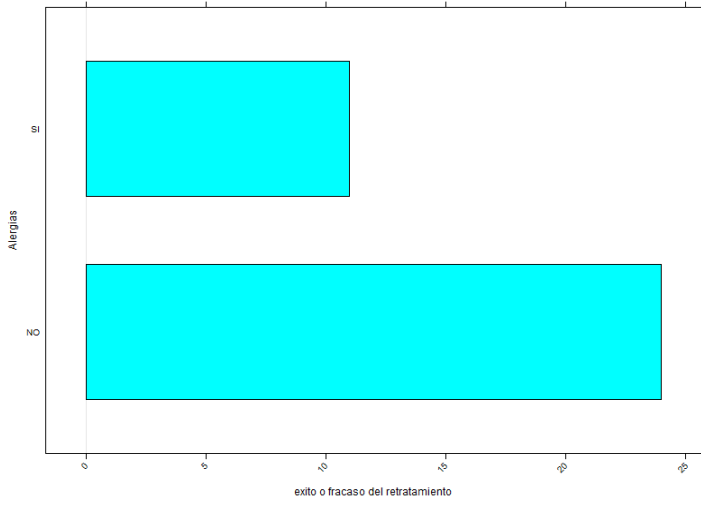
En las siguientes figuras se analiza la frecuencia de las diferentes categorías para cada una de las variables. De forma muy rápida se pudo realizar una verificación de las variables y comprobar que no se necesitan nuevas recodificaciones de las variables ya que el número de categorías no es muy elevado para el número de datos de los que se dispone.

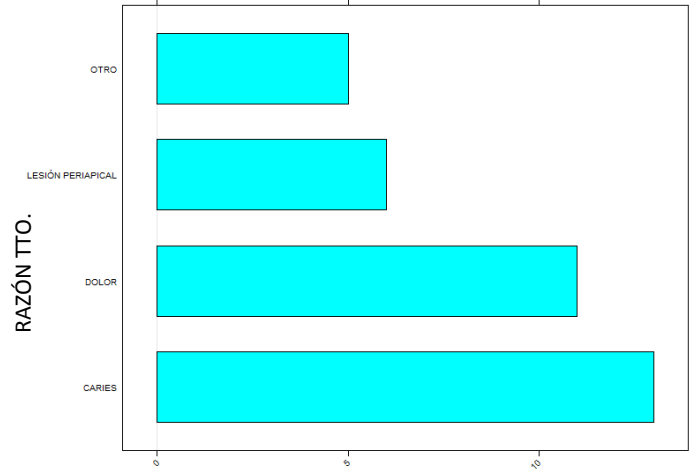
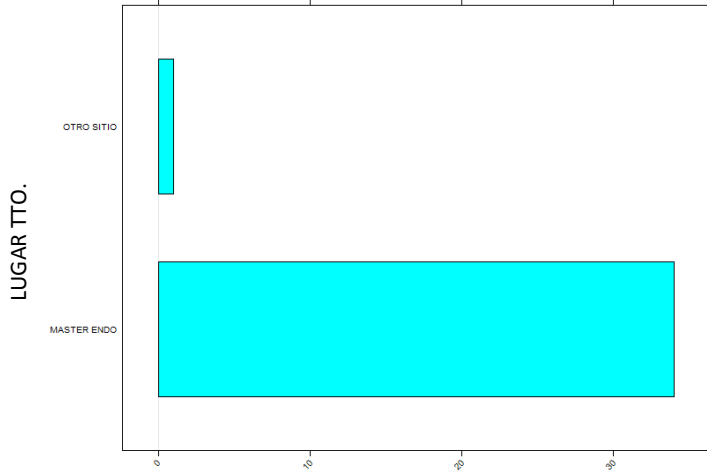




RESULTADOS

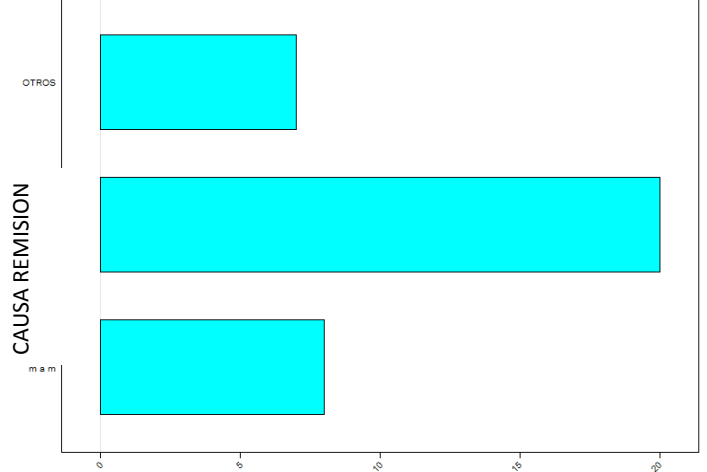
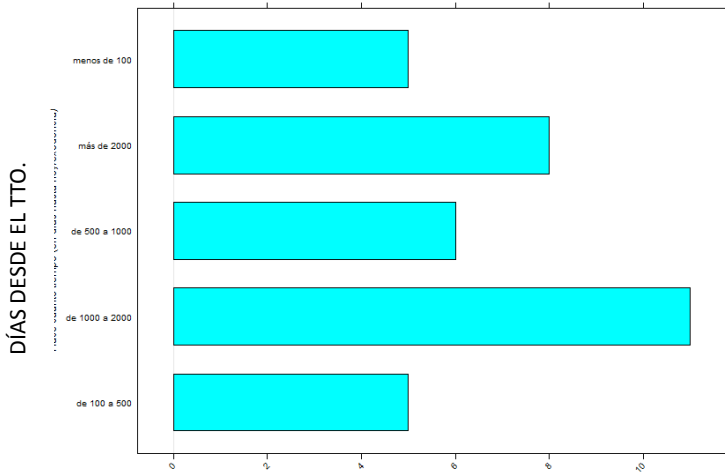






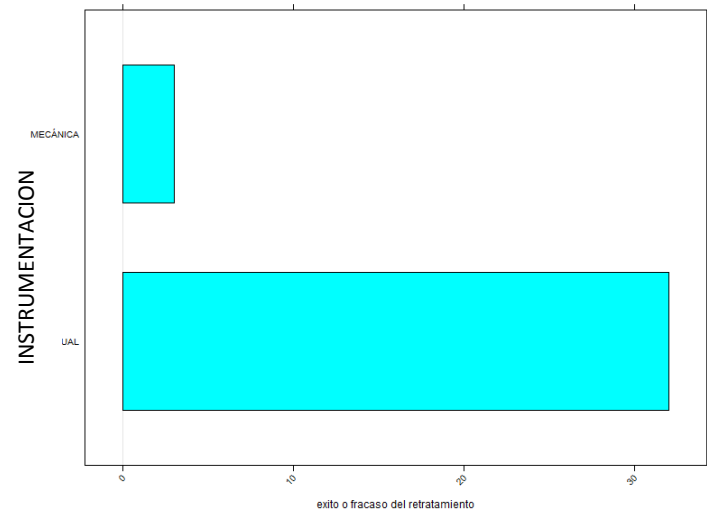
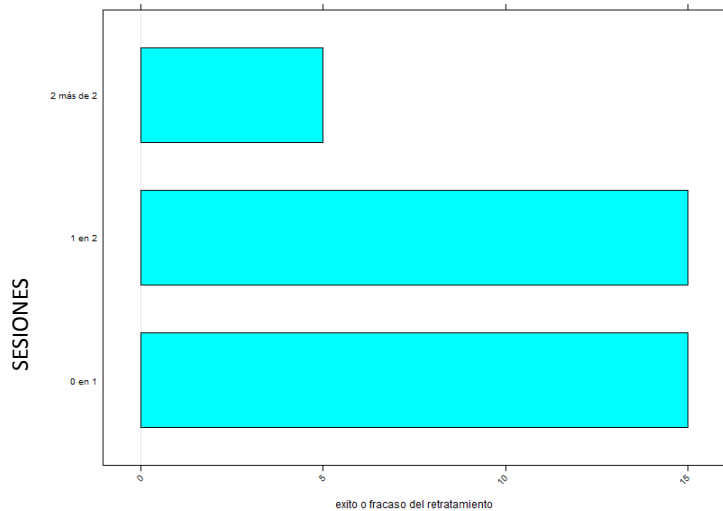
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



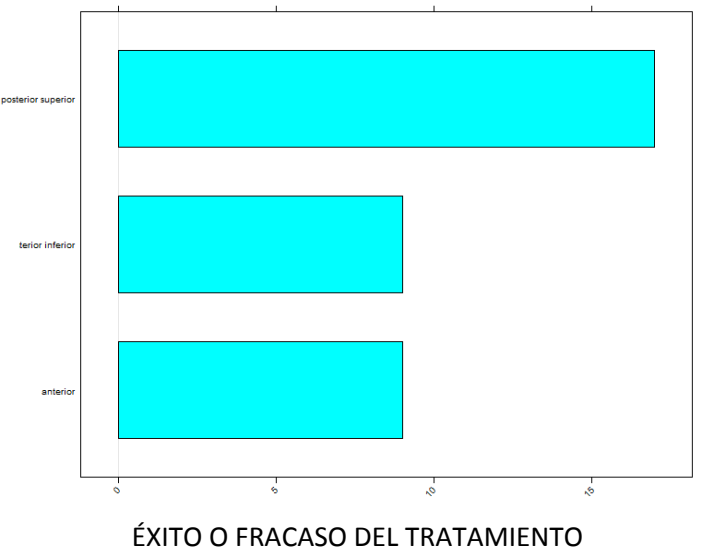
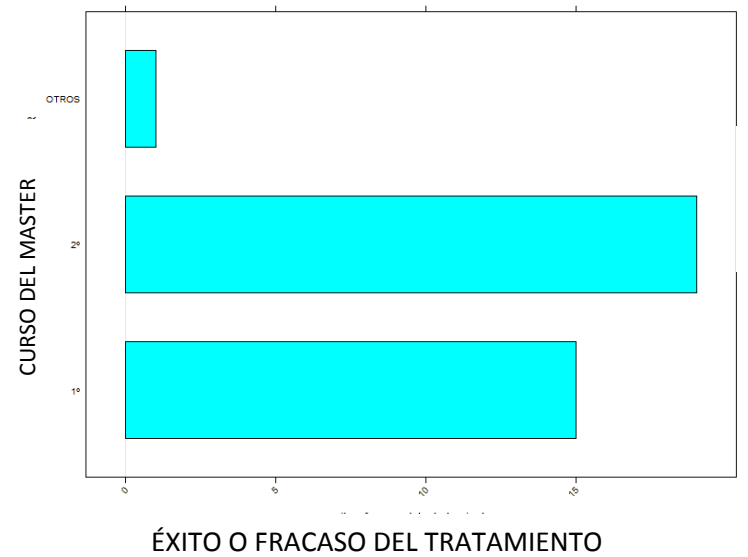
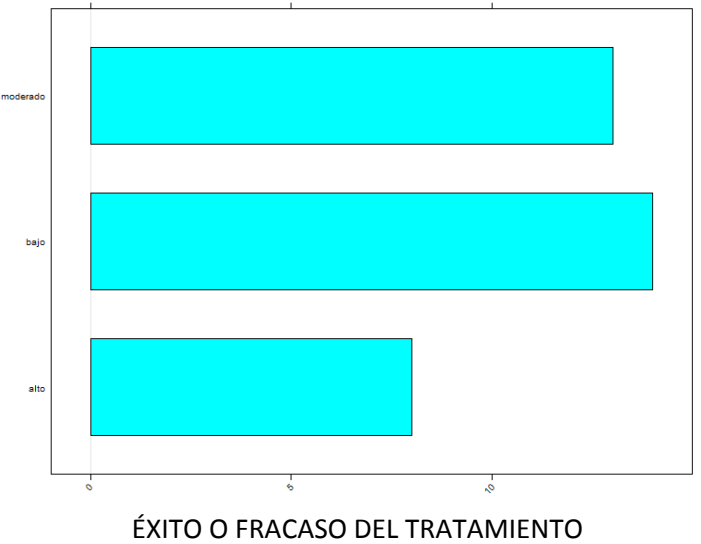
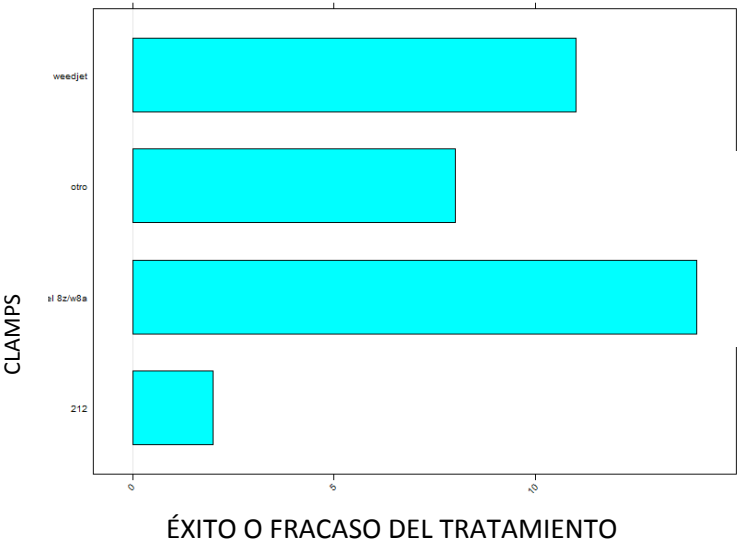
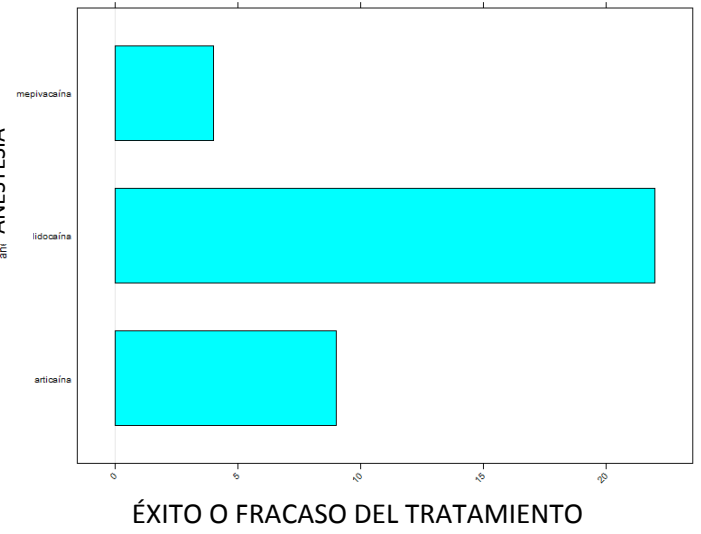
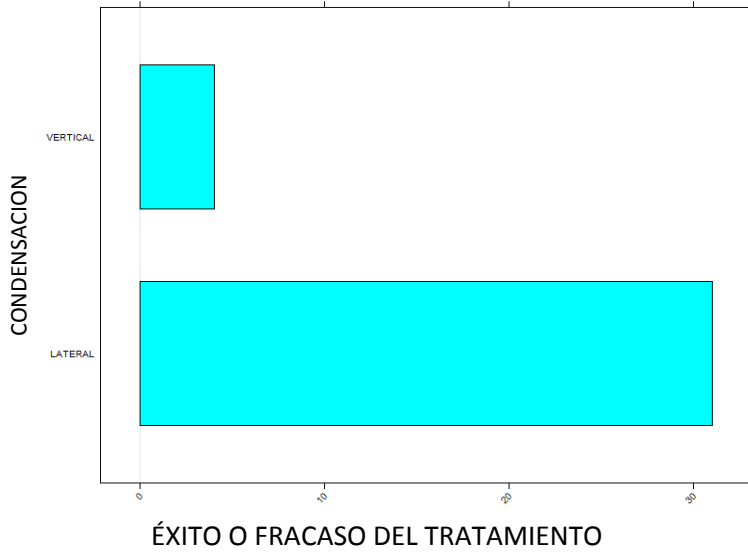
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

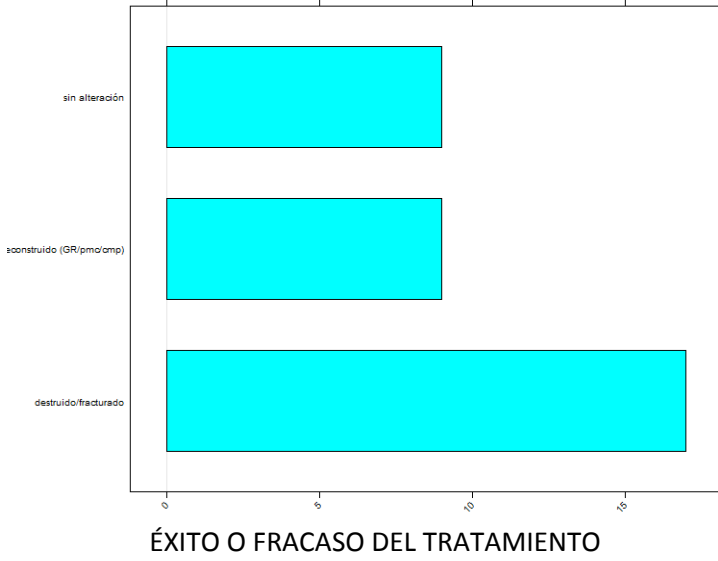


ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

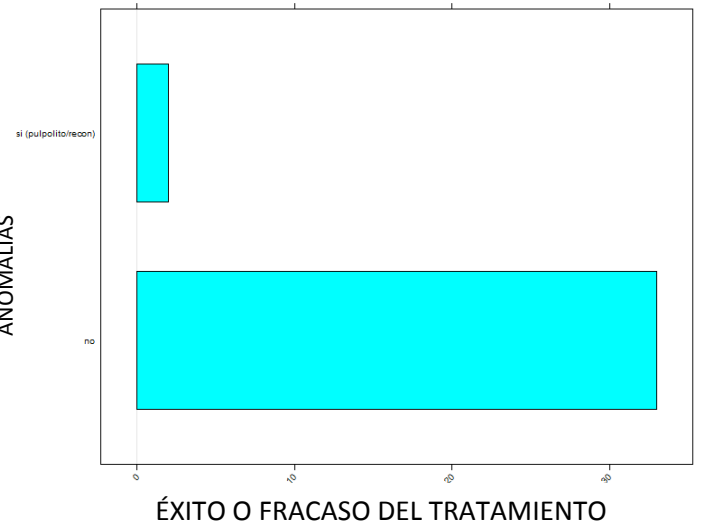
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



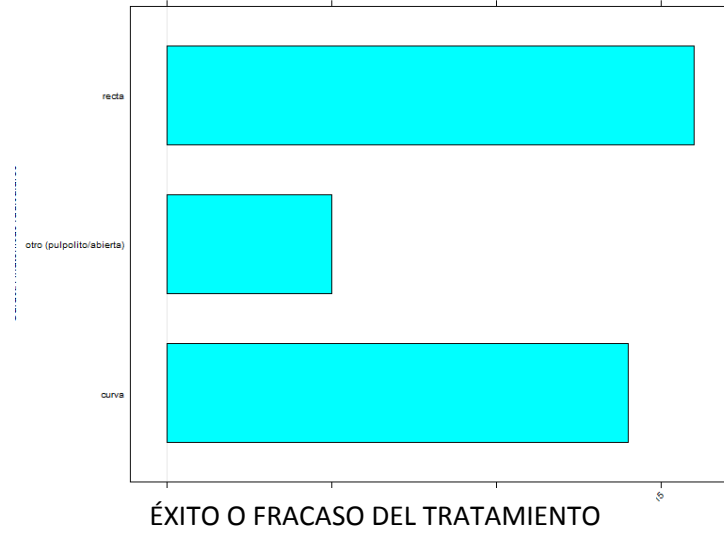
CARACT. CORONA



ANOMALÍAS



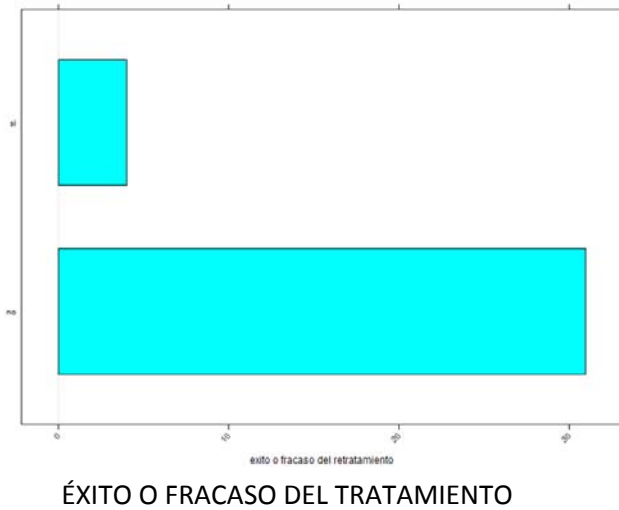
CARACT. RAÍZ



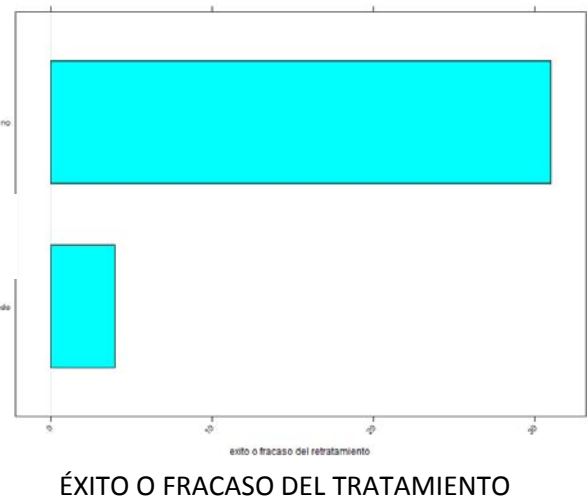
TIPO DE RESTAURACIÓN

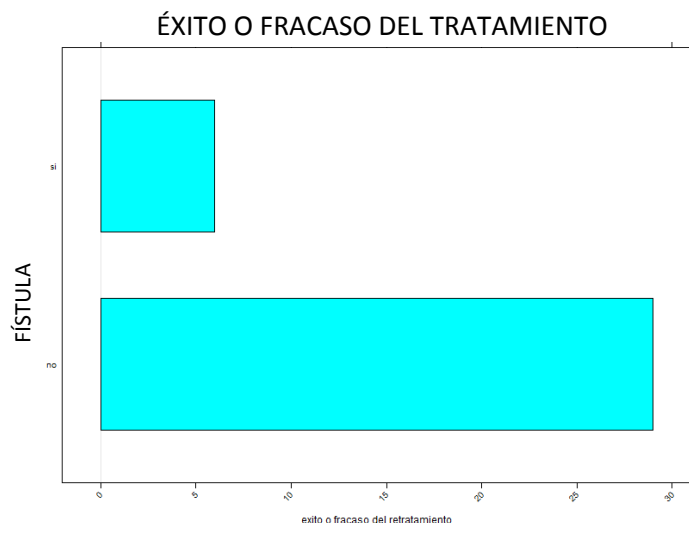
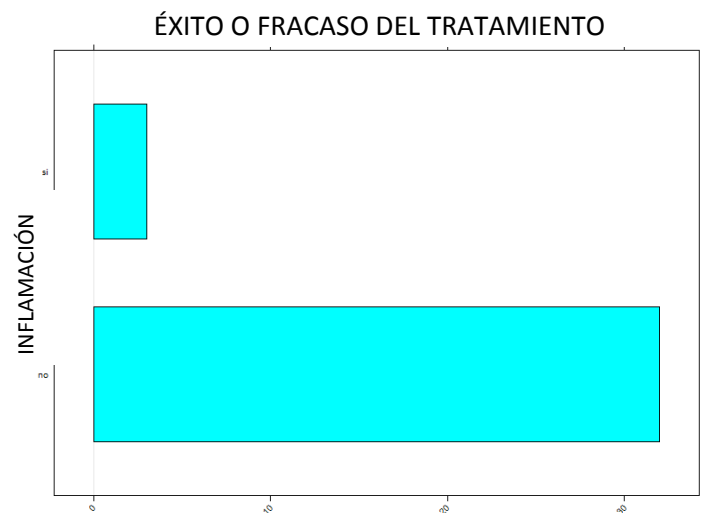
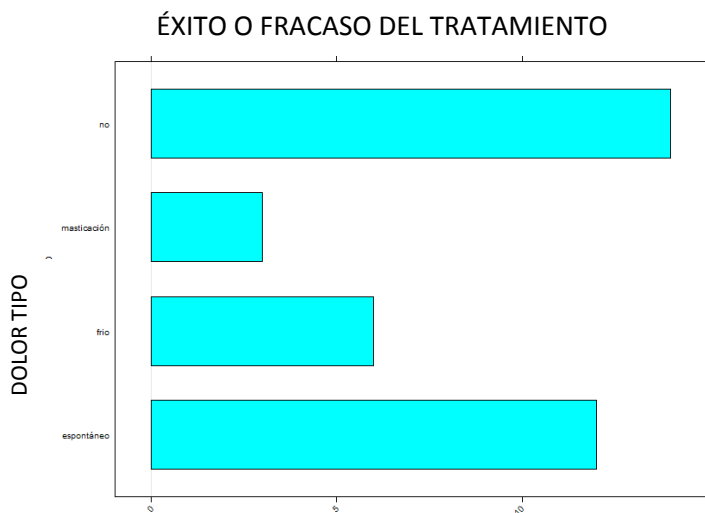
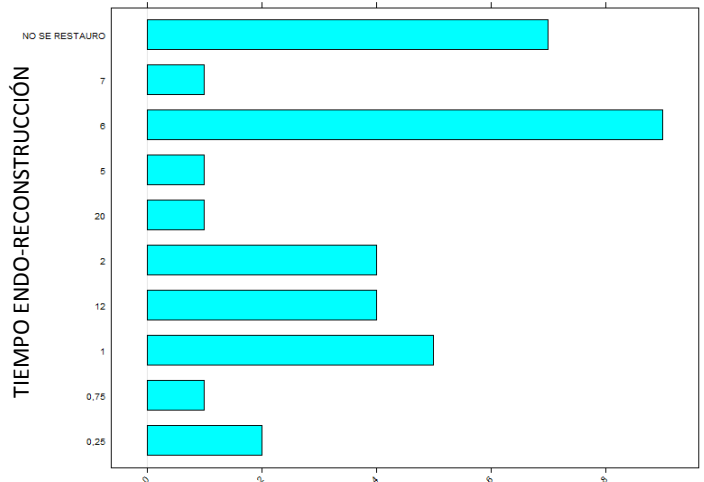
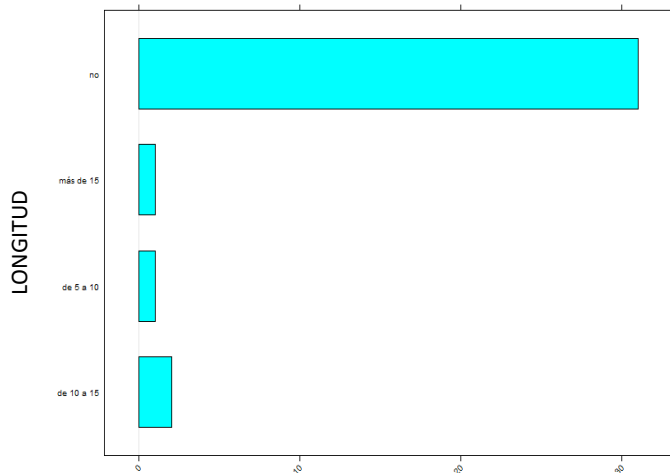


PERNO



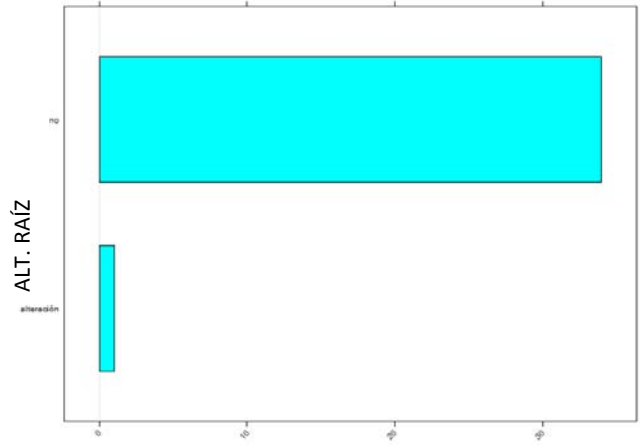
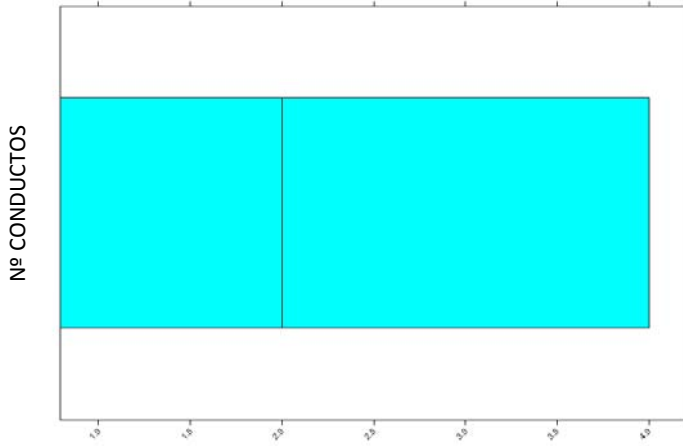
TIPO





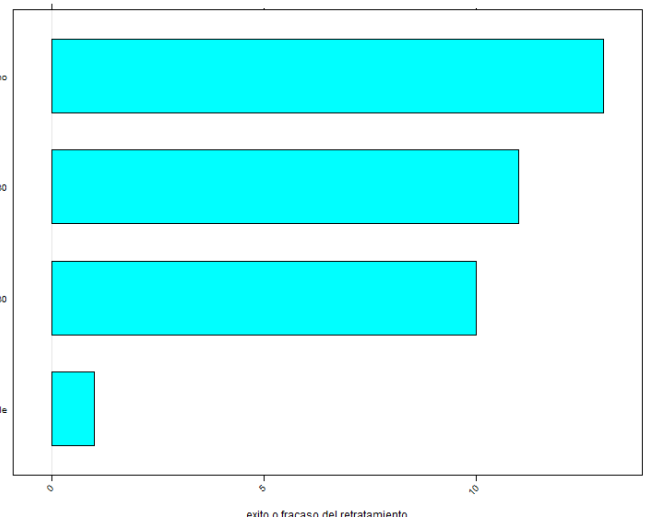
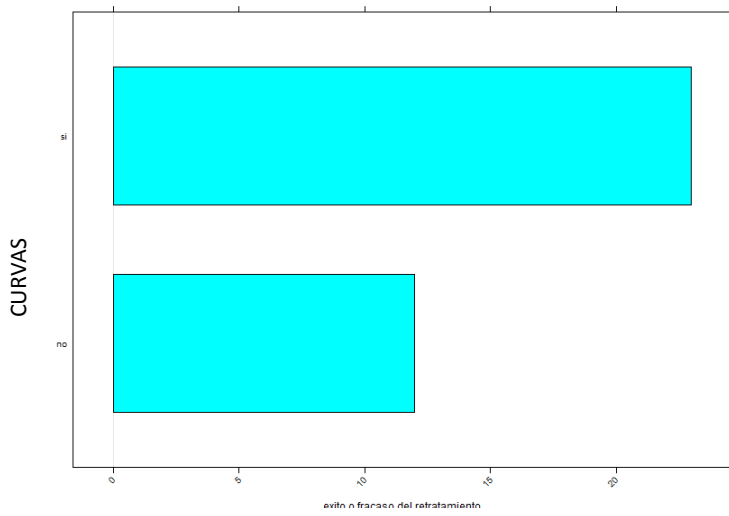
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



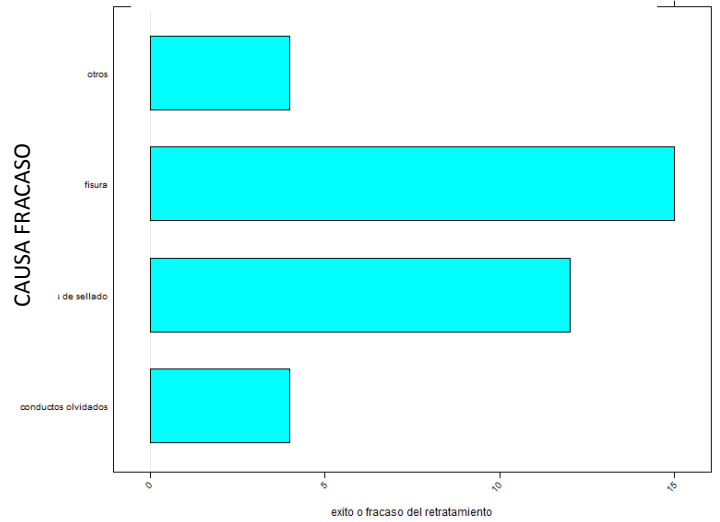
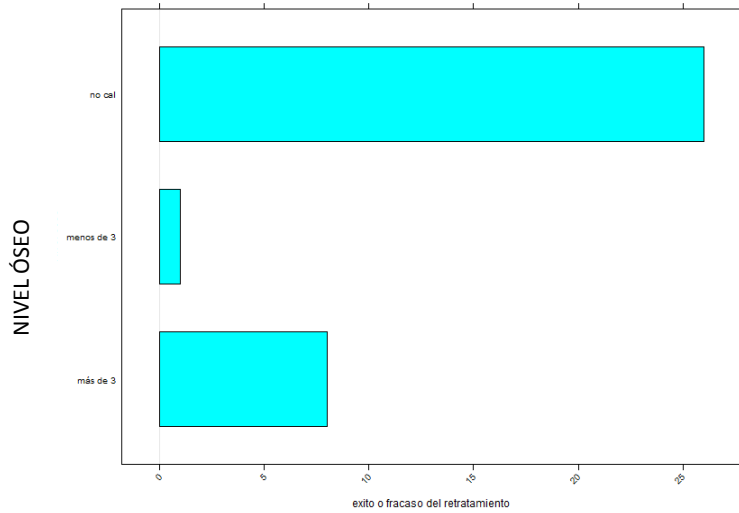
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



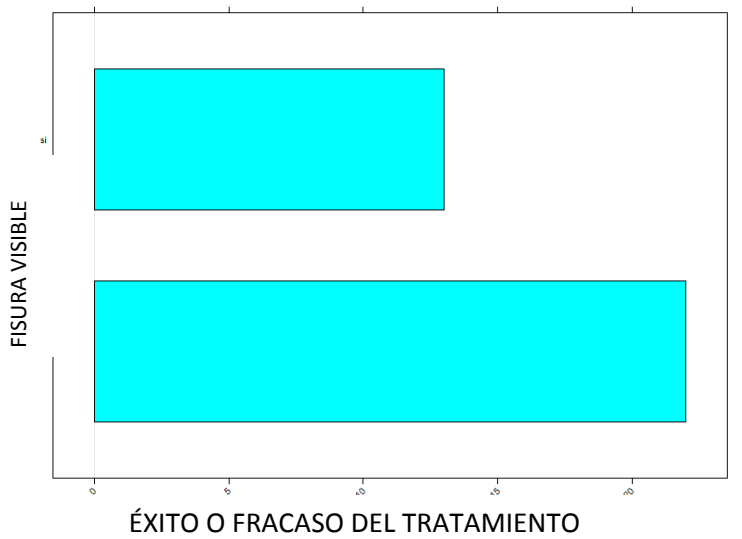
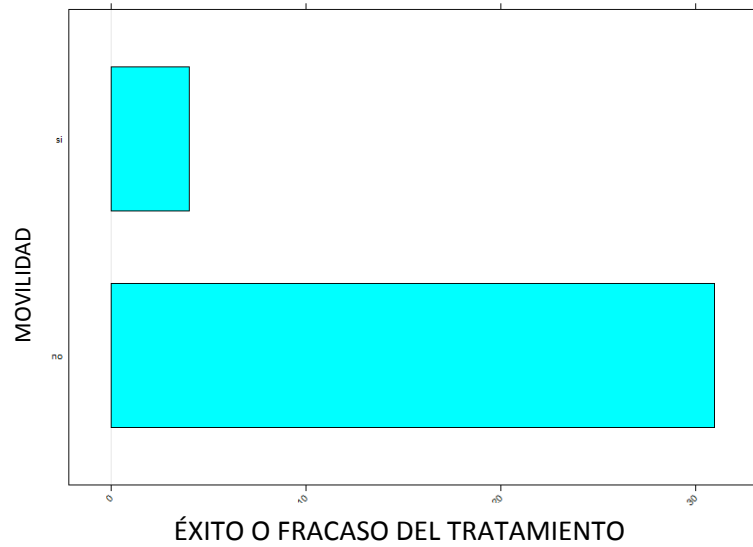
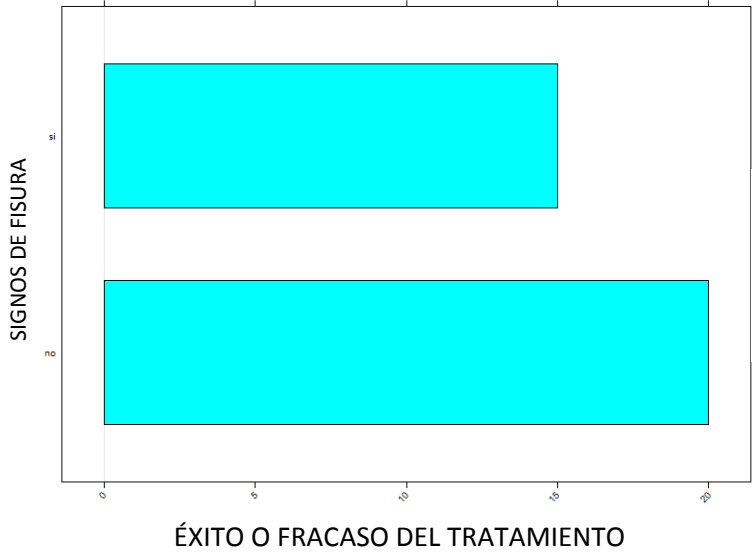
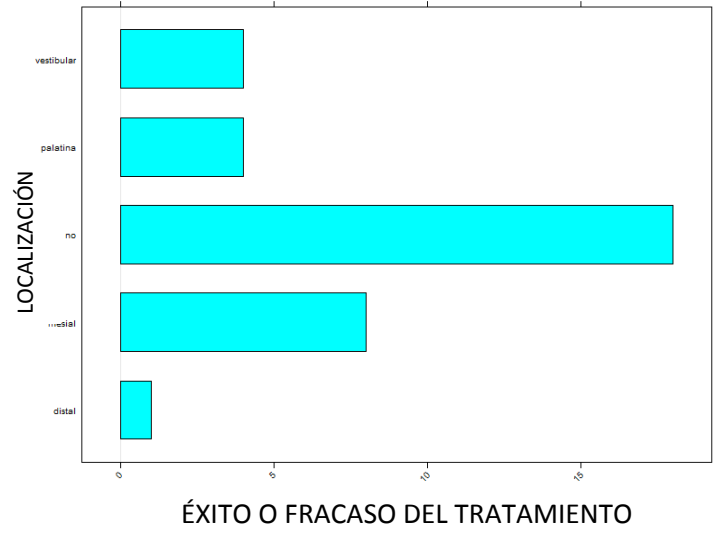
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

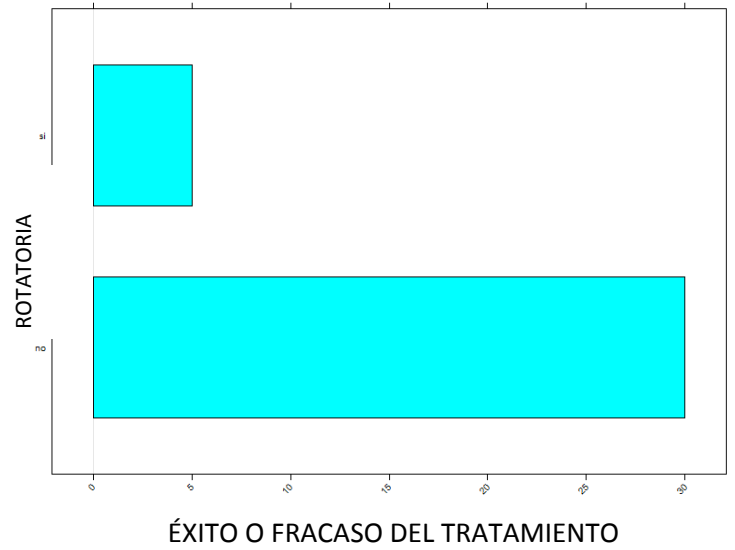
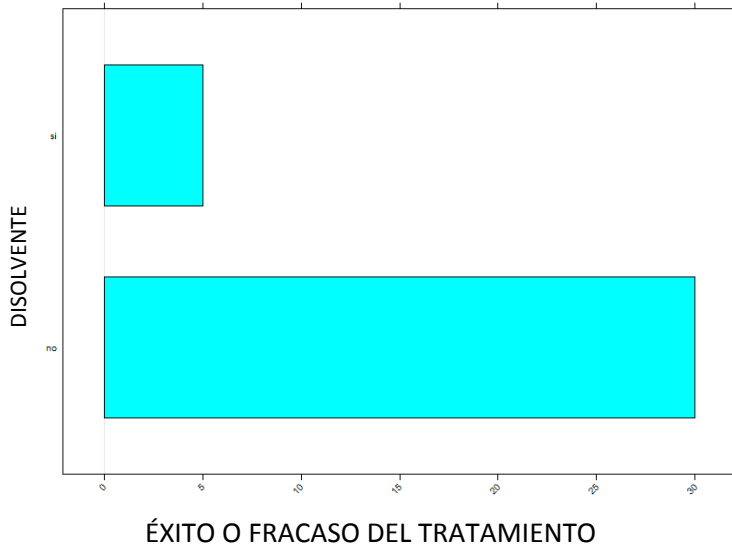
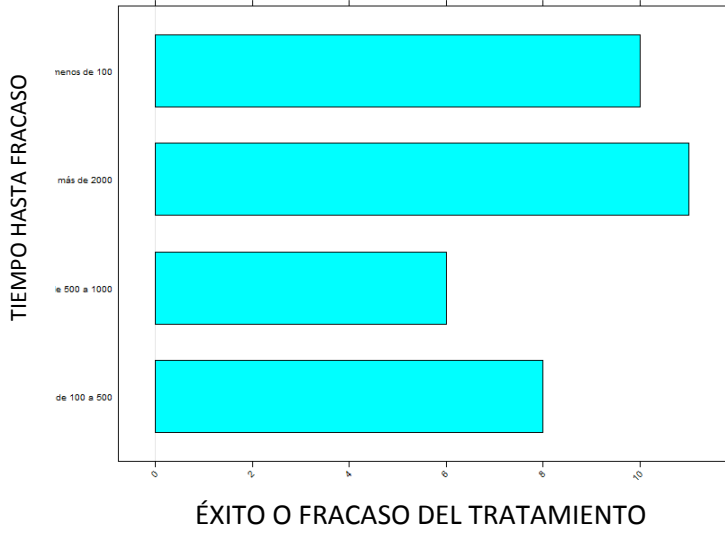
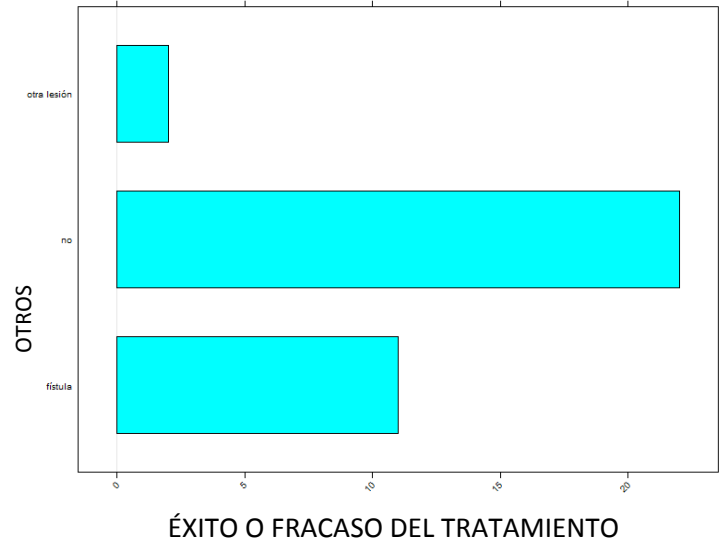
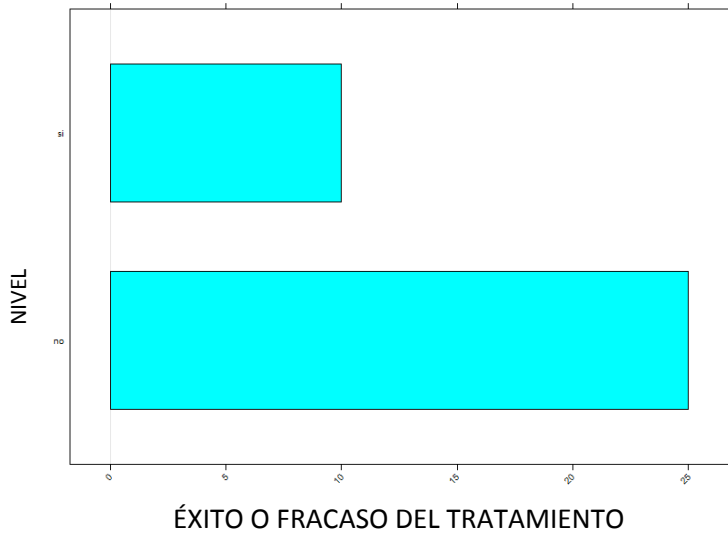
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO





Una vez efectuado un análisis visual de los datos se procedió al análisis de dependencia de la variable se estudio el éxito o el fracaso del retratamiento con el resto de las variables. En caso de obtener resultados negativos significaría que muy posiblemente no sería posible realizar un sistema de predicción si no se determinaran dependencias de la variable en estudio con el resto. Para llevar a cabo este análisis se procedió a realizar un estudio estadístico de dependencia mediante un test de la ji cuadrado. Hay que tener en cuenta que para que los resultados que las frecuencias esperadas son menores que 5 el resultados puede no ser correcto por lo que se aplica un corrección por Yates para intentar mitigar este aspecto. Además, se proporcionan también los resultados estadísticos de la ji cuadrado aplicando la simulación de Monte Carlo para verificar los resultados. Finalmente también se aplica un test exacto de Fisher que sería el método recomendado cuando el tamaño de la muestra sea pequeño y no se permita asegurar que el 80% de los datos de una tabla de contingencia tengan un valor superior a 5.

Para ambos test la hipótesis nula es H0: las variables son independientes. En la tabla se han representado en rojo los valores que son inferiores a la significación 0.05. Tal y como se puede ver, los resultados son muy similares para los diferentes test aplicados. Las variables asociadas a los valores serán las que permitan realizar una clasificación correcta, lo importante es determinar cómo se pueden combinar las variables para poder predecir el resultado final.

Variable	P valor		
	Ji Cuadrado Yates	Monte Carlo	Test Exacto de Fisher
Sexo	0,3825006		
	59	0,258370815	0,264232986
Habitos-parafunciones	0,8694669		
	98	0,660169915	0,664613343
Patología general	0,7645973		
	73	0,698150925	0,700273031
Ttos. Actuales	0,6334329		
	89	0,453773113	0,460491455
Alergias	0,1637857	0,096451774	0,102636449

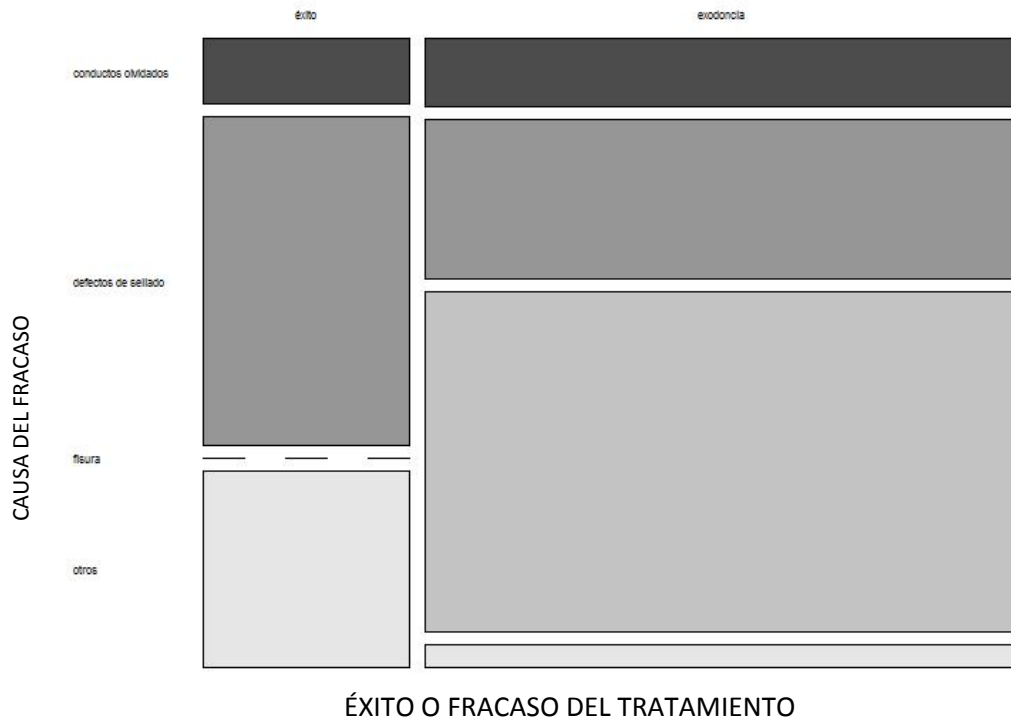
	97		
Remitente	0,2845558		
	5	0,291854073	0,310844578
Lugar de tto.	0,5729074		
	91	0,266366817	0,257142857
Razon del tto.	0,0075480		
	49	0,004997501	0,008995502
Hace cuanto tiempo (en dias hasta hoy/exodoncia)	0,0518463		
	32	0,059470265	0,07846077
Causa de la remisión	0,7142384		
	12	0,858070965	0,862068966
Sesiones	0,3339159		
	06	0,515242379	0,382308846
Instr. MECANICA/manual	0,7076715		
	02	1	1
Conde. Lateral o vertical	0,0736731		
	16	0,037481259	0,044117647
Anestesia	0,9576741		
	95	1	1
Clamps	0,0525658		
	42	0,052473763	0,033983008
Valoracion grado dificultad (AAE)	0,9468150		
	13	1	1
Tipo de alumno que hizo el tto: Curso del MASTER	0,2109613		
	43	0,31834083	0,437781109
Diente n	0,8296748		
	41	0,887056472	0,882058971
Caract. Anatomicas de la corona	0,3908338		
	85	0,499750125	0,450274863
Caract. Anatomicas radiculares	0,7879021		
	2	0,875562219	0,88055972
Anomalias	0,9810100	0,587706147	1

	78		
Tipo de restauracion coronal	0,0709651		
	59	0,073963018	0,069965017
Perno	0,5205352		
	92	0,311844078	0,553093965
Tipo	0,5205352		
	92	0,323838081	0,553093965
Longitud	0,6677452		
	33	0,785107446	1
Tiempo endodoncia-restauracion	0,3085074		
	96	0,340829585	0,252373813
Dolor tipo	0,0386286		
	47	0,033983008	0,034482759
Inflamacion	0,7076715		
	02	1	1
Fistula	0,2845521		
	53	0,15892054	0,303691565
N raíces	0,8044090		
	41	0,895052474	1
N conductos	0,8604122		
	7	0,868565717	0,867066467
Morfologia radicular:	0,5729074		
	91	1	1
curvaturas si/no	0,7357014		
	82	0,683158421	0,685467513
Grado	0,4814931		
	38	0,579710145	0,546226887
Nivel oseó	0,4903541		
	55	0,562218891	0,577211394
Causa del fracaso	0,0078109		
	5	0,008995502	0,002998501
Tipo de fractura	0,0050168	0,00049975	0,001470355

	58		
Localizacion	0,0220180		
	21	0,013493253	0,018990505
Signos de fisura/fractura	0,0086997		
	09	0,005997001	0,004272424
Sondaje	0,0050168		
	58	0,001999	0,001470355
Movilidad	0,5205352		
	92	0,326836582	0,553093965
Fisura visible	0,0228793		
	07	0,009995002	0,013070078
Nivel	0,0761709		
	75	0,037481259	0,036300838
Otros	0,0278883		
	72	0,044977511	0,015492254
Tiempo hasta el fracaso	0,1548081		
	58	0,138930535	0,16041979
Retratamiento	0,0008765		
	79	0,00049975	0,000411132
Disolvente gutapercha	0,1795790		
	85	0,083458271	0,09457478
Uso de rotatoria	0,8127865		
	56	0,575212394	0,585530693
exito o fracaso del retratamiento	4,41E-08	0,00049975	1,41628E-08
Solucion clínica	4,41E-08	0,00049975	1,41628E-08
Curacion radiológica	4,41E-08	0,00049975	1,41628E-08
Solucion de la causa	4,41E-08	0,00049975	1,41628E-08

Para ver la influencia de las variables anteriores se representó gráficamente la información de las tablas de contingencia de cada variable con respecto a la variable éxito o fracaso. Por ejemplo, si se observa la variable Causa del fracaso, se puede ver que en caso de

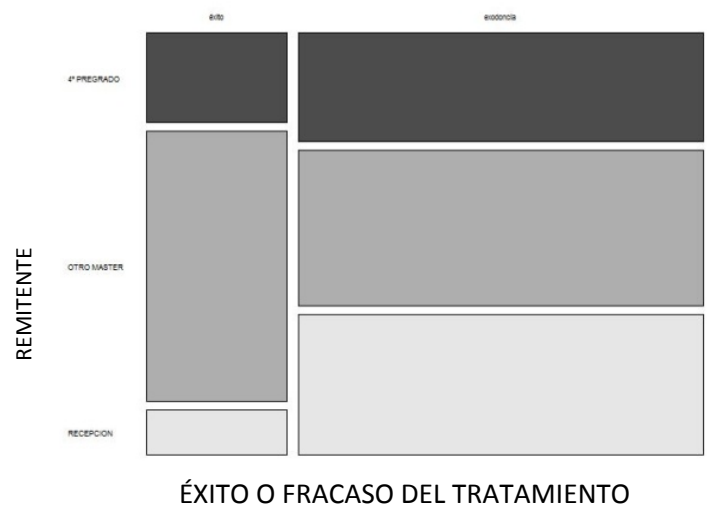
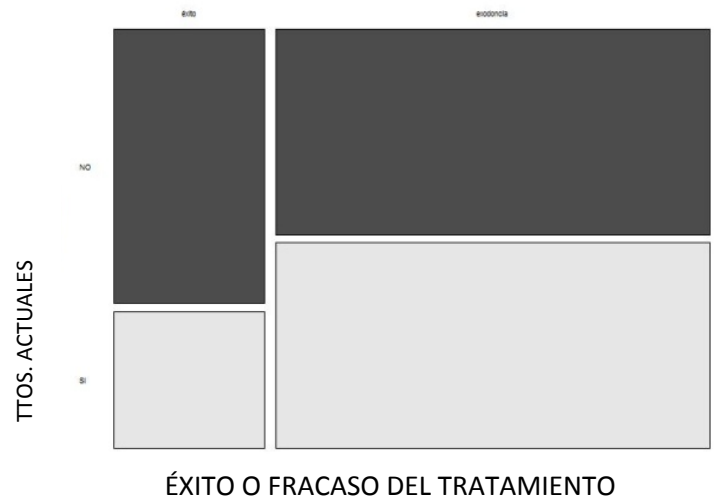
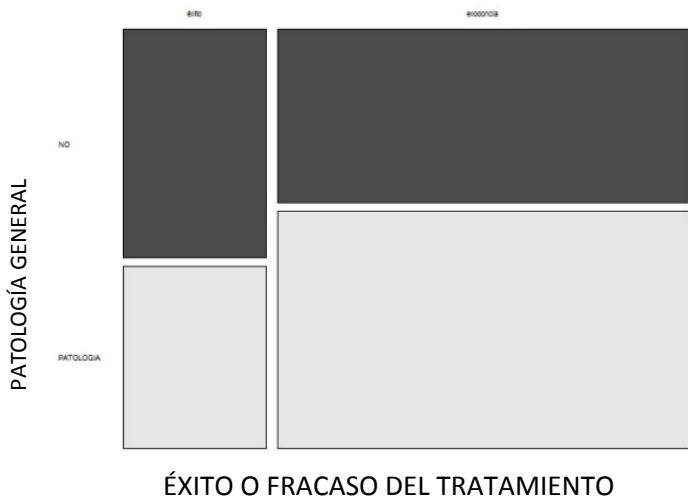
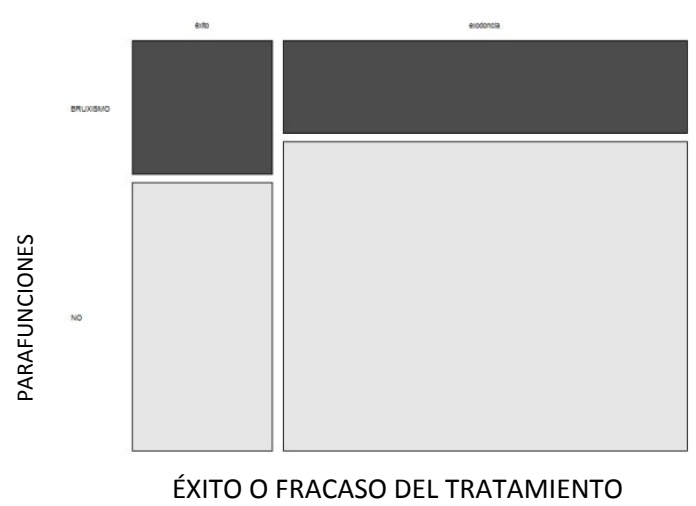
que la causa del fracaso sea por fisura el retratamiento no va a tener un resultado satisfactorio ya que el área para el caso fisura éxito es nula.

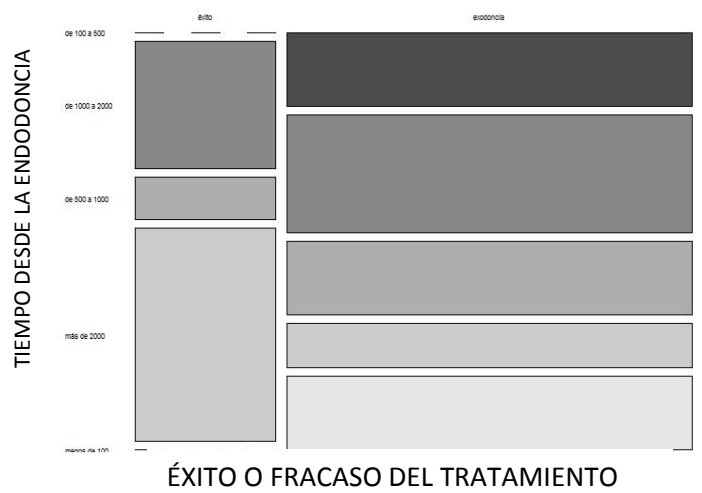
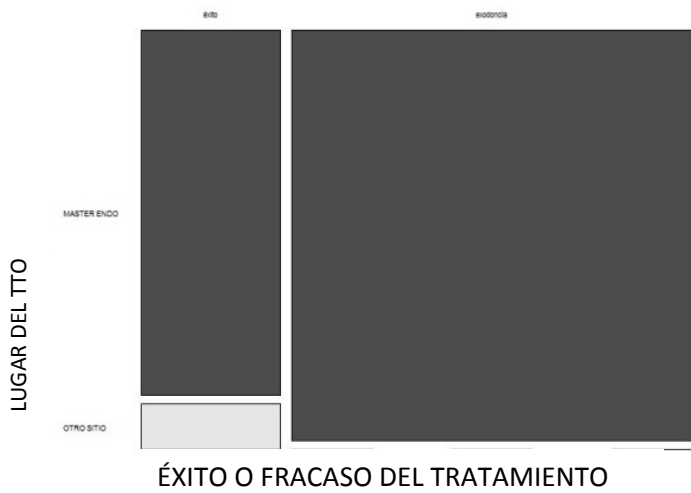


La tabla de contingencia mostrada a continuación, proporciona una información similar pero menos visual.

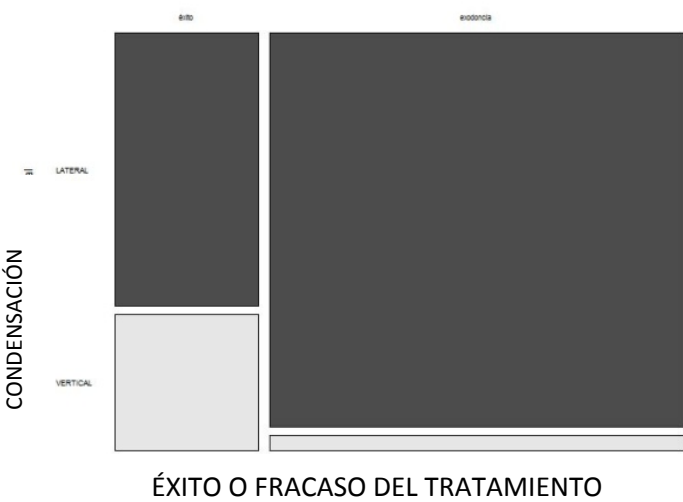
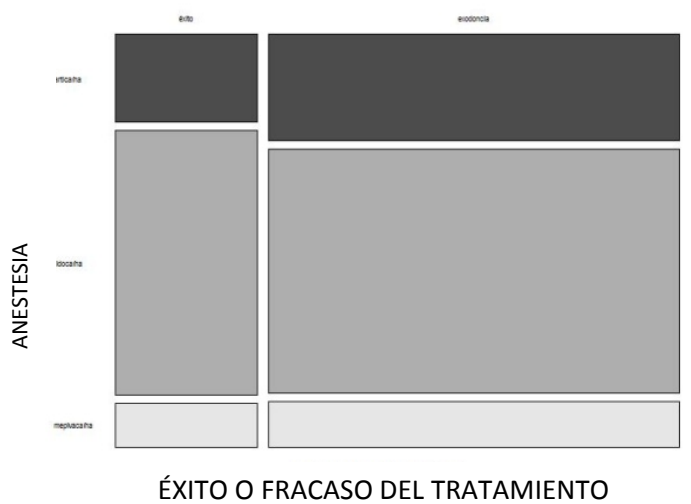
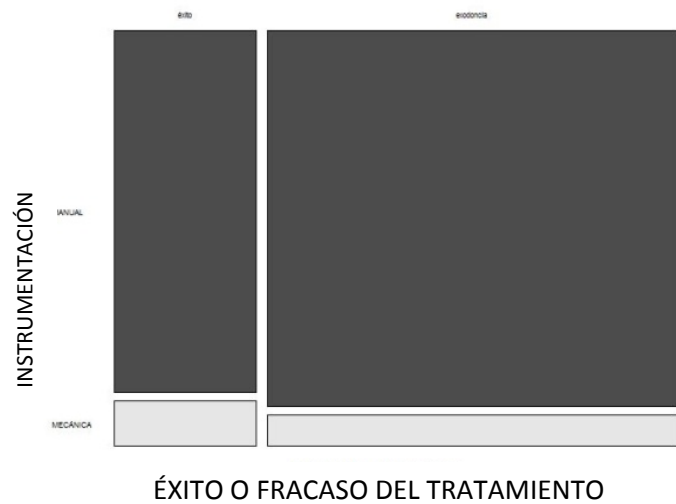
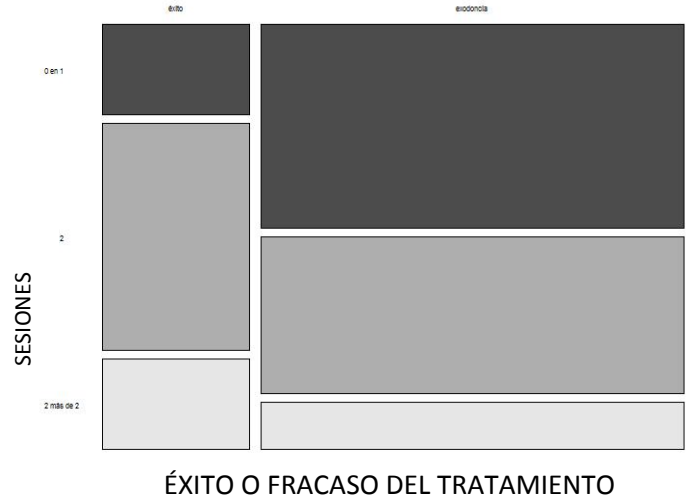
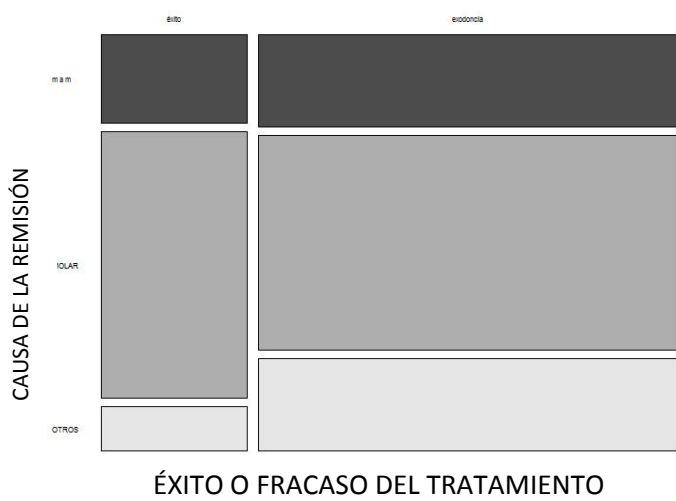
	éxito	exodoncia
conductos olvidados	1	3
defectos de sellado	5	7
fisura	0	15
otros	3	1

A continuación se muestran gráficamente los resultados de las tablas de contingencia. De forma rápida y visual se puede comprobar la relevancia de las variables detectadas como importantes en la tabla anterior.

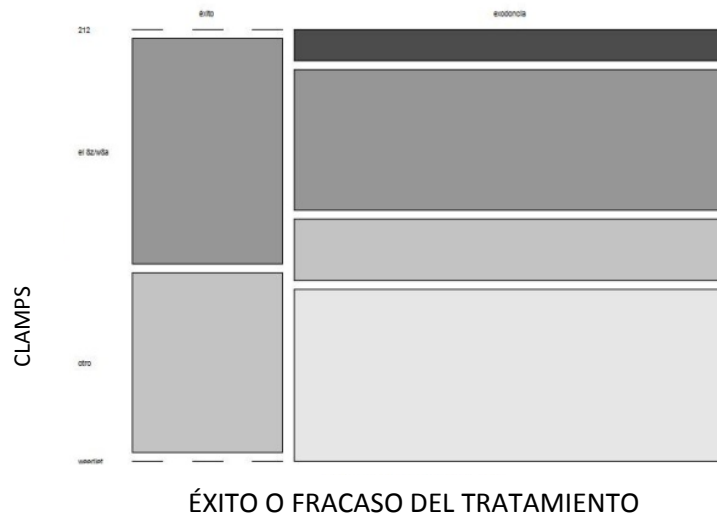




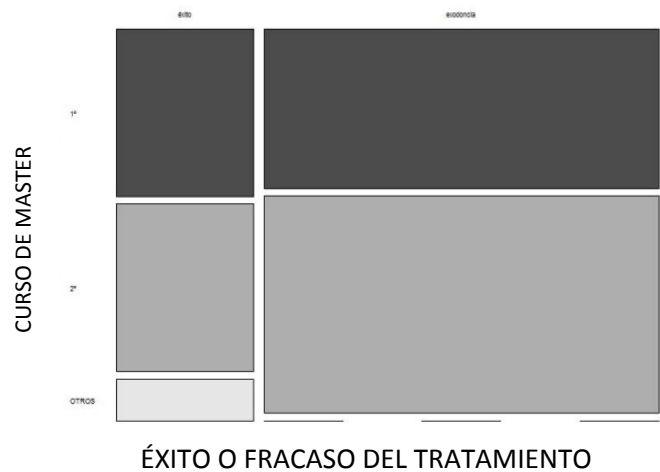
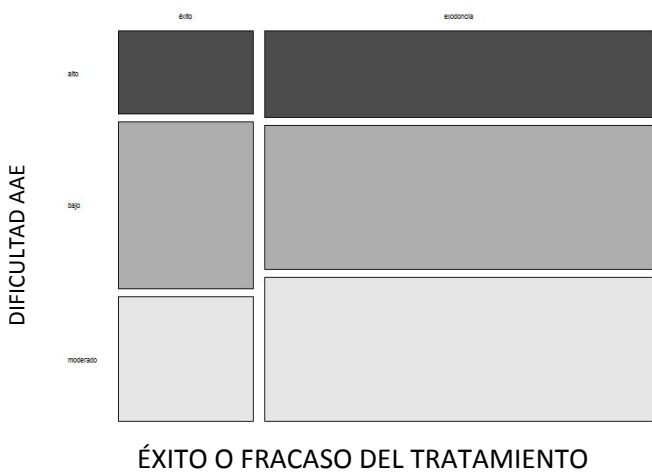
Como se puede observar en la representación gráfica de la tabla de contingencia y atendiendo a los valores obtenidos con los estadísticos utilizados, la razón del tratamiento se considera una variable influyente en el éxito o fracaso del retratamiento. Las endodoncias realizadas por dolor en el diente, nunca presentan éxito, al igual que el éxito en los dientes tratados endodóticamente a causa de una lesión periapical es ligeramente inferior que por el resto de las causas.

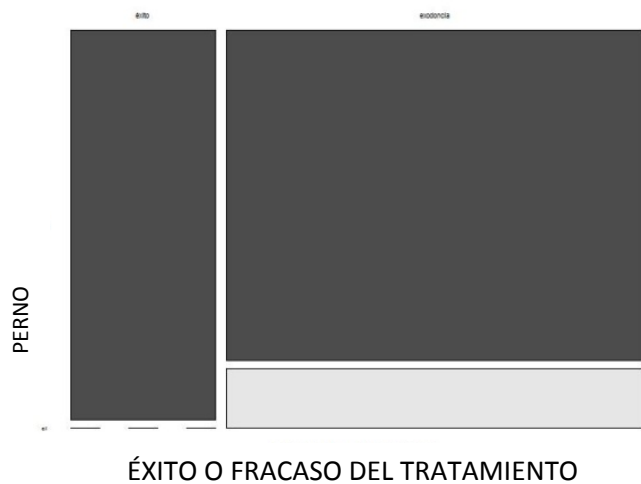
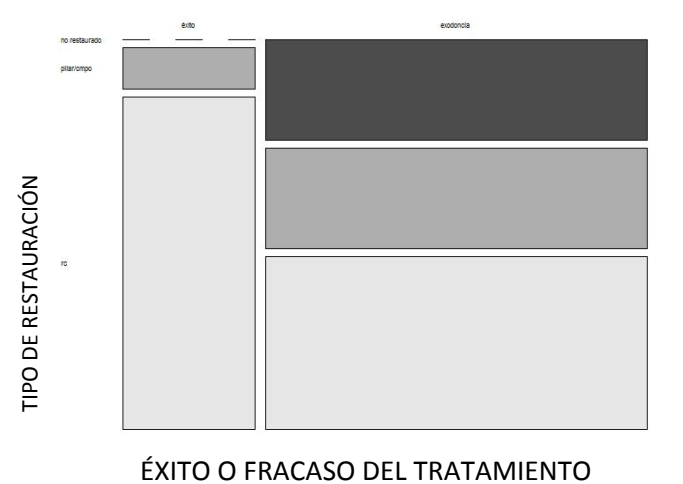
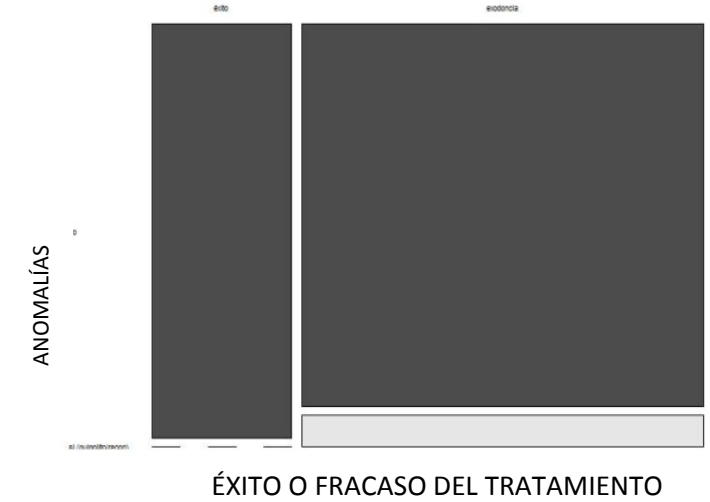


En la presente representación de la tabla de contingencia se enfrenta la variable condensación vertical/lateral con el éxito o fracaso del retratamiento. Los índices estadísticos encontraban relación entre estas dos variables y esta tabla de contingencia demuestra que gran cantidad de los tratamientos hechos con condensación lateral acaban fracasando, mientras que la cantidad de fracasos realizados usando condensación vertical es muy inferior.



La anterior tabla de contingencia demuestra que al enfrentar la variable tipo de clamp con el éxito y fracaso del retratamiento. Al igual que indicaban los índices estadísticos anteriores, el gráfico muestra que los tratamientos realizados aislando el diente mediante weedjets no encontraban éxito en su retratamiento igual que ocurre al utilizar el clamp de incisivos 212.







ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



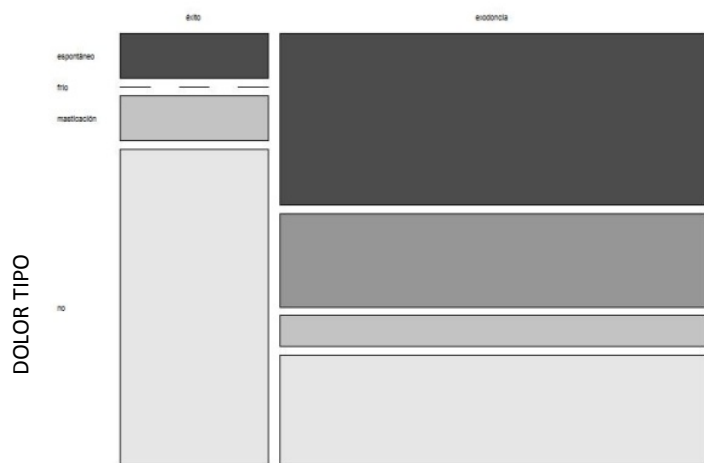
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

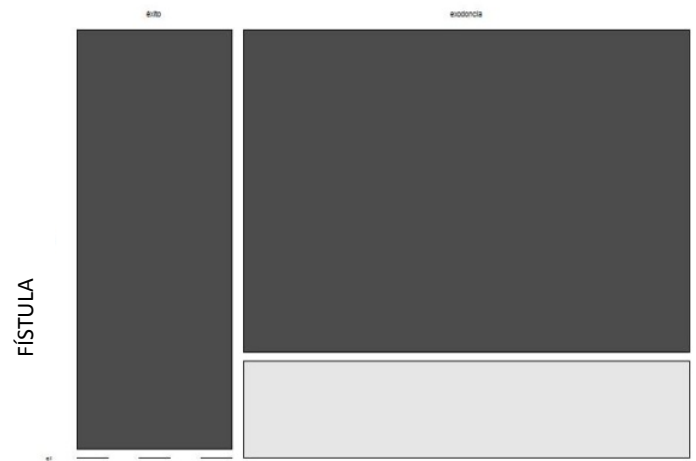


ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

Enfrentando la variable tipo de dolor por el que el paciente acude tras la endodoncia con la variable éxito o fracaso del tratamiento, encontramos que si el dolor es al frío, espontáneo o a la masticación el éxito del retratamiento será menor que si no existe dolor y la causa de la nueva consulta es debida a otra razón.



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



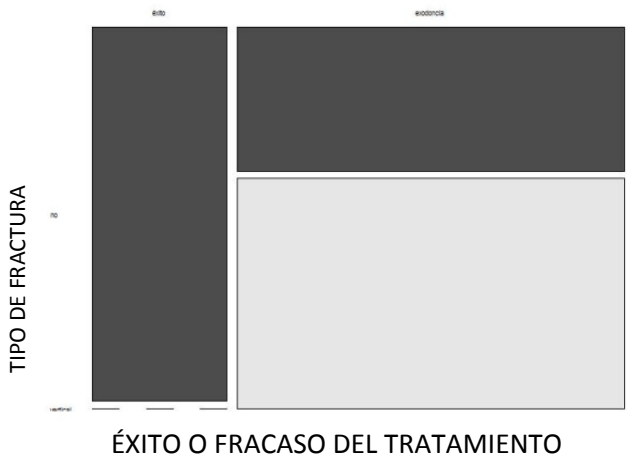
ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO



ÉXITO O FRACASO DEL TRATAMIENTO

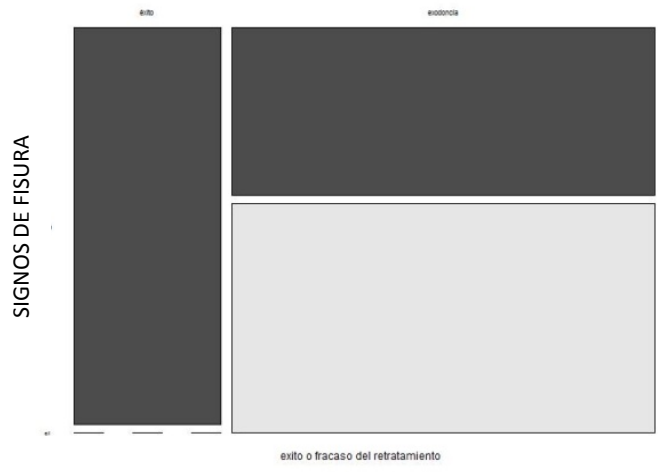
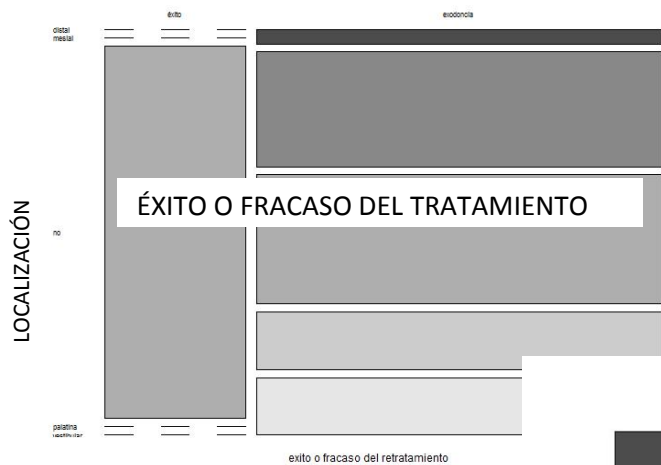


En esta tabla de contingencia comparamos la variable éxito o fracaso del tratamiento con la causa del fracaso de la endodoncia. Podemos observar como los fracasos debidos a fisuras no tienen éxito en su retratamiento; mientras que si el fracaso ha sido debido a un defecto de sellado hay mayor número de éxitos que de fracasos



En relación a la tabla anterior, en estos gráficos de contingencia podemos observar como las fracturas verticales nunca resultan exitosas en su retratamiento.

De nuevo esta tabl



Al comparar la aparición de signos clínicos de fisura con la variable éxito del tratamientos, encontramos que si existen dichos signos clínicos, el retratamiento del diente endodonciado no será efectivo.

ENTO



En esta tabla de contingencia se enfrentan la existencia de elevado sondaje en un punto de la periferia del diente (signo patognomónico de fisura) con el éxito o fracaso

del tratamiento, encontrando que los fracasos endodónticos donde existen sondajes de este tipo, no fueron retratados de forma exitosa.

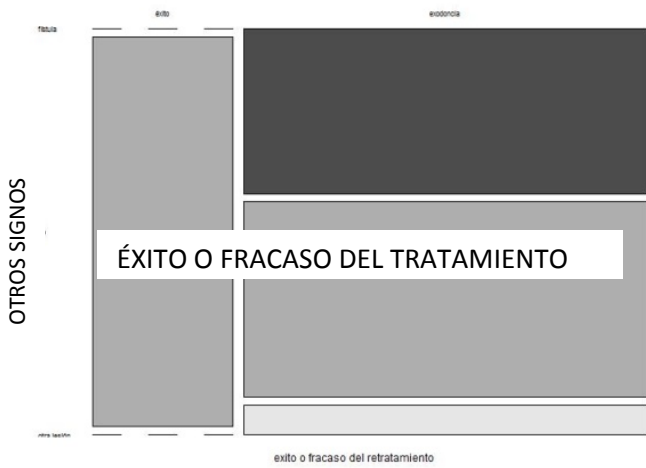


Si observamos la presente tabla, podemos ver como la existencia de una fisura evidente vista en clínica o mediante radiografías, no ofreció ningún éxito en el retratamiento del diente endodonciado.

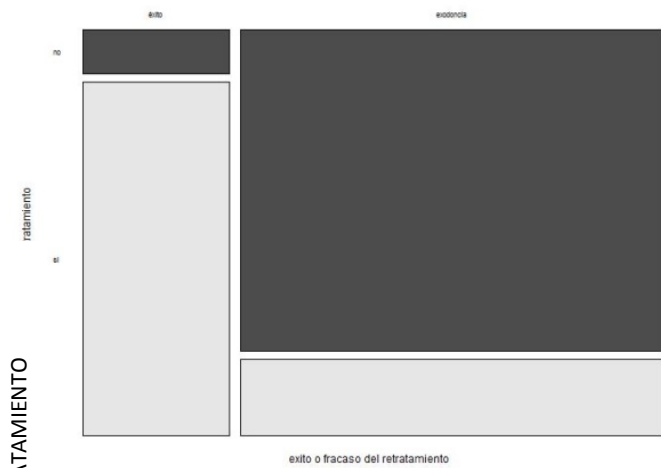
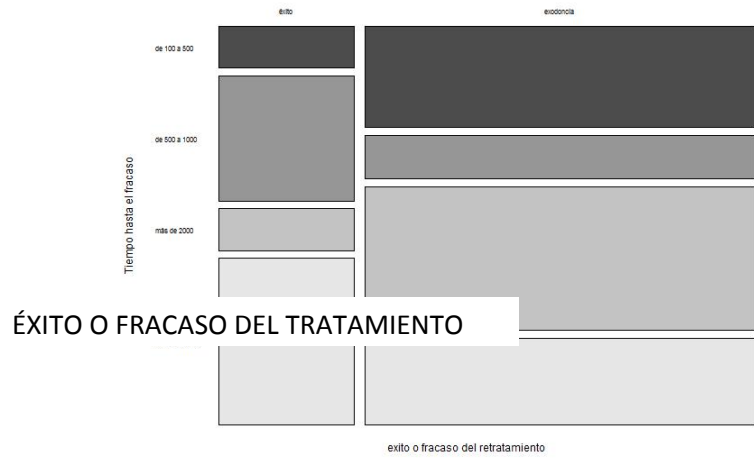


En relación con todos los datos anteriores, también se observó que en los pacientes que presentaban un defecto óseo (signo relacionado con la fisura del diente y el sondaje), el retratamiento de estos casos no fue efectivo.

En esta tabla puede

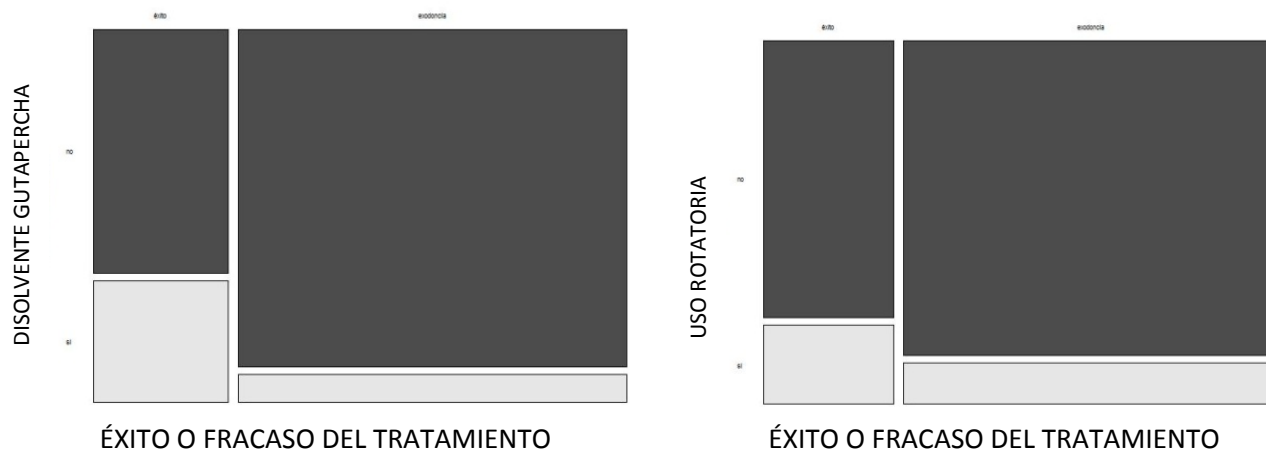


TIEMPO HASTA EL FRACASO



En la presente tabla de contingencia se enfrentan la variable retratamiento con la variable éxito o fracaso del mismo. En los casos donde se pudo llevar a cabo el retratamiento, se consiguió éxito.

ENTO



Una vez efectuado un estudio sobre la relevancia de las variables seleccionadas se procedió a la realización de un análisis sobre la funcionalidad del sistema CBR. Durante la fase de recuperación se procedió a realizar una selección de los casos de interés del problema estudiado; con esta circunstancia se corresponden los casos para los que se ha aplicado tratamiento.

Posteriormente se realizó un estudio de las capacidades de predicción de diferentes técnicas a integrar en el sistema CBR. Se realizó un test aplicando las técnicas BayesNet, NaiveBayes, AdaBoostM1, Bagging, DecisionStump, J48, IBK, JRip, LMT, Logistic, LogitBoost, OneR, SMO, Stacking durante la fase de reutilización. En la siguiente tabla se muestra el número de aciertos obtenido para cada uno de los métodos aplicando la técnica de leave one out sobre el sistema CBR. La tasa de acierto del sistema fue del 89%.

BayesNet	31	NaiveBayes	29	AdaBoostM1	24	Bagging	24	DecisionStump	15	J48	27	IBK	29
JRip	21	LMT	23	Logistic	28	LogitBoost	24	OneR	23	SMO	27	Stacking	26

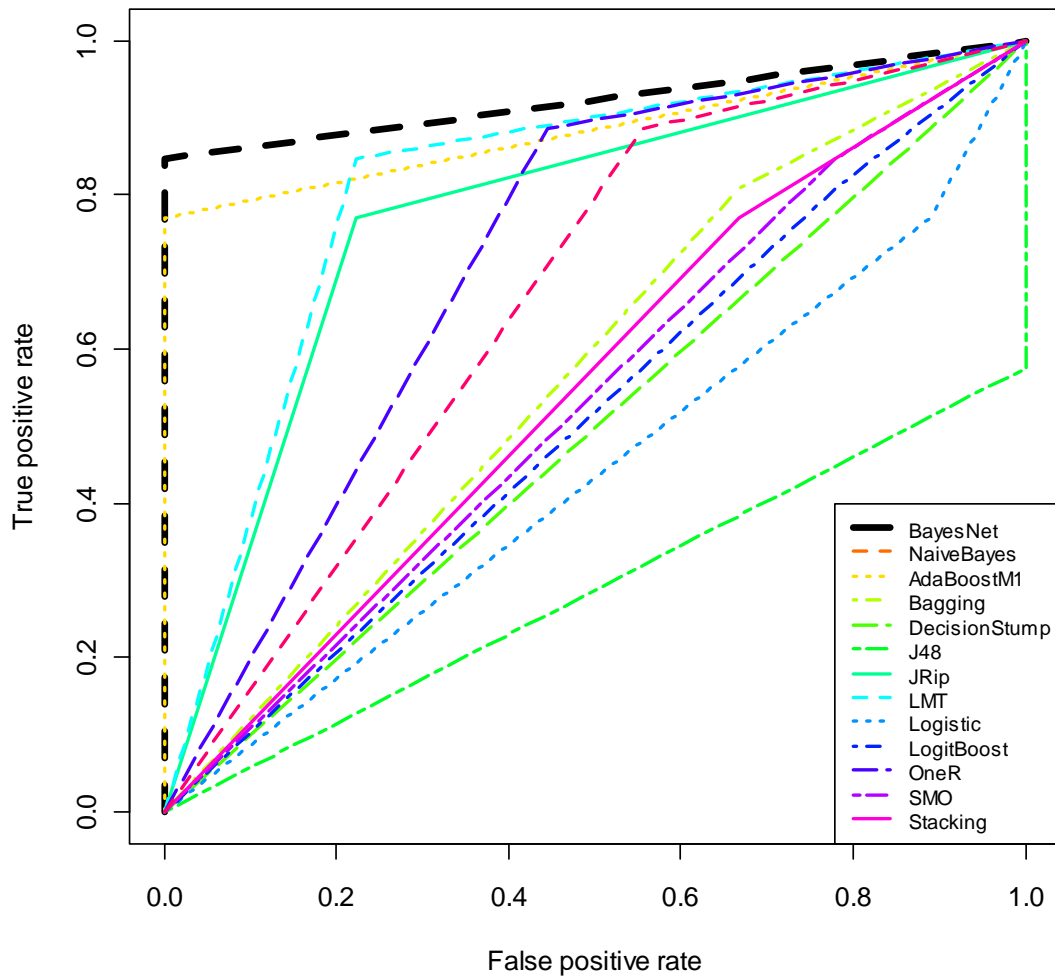
La precisión para BayesNet ascendió a 0,89 y recall 1. La precisión y recall se definen como se indica a continuación

$$precision = t_p / (t_p + f_p)$$

$$recall = t_p / (t_p + f_n)$$

t_p verdadero positivo, f_p falso positivo, f_n falso negativo.

En base a los resultados anteriores se procedió a realizar una representación mediante curvas ROC. Las curvas de ROC facilitan el análisis de diferentes clasificadores en función del área que representan bajo la curva. Cuanto mayor sea el área mejor es el clasificador. Tienen como principal ventaja que permiten diferenciar la relevancia de los falsos negativos frente a los falsos positivos. En este caso, se interpreta como positivo un éxito en el retratamiento ya que lo que se quiere evitar es determinar que se debe hacer una exodoncia cuando finalmente no hubiera sido necesario. En la siguiente figura se muestra la curva ROC para cada uno de los métodos con el resultado final obtenido, tal y como se puede ver, el resultado para la red bayesiana ha sido satisfactorio ya que el área bajo la curva es alta y no se presentan falsos negativos (no se predicen exodoncias para casos de éxito).



Para analizar en detalle los resultados, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los procedimientos aplicando el sistema CBR con diferentes técnicas durante la fase de reutilización. Los valores mostrados indican la probabilidad de éxito, el valor complementario representaría la probabilidad de exodoncia.

BayesNet	NaiveBayes	AdaBoostM1	Bagging	DecisionStump	J48	IBk	JRip	LMT	Logistic	LogitBoost	OneR	SMO	Stacking	exito
0,99884275	0,99732065	0,99598397	0,36336134	0,66666667	1	0,97222222	1	0,94234742	1,67E-10	0,94327011	1	0	0,27777778	exodoncia
0,97520233	0,93323455	0,96945618	0,37757302	0,47058824	0,875	0,02777778	0,04166667	0,14063116	7,95E-05	0,0354784	1	0	0,25	éxito
0,96514914	0,97970575	0,00337278	0,55757302	0,47058824	0,875	0,02777778	0,13333333	0,0041518	0,96852571	0,15147173	1	0	0,25	éxito
1,57E-10	5,36E-08	0,00064225	0,10882353	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,00081917	2,63E-07	0,00103883	0	0	0,27777778	exodoncia
0,34782013	0,68274096	0,42336157	0,33298319	0,52941176	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,13811133	4,58E-06	0,29376385	0	0	0,27777778	exodoncia
4,28E-07	1,64E-05	0,0030252	0,07941176	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,01758315	0,03231193	0,00245002	0	0	0,27777778	exodoncia
0,98546392	0,96272717	0,10828757	0,16836601	0,47058824	0,875	0,97222222	0,13793103	0,2244439	0,01926275	0,58603373	0	0	0,25	éxito
0,99935239	0,99708619	0,61304708	0,35777311	0,47058824	0,875	0,98571429	0,13793103	0,32212311	0,99998863	0,25196116	0	1	0,25	éxito
6,19E-11	2,74E-08	0,00064225	0,10294118	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	1,03E-05	4,73E-12	0,01029094	0	0	0,27777778	exodoncia
3,50E-08	2,54E-06	0,02324566	0,12294118	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,01758315	6,76E-16	0,00680889	0	0	0,27777778	exodoncia
1,14E-10	1,63E-08	0,00160994	0,21794118	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	2,49E-05	4,24E-16	0,00031042	0	0	0,27777778	exodoncia
0,99998942	0,9999683	0,99623984	0,52521185	0,66666667	0,8	0,97222222	1	0,94872084	0,9998322	0,98771333	1	1	0,27777778	exodoncia
0,92057397	0,98482315	0,85001492	0,61090258	0,66666667	1	0,5	0,66666667	0,77129299	0,99999883	0,97141871	1	1	0,27777778	exodoncia
5,75E-09	1,01E-06	0,00873431	0,24358289	0	0,04761905	0,02777778	0	0,00010006	6,34E-15	0,0025779	0	0	0,27777778	exodoncia
0,99993836	0,99986555	0,30659079	0,19215686	0	0	0,97222222	0	0,92055839	0,99999999	0,14362783	0	1	0,25	éxito
0,16607181	0,30789067	0,03030277	0,15816993	0,52941176	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,00019875	2,20E-08	0,01343262	0	0	0,27777778	exodoncia
1,44E-07	9,77E-06	0,91107033	0,75084034	0	0,04761905	0,02777778	1	0,14965891	0,00036127	0,10355562	1	0	0,27777778	exodoncia
6,74E-10	1,64E-07	0,00012274	0,25311646	0	0,04761905	0,02777778	0,11111111	1,69E-06	1,05E-05	0,0003429	0	0	0,27777778	exodoncia
5,62E-11	2,81E-08	0,00064225	0,43689309	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	3,31E-05	2,22E-14	0,00032847	0	0	0,27777778	exodoncia
7,60E-09	1,55E-06	0,0030252	0,18215686	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,00275121	7,62E-05	0,02490124	0	0	0,27777778	exodoncia
6,71E-11	5,54E-08	0,02324566	0,22352941	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,00044695	0,13411316	0,01249287	0	0	0,27777778	exodoncia
0,52075683	0,54211986	0,29829903	0,17823529	0,52941176	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,48968035	2,03E-06	0,36781367	0	1	0,27777778	exodoncia
0,98205729	0,96965176	0,06248323	0,13986928	0,47058824	0	0,97222222	0	0,04381799	0,01842179	0,03052805	0	0	0,25	éxito
0,05046384	0,24632665	0,29768259	0,23284314	0,52941176	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,14069569	9,47E-08	0,18696532	0	0	0,27777778	exodoncia

RESULTADOS

0,12262963	0,59311101	0,94502113	0,17401961	0,66666667	0,8	0,02777778	0,66666667	0,98971087	0,70376456	0,98603395	1	0	0,27777778	exodoncia
5,89E-12	5,86E-09	0,00160994	0,27647059	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	1,73E-05	1,74E-09	0,00031042	0	0	0,27777778	exodoncia
9,64E-07	5,27E-05	0,0861287	0,27647059	0,66666667	0,8	0,02777778	0,66666667	0,66075637	2,38E-14	0,09132309	1	0	0,27777778	exodoncia
2,65E-10	7,82E-08	0,0030252	0,10294118	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,14069569	0,14947312	0,00780116	0	0	0,27777778	exodoncia
1,41E-10	5,03E-08	0,00064725	0,25140056	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	1,17E-08	8,66E-18	0,00010922	0	0	0,27777778	exodoncia
0,99441329	0,99402025	0,12375823	0,18016934	0,47058824	0,875	0,97222222	0,13793103	0,00257597	0,00354168	0,07342053	0	0	0,25	éxito
0,99998527	0,99990579	0,10032517	0,38366516	0,47058824	0,875	0,97222222	0,13333333	0,10839294	0,99999551	0,09929587	0	1	0,25	éxito
2,76E-11	1,47E-08	0,00064225	0,33146592	0	0,04761905	0,02777778	0,04761905	0,06754791	3,40E-17	0,00049848	0	0	0,27777778	exodoncia
0,35907434	0,45471556	0,29768259	0,25849673	0,52941176	0,04761905	0,97222222	0,04761905	0,22743272	3,87E-06	0,35832368	0	0	0,27777778	exodoncia
0,00995247	0,1237115	0,33864611	0,27941176	0,52941176	1	0,02777778	0,04761905	0,06754791	0,007072	0,22860087	0	0	0,27777778	exodoncia
0,99999993	0,99999958	0,99933372	0,45	0,47058824	0,875	0,97222222	0,58333333	0,58257021	1	0,98263888	1	1	0,25	éxito

En esta tabla se han dispuesto en las filas los casos seleccionados para el estudio con su solución final y en las columnas los diferentes valores predictivos de algunos de los sistemas utilizados en la fase de reutilización. La red Bayesiana (primera columna) ofreció los mejores resultados predictivos en las curvas ROC.

Los valores más cercanos al 0 predicen fracaso en el retratamiento y por tanto, exodoncia del diente, los valores más cercanos al 1 predicen éxito en el retratamiento. De todos los casos estudiados sólo hubo 4 casos en los que se erró la predicción, ofreciendo un 89% de poder de predicción. En posteriores usos, se irían incorporando los datos de los nuevos casos y, aplicando todo el sistema CBR, se ofrecería una solución ante estas características.

DISCUSIÓN

En nuestra revisión bibliográfica no hemos encontrado trabajos similares al realizado y por tanto, sólo podemos discutir nuestros resultados y nuestra metodología.

Empezando por los resultados estadísticos y en base a los datos obtenidos tanto en las tablas de contingencia como en el cálculo de todos los índices estadísticos encontrábamos que había una relación estadísticamente significativa entre algunas variables y el riesgo de fracaso del tratamiento.

En primer lugar, hallábamos que existía más riesgo de fracaso endodóntico si el paciente acudía por caries dental y era necesario el tratamiento de conductos. Si tenemos en cuenta que un 40% de los fracasos endodónticos se deben a fracturas o fisuras coronoradiculares; la pérdida de tejido dentario a causa de la caries es de esperar que sea un punto influyente para la aparición de este fracaso. En algunas ocasiones, este tipo de patologías pueden fracasar por una nueva recontaminación de la endodoncia que también lleva al fracaso del tratamiento.

La técnica de condensación también ofrecía datos importantes, ya que existía más riesgo de fracaso de la endodoncia cuando se realizaba condensación lateral que cuando se realizaba condensación vertical. La obturación de conductos se refiere al relleno compacto y permanente del espacio vacío dejado por la pulpa cameral y radicular al ser extirpada por el profesional durante la preparación de los conductos. La obturación completa del sistema de conductos radiculares es el paso final de la terapia endodóntica y su objetivo es lograr un perfecto sellado del foramen en la unión cemento-dentina. La adaptación incompleta del material de obturación radicular a las paredes del conducto puede llevar a la acumulación de fluidos y microorganismos, los cuales pueden causar enfermedad periapical.

Son muchos los estudios realizados comparando estas dos técnicas de condensación, en diferentes situaciones y enfrentando técnicas calientes con laterales. No obstante, ningún estudio ha demostrado que los conductos son impermeables totalmente en su parte coronal cuando son sometidos al medio oral. [34]

Por tanto, que el estudio realizado ofrezca datos significativos en este punto puede ser un cambio importante para establecer, a priori, el éxito o fracaso de una endodoncia, no

obstante, son necesarios estudios más amplios y precisos que valoren la importancia en la técnica de condensación.

En cuanto a la anestesia utilizada, este estudio ha encontrado el tipo de anestésico como un punto de importancia significativa. En ningún otro trabajo se ha considerado el preparado anestésico como un punto clave para predecir un fracaso endodóntico. A priori parece no presentar una influencia muy relevante pero sería necesario valorar específicamente la técnica y compuesto anestésicos utilizados para ofrecer conclusiones relevantes.

La utilización de un clamp u otro en principio pueden no ser considerado como un punto de riesgo, sin embargo en este estudio hemos encontrado significación estadística. Se han hallado diferencias entre la utilización del un aislamiento con clamp y el aislamiento con weedjets. Podría ser que el sistema de aislamiento sin clamp no ofreciera un campo tan limpio como la utilización del clamp y que pudiera contaminarse el conducto una vez desinfectado. Sin embargo, como en puntos anteriores, son necesarios nuevos estudios que enfrenten únicamente este dato.

El dolor tras el tratamiento endodóntico, indicativo de fracaso, a nuestro parecer, es un punto muy importante y esperable en este estudio. Los diferentes tipos de dolor causantes de un fracaso endodóntico conllevan una bacteriología determinante de este tipo de fracaso y por tanto un dolor característicos. Estableciendo de antemano que tipo de microorganismos acompañan a cada tipo de fracaso y relacionando estos con el dolor que siente el paciente podríamos predecir con nuestros sistemas de bioinformática el éxito o fracaso del retratamiento tras el tratamiento defectuoso.

En cuanto, a la causa del fracaso, el tipo, localización y signos de la fractura, son variables que desde un principio pensábamos establecer como muy importantes. Partiendo del alto porcentaje de fracasos debidos a fracturas, encontrar este tipo de fracaso con/sin sus síntomas clínicos o radiográficos, son casi totales indicadores de retratamiento del fracaso imposible. No obstante la confirmación estadística y bioinformática ofrecen su apoyo a nuestras teorías.

Un punto importante que en este estudio inicial no parece tener relevancia es el tiempo desde que se realiza la endodoncia hasta que se restaura finalmente, a nuestro

entender, es una variable esencial para predecir el fracaso del tratamiento debido a la filtración. Es por tanto, un punto muy importante para comprobar en posteriores estudios.

En cuanto al análisis con CBR, los datos obtenidos han sido de vital relevancia, ya que colocando todas las variables establecidas, en especial las que realmente ofrecían mayor riesgo, se puede prever en un 89% de los casos la solución final del tratamiento y del retratamiento. Durante la etapa de reutilización se aplicaron diferentes algoritmos obteniendo los mejores resultados para una red bayesiana.

No obstante, son necesarios más casos para ampliar los problemas y soluciones que el experto introduce en el sistema inteligente y de esta forma elevar la capacidad predictiva del CBR. Además, incrementando la muestra se podrían establecer verdaderas diferencias entre las variables de riesgo y las variables confundidoras de los fracasos.

En cuanto a la metodología empleada sería necesario ampliar la muestra obtenida; sin embargo, al establecer unos criterios de inclusión tan estrictos, esta se vio muy reducida en el primer muestreo. Podría valorarse la opción de eliminar de los criterios de inclusión la necesidad de que exista un retratamiento y observar la evolución de los tratamientos de conductos. Sin embargo los datos predictivos no serían tan fiables.

Por otro lado, los nuevos casos deberían ser codificados desde un principio siguiendo los parámetros utilizados en este estudio ya que han aportado suficiente información para el estudio sin perder variables importantes.

También sería conveniente el estudio de las historias y radiografías por parte de dos expertos que debían ponerse de acuerdo en sus opiniones; de esta manera; se ofrecería una variable mucho más verdadera.

El principal problema que hemos encontrado ha sido localizar una muestra que contuviera todos los criterios de inclusión establecidos, y por tanto, nuestro estudio ha quedado reducido a 35 pacientes. Por otro lado, la eliminación de variables o de criterios de inclusión empobrecería los datos del estudio.

En resumen, podemos establecer que el diseño del estudio está aceptablemente bien y que el único punto muy importante que se debería solucionar es el número de pacientes

admitidos. No obstante, al tratarse de un estudio pionero, era muy difícil establecer un número mínimo de casos necesarios.

Por otro lado, son necesarios más estudios pormenorizados de todas las variables señaladas como variables de riesgo para el fracaso que pudieran aclarar si realmente influyen o no influyen en este punto. De esta manera, los sistemas de Razonamiento Basados en Casos futuros podrán diferenciar entre verdaderas variables de riesgo o puntos confundentes.

El estudio realizado es, en este momento, un punto de partida para posteriores estudios más pormenorizados, para establecer una metodología adecuada y para obtener datos relativos a la muestra necesaria. No obstante, marca variables importantes como objetivos de estudio a corto y medio plazo. También introduce la inteligencia artificial como un método de análisis y estudio muy valioso y poco utilizado en odontología, de esta forma puede establecerse una línea nueva de estudio de las variables con información más valiosa para determinar el pronóstico de los tratamientos dentales.

CONCLUSIONES

1. La inteligencia artificial y los Sistemas de Razonamiento Basados en Casos son una herramienta que ofrece novedosas y exitosas soluciones a la problemática de odontología conservadora. La introducción de este tipo de sistemas en el ámbito endodóntico debe ser una meta a conseguir en las investigaciones odontológicas.
2. Los sistemas CBR aportan una predicción de los problemas endodónticos adecuada a muchas situaciones clínicas y por tanto son la herramienta idónea para pronosticar el éxito de los tratamientos.
3. Los fracasos endodónticos se pueden predecir a partir de una serie de variables de riesgo; y por tanto se pueden intentar evitar. Cabe destacar que la red bayesiana utilizada, no proporciona falsos negativos evitando de este modo exodoncias innecesarias.
4. En nuestro estudio el CBR determina que las variables más influyentes en el fracaso endodóntico son:
 - a. La utilización de una técnica de condensación de gutapercha vertical.
 - b. La existencia de grandes caries como etiología del tratamiento.
 - c. La aparición de síntomas clínicos relacionados con la existencia de fracturas y fisuras cuando se ha producido un fracaso endodóntico.
 - d. La realización de la técnica endodóntica usando aislamiento incompleto.
5. La predicción con sistemas CBR y redes bayesianas ofrece un 89% de aciertos, por lo que se podrían utilizar para la estimación de probabilidad de éxito en nuevos casos.
6. Los datos obtenidos son importantes y relevantes pero son necesarios estudios concretos de todas las variables señaladas como importantes para establecer una pauta diagnóstica que pronostique el éxito.
7. Finalmente sería necesario un nuevo estudio con estas características pero una muestra mayor para aumentar el poder predictivo del sistema CBR y estandarizar su utilización.

ANEXO I. HOJA DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO PARA LOS PACIENTES

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE O RESPONSABLE

Nuestro estudio “Aplicación de la Inteligencia Artificial en la predicción de fracasos endodónticos” tiene como objetivo recoger datos clínicos y radiográficos de los tratamientos de conductos realizados previamente para posteriormente analizarlos utilizando sistemas informáticos de inteligencia artificial.

Tras la primera exploración se realizará un examen radiográfico específico para la evaluación del los tratamientos endodónticos realizados.

Los datos serán tratados con total confidencialidad atendiendo a la Ley Orgánica 15/99 de protección de datos y de forma anónima.

Una vez informado al paciente de los objetivos y métodos de este estudio, si está en disposición de aceptar la colaboración en esta investigación, firme el presente impreso de consentimientos y, a continuación procederemos a la realización de la exploración clínica y radiográfica necesaria.

Gracias.

MADRID, a de de

Firmado (en caso de ser menor de edad, incapacitado o impedido firmarán los padres, tutores o representantes legales)

ANEXO II HOJAS DE RECOGIDA DE DATOS

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS: APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN DE FRACASOS ENDODÓNTICOS

A. PACIENTE

- a. Edad:
- b. Sexo:
- c. Profesión:
- d. Hábitos-parafunciones:
- e. Patología general:
- f. Tratamientos farmacológicos actuales:
- g. Alérgicas conocidas:

B. ANTECEDENTES

- a. Remitente:
- b. Lugar del tratamiento:
- c. Razón del tratamiento:
- d. Tiempo pasado desde el tratamiento:
- e. Causa de la remisión al master:
- f. Cómo se hizo la endodoncia:

- i. Sesiones:
- ii. Instrumentación: manual mecánica
- iii. Condensación: lateral vertical
- iv. Anestesia:
- v. Clamps:
- g. Valoración de dificultad AAE

C. EXPLORACIÓN

- a. Alumno que hizo el tratamiento:
- b. Diente:
- c. Características de la corona o anomalías:
- d. Características de la raíz:
- e. Tipo de restauración coronal: RC/AP Onlay Puente CMP
- f. Perno:
 - i. Si No
 - ii. Tipo
 - iii. Longitud
 - iv. Otros

D. DATOS CLÍNICOS

- a. Tiempo sin restaurar
- b. Dolor
- c. Inflamación

d. Fístula:

E. DATOS RADIOLÓGICOS

a. N° raíces:

b. N° conductos

c. Morfología radicular

i. Curvas: si no

ii. Grado:

iii. Otros:

d. Nivel óseo:

F. DIAGNÓSTICO DE FRACASO

a. Causa:

i. Conductos olvidados

ii. Defecto en la preparación.

iii. Endodoncia corta (distancia en mm gupa-apice)

iv. Defectos de sellado tridimensional.

v. Defectos de sellado

vi. Defectos de sellado coronal:

1. Grado 0: no detectable.

2. Grado 1 afecta al sellado.

3. Grado 2 filtración.

4. Grado 3 sin restaurar.

vii. Fractura.

1. Tipo
2. Localización
3. Signos de fisura fractura.
 - a. Sondaje
 - b. Movilidad
 - c. Fisura visible
 - d. Nivel óseo
 - e. Otros
- b. Tiempo hasta el fracaso

G. RETRATAMIENTO

- a. Disolvente para gutapercha
- b. Uso de rotatoria
- c. Éxito o fracaso
 - i. Solución clínica
 - ii. Solución radiológica
 - iii. Solución de la causa



AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines

PATIENT INFORMATION

Name _____

Address _____

City/State/Zip _____

Phone _____

DISPOSITION

Treat in Office: Yes No

Refer Patient to: _____

Date: _____

Guidelines for Using the AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form

The AAE designed the Endodontic Case Difficulty Assessment Form for use in endodontic curricula. The Assessment Form makes case selection more efficient, more consistent and easier to document. Dentists may also choose to use the Assessment Form to help with referral decision making and record keeping.

Conditions listed in this form should be considered potential risk factors that may complicate treatment and adversely affect the outcome. Levels of difficulty are sets of conditions that may not be controllable by the dentist. Risk factors can influence the ability to provide care at a consistently predictable level and impact the appropriate provision of care and quality assurance.

The Assessment Form enables a practitioner to assign a level of difficulty to a particular case.

LEVELS OF DIFFICULTY

MINIMAL DIFFICULTY Preoperative condition indicates routine complexity (uncomplicated). These types of cases would exhibit only those factors listed in the MINIMAL DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome should be attainable by a competent practitioner with limited experience.

MODERATE DIFFICULTY Preoperative condition is complicated, exhibiting one or more patient or treatment factors listed in the MODERATE DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome will be challenging for a competent, experienced practitioner.

HIGH DIFFICULTY Preoperative condition is exceptionally complicated, exhibiting several factors listed in the MODERATE DIFFICULTY category or at least one in the HIGH DIFFICULTY category. Achieving a predictable treatment outcome will be challenging for even the most experienced practitioner with an extensive history of favorable outcomes.

Review your assessment of each case to determine the level of difficulty. If the level of difficulty exceeds your experience and comfort, you might consider referral to an endodontist.

The contribution of the Canadian Academy of Endodontics and others to the development of this form is gratefully acknowledged.

The AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form is designed to aid the practitioner in determining appropriate case disposition. The American Association of Endodontists neither expressly nor implicitly warrants any positive results associated with the use of this form. This form may be reproduced but may not be amended or altered in any way.

© American Association of Endodontists, 211 E. Chicago Ave., Suite 1100, Chicago, IL 60611-3091; Phone: 800/873-3636 or 312/265-7125; Fax: 800/MS-6030 or 312/265-9867; E-mail: info@aee.org; Web site: www.aee.org

AAE Endodontic Case Difficulty Assessment Form

CRITERIA AND SUBCRITERIA	MINIMAL DIFFICULTY	MODERATE DIFFICULTY	HIGH DIFFICULTY
A. PATIENT CONSIDERATIONS			
MEDICAL HISTORY	<input type="checkbox"/> No medical problem (ASA Class 1*)	<input type="checkbox"/> One or more medical problems (ASA Class 2*)	<input type="checkbox"/> Complex medical history/serious illness/disability (ASA Classes 3-5*)
ANESTHESIA	<input type="checkbox"/> No history of anesthesia problems	<input type="checkbox"/> Vasoconstrictor intolerance	<input type="checkbox"/> Difficulty achieving anesthesia
PATIENT DISPOSITION	<input type="checkbox"/> Cooperative and compliant	<input type="checkbox"/> Anxious but cooperative	<input type="checkbox"/> Uncooperative
ABILITY TO OPEN MOUTH	<input type="checkbox"/> No limitation	<input type="checkbox"/> Slight limitation in opening	<input type="checkbox"/> Significant limitation in opening
GAG REFLEX	<input type="checkbox"/> None	<input type="checkbox"/> Gags occasionally with radiograph/treatment	<input type="checkbox"/> Extreme gag reflex which has compromised past dental care
EMERGENCY CONDITION	<input type="checkbox"/> Minimum pain or swelling	<input type="checkbox"/> Moderate pain or swelling	<input type="checkbox"/> Severe pain or swelling
B. DIAGNOSTIC AND TREATMENT CONSIDERATIONS			
DIAGNOSIS	<input type="checkbox"/> Signs and symptoms consistent with recognized pulpal and periapical conditions	<input type="checkbox"/> Extensive differential diagnosis of usual signs and symptoms required	<input type="checkbox"/> Confusing and complex signs and symptoms; difficult diagnosis <input type="checkbox"/> History of chronic orofacial pain
RADIOGRAPHIC DIFFICULTIES	<input type="checkbox"/> Minimal difficulty obtaining/interpreting radiographs	<input type="checkbox"/> Moderate difficulty obtaining/interpreting radiographs (e.g., high floor of mouth, narrow or low palatal vault, presence of tori)	<input type="checkbox"/> Extreme difficulty obtaining/interpreting radiographs (e.g., superimposed anatomical structures)
POSITION IN THE ARCH	<input type="checkbox"/> Anterior/premolar <input type="checkbox"/> Slight inclination (<10°) <input type="checkbox"/> Slight rotation (<10°)	<input type="checkbox"/> 1st molar <input type="checkbox"/> Moderate inclination (10-30°) <input type="checkbox"/> Moderate rotation (10-30°)	<input type="checkbox"/> 2nd or 3rd molar <input type="checkbox"/> Extreme inclination (>30°) <input type="checkbox"/> Extreme rotation (>30°)
TOOTH ISOLATION	<input type="checkbox"/> Routine rubber dam placement	<input type="checkbox"/> Simple pretreatment modification required for rubber dam isolation	<input type="checkbox"/> Extensive pretreatment modification required for rubber dam isolation
CROWN MORPHOLOGY	<input type="checkbox"/> Normal original crown morphology	<input type="checkbox"/> Full coverage restoration <input type="checkbox"/> Porcelain restoration <input type="checkbox"/> Bridge abutment <input type="checkbox"/> Moderate deviation from normal tooth/root form (e.g., taurodontism, microdontia) <input type="checkbox"/> Teeth with extensive coronal destruction	<input type="checkbox"/> Restoration does not reflect original anatomy/alignment <input type="checkbox"/> Significant deviation from normal tooth/root form (e.g., fusion, dens in dente)
CANAL AND ROOT MORPHOLOGY	<input type="checkbox"/> Slight or no curvature (<10°) <input type="checkbox"/> Closed apex (<1 mm in diameter)	<input type="checkbox"/> Moderate curvature (10-30°) <input type="checkbox"/> Crown axis differs moderately from root axis. Apical opening 1-1.5 mm in diameter	<input type="checkbox"/> Extreme curvature (>30°) or S-shaped curve <input type="checkbox"/> Mandibular premolar or anterior with 2 roots <input type="checkbox"/> Maxillary premolar with 3 roots <input type="checkbox"/> Canal divides in the middle or apical third <input type="checkbox"/> Very long tooth (>25 mm) <input type="checkbox"/> Open apex (>1.5 mm in diameter)
RADIOGRAPHIC APPEARANCE OF CANAL(S)	<input type="checkbox"/> Canal(s) visible and not reduced in size	<input type="checkbox"/> Canal(s) and chamber visible but reduced in size <input type="checkbox"/> Pulp stones	<input type="checkbox"/> Indistinct canal path <input type="checkbox"/> Canal(s) not visible
RESORPTION	<input type="checkbox"/> No resorption evident	<input type="checkbox"/> Minimal apical resorption	<input type="checkbox"/> Extensive apical resorption <input type="checkbox"/> Internal resorption <input type="checkbox"/> External resorption
C. ADDITIONAL CONSIDERATIONS			
TRAUMA HISTORY	<input type="checkbox"/> Uncomplicated crown fracture of mature or immature teeth	<input type="checkbox"/> Complicated crown fracture of mature teeth <input type="checkbox"/> Subluxation	<input type="checkbox"/> Complicated crown fracture of immature teeth <input type="checkbox"/> Horizontal root fracture <input type="checkbox"/> Alveolar fracture <input type="checkbox"/> Intrusive, extrusive or lateral luxation <input type="checkbox"/> Avulsion
ENDODONTIC TREATMENT HISTORY	<input type="checkbox"/> No previous treatment	<input type="checkbox"/> Previous access without complications	<input type="checkbox"/> Previous access with complications (e.g., perforation, non-negotiated canal, ledge, separated instrument) <input type="checkbox"/> Previous surgical or nonsurgical endodontic treatment completed
PERIODONTAL-ENDODONTIC CONDITION	<input type="checkbox"/> None or mild periodontal disease	<input type="checkbox"/> Concurrent moderate periodontal disease	<input type="checkbox"/> Concurrent severe periodontal disease <input type="checkbox"/> Cracked teeth with periodontal complications <input type="checkbox"/> Combined endodontic/periodontic lesion <input type="checkbox"/> Root amputation prior to endodontic treatment

*American Society of Anesthesiologists (ASA) Classification System

Class 1: No systemic illness. Patient healthy.

Class 2: Patient with mild degree of systemic illness, but without functional restrictions, e.g., well-controlled hypertension.

Class 3: Patient with severe degree of systemic illness which limits activities, but does not immobilize the patient.

Class 4: Patient with severe systemic illness that immobilizes and is sometimes life threatening.

Class 5: Patient will not survive more than 24 hours whether or not surgical intervention takes place.

www.aahq.org/clinical/physicalstatus.htm

BIBLIOGRAFÍA

1. Glez-Pena, D., et al., geneCBR: a translational tool for multiple-microarray analysis and integrative information retrieval for aiding diagnosis in cancer research. *BMC Bioinformatics*, 2009. **10**: p. 187.
2. Corchado, J.M., et al., Model of experts for decision support in the diagnosis of leukemia patients. *Artif Intell Med*, 2009. **46**(3): p. 179-200.
3. Joyanes, L., et al., *Knowledge Management*. 2001, Salamanca: University of Paisley.
4. Shortliffe, E.H. and J.J. Cimino, *Biomedical informatics: computer applications in health care and biomedicine*. 2006, New York: Springer.
5. Tapia, J., *Arquitectura Multiagente para Entornos de Inteligencia Ambiental*. 2009, Universidad de Ciencias de Salamanca: Salamanca.
6. Watson, I. and F. Marir, *Case-Based Reasoning: A Review*. Cambridge University Press. *The Knowledge Engineering Review*, 1994. **9**(3).
7. Kolodner, J., Maintaining organization in a dynamic long-term memory. *Cognitive Science*, 1983. **7**: p. 243-280.
8. Kolodner, J., Reconstructive memory a computer model. *Cognitive Science*, 1983. **7**(281-328).
9. Corchado, J.M., et al., Intelligent Environment for Monitoring Alzheimer Patients. *Decision Support Systems*, 2007.
10. Corchado, J.M. and R. Laza, Constructing Deliberative Agents with Case-based Reasoning Technology. *Internacional Journal of Intelligent Systems*, 2003. **18**(12): p. 1227-1241.
11. Corchado, J.M., et al., Model of experts for decision support in the diagnosis of leukemia patients. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2009(46): p. 21.
12. Corchado, M., et al., [The diagnostic spectrum in a series of 100 patients with hepatomegaly due to stasis]. *Aten Primaria*, 1989. **6**(5): p. 363-4.
13. Vera, V., A. Barbero, and E. García, A case-based Reasoning System for Monitoring the Longevity of Dental Restorations. *Computing and Information Systems Journal*, 2002. **9**(2): p. 14.
14. Van den Braden, M., et al., Integrating case-based reasoning with an electronic patient record system. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2011. **51**: p. 117-123.

15. Armengol, E., Classification of melanomas in situ using knowledge discovery with explained case-based reasoning. *Artif Intell Med.* **51(2)**: p. 93-105.
16. Kolodner, J., *Case-based Reasoning*, ed. M. Kaufmann. 1993, San Mateo.
17. Simpson, R.L., A computer model of case-based reasoning in problem solving: an investigation in the domain of dispute mediation. Technical Report GTI-ICS, 1985.
18. Editorial, G., Advances in Case-based reasoning in the health sciences. *Artif Intell Med*, 2011. **51**: p. 75-79.
19. Fraile, J.A., et al., Applying wearable solutions in dependent environments. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* **14(6)**: p. 1459-67.
20. Bichindaritz, I. and S. Montani, Advances in case-based reasoning in the health sciences. *Artif Intell Med.* **51(2)**: p. 75-9.
21. Aamodt, A. and E. Plaza, Case-Based Reasoning foundational issues. *Methodological Variations and Systems Approaches. Artificial Intelligence Communications*, 1994. **7(1)**: p. 39-59.
22. Watson, I., *Applying case-based Reasoning: Techniques for Enterprise System*, ed. M. Kaufmann. 1997.
23. Lopez, B., et al., eXIT*CBR: A framework for case-based medical diagnosis development and experimentation. *Artif Intell Med.* **51(2)**: p. 81-91.
24. Aha, D., D. Kibler, and M.D. Albert, *Instance-based Learning Algorithms. Machine Learning*, 1991. **6(1)**.
25. Allemange, D., Review of EWCBR-93. *Artificial Intelligence Communications*, 1993. **7(1)**.
26. Kristian, J., *Hammond: Case-based Planning*. Academic Press. 1989.
27. Hammond, K.J., *Case-Based Planning*. Academic Press, 1989.
28. Goodman, M., CBR in Battle Planning, in *Proceedings of the DARPA Case-Based Reasoning Workshop*, Hammond, Editor. 1989, Morgan Kaufmann Publisher: San Francisco.
29. Simodius, E., Using case-based reasoning for customer technical support. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 1992. **7(5)**: p. 7-13.
30. Veloso, M.M. and J. Carbonell, Derivational analogy in PRODIGY. *Machine Learning*, 1993. **10(3)**: p. 249-278.
31. Canalda, C. and E. Brau, *Endodoncia: técnicas clínicas y bases científicas*. Vol. 2. 2006, Barcelona: Masson.

32. Casanellas, J.M., Restauración del Diente Endodonciado. 1 ed. 2006, Madrid: Pues.
33. Marti, X., Fracturas Radiculares, in Restauración del Diente Endodonciado. 2006, Pues: Madrid.
34. Camejo Suárez, M.V., EFECTO DE ALGUNAS TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA REALIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE CONDUCTOS RADICULARES EN LA MICROFILTRACIÓN CORONARIA (REVISIÓN DE LA LITERATURA). Acta Odontológica Venezolana, 2009. **47(1)**.