



Universidad de Oviedo

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD**

**COMPORTAMIENTO DEL CANINO SUPERIOR PERMANENTE DESVIADO  
TRAS TRATAMIENTO INTERCEPTIVO**

**TESIS DOCTORAL**

**Vicente Gandía Aguiló**

**SEPTIEMBRE 2016**





Universidad de Oviedo

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD**

**COMPORTAMIENTO DEL CANINO SUPERIOR PERMANENTE DESVIADO  
TRAS TRATAMIENTO INTERCEPTIVO**

**TESIS DOCTORAL**

**PRESENTADA POR: Vicente Gandía Aguiló**

**DIRIGIDA POR: □ Dr. D. Juan Cobo Planas**

**Dr. D. José Luís Gandía Aguiló**

**SEPTIEMBRE 2016**



# **DEDICATORIA**

A mi mujer y a mi familia.



# AGRADECIMIENTOS

- Al Prof. Juan Cobo, por haberme permitido aprender ortodoncia con él y por su brillante dirección de la Tesis.
- Al Prof. José Luís Gandía, maestro, padre, amigo y compañero de trabajo, por toda la paciencia que ha tenido conmigo. Gracias por enseñarme y ofrecerme lo que viene a ser ... todo; y mejor aún, de seguir adelante.
- A la Prof. Rosa Cibrián, por su inestimable ayuda con la estadística, incluso en sus vacaciones, y por esos momentos emotivos en los que veíamos que los resultados, mapas auto organizados, redes neuronales y máquinas vector cuadraban. Me ha encantado compartir esa ilusión investigadora contigo .
- Al Prof. Emilio Soria, por explicar e interpretar los mapas auto organizados, redes neuronales y haber sacado unos resultados tan completos e interesantes. Y por haber aparecido en este momento mágico en el que sus aportaciones nos han abierto nuevas expectativas.
- A la Prof. Vanessa Paredes, por su eficiente colaboración y buena disposición en todo momento. Así da gusto.
- A la Dra. Luz Aguiló, maestra, madre, amiga y compañera de trabajo. Por proporcionarme toda la muestra. Gracias por todo lo que he aprendido en el master “Identis” y en el master de la vida, mejor herencia imposible.
- Al Dr. Tarek Jaber, mi mejor amigo, por su apoyo y por mostrarme lo fascinante que puede ser el mundo de la investigación y lo gratificante que es. Sin sus consejos sobre el Mendeley y orden de seguir los pasos de la tesis, aun estaría haciéndola.
- A Tito, mi primo , que es como mi hermano mayor. Por la maquetación, diseño

etc... Y por que siempre está ahí cuando lo necesito.

- Al personal de la clínica Identis, por su colaboración en todos los sentidos.
- A Mar , por haberme aguantado esta época de máxima intensidad y por lo bonito que nos queda por vivir.





## RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: Comportamiento del canino superior permanente desviado tras tratamiento interceptivo	Inglés: Clinical behaviour of the deviated upper permanent canine treated prior to eruption

2.- Autor	
Nombre: Vicente José Gandía Aguiló	
Programa de Doctorado: Ciencias de la Salud	
Órgano responsable:	

### RESUMEN (en español)

El canino superior permanente (CSP) es el diente que más tiempo emplea en hacer erupción. Este proceso concluye aproximadamente hacia los 12 o 13 años. En ocasiones se puede producir una desviación de este proceso eruptivo normal del canino, lo cual es fácilmente objetivable en una ortopantomografía. Esta situación finaliza con una falta de erupción de uno o los dos caninos superiores.

En estos casos el tratamiento interceptivo se muestra como una clara solución para normalizar dicha erupción alterada. No obstante, algunos de estos pacientes tratados

interceptivamente acaban necesitando una fenestración para que el canino haga erupción de forma correcta o para que no lesione otras estructuras.

Resulta, por tanto, de interés conocer las características odontológicas de estos pacientes, que necesitarán tratamiento quirúrgico adicional a este tratamiento interceptivo.

Para el estudio de las características odontológicas asociadas a la impactación de los caninos se ha utilizado tradicionalmente la estadística convencional. Este enfoque, aunque ha servido para ilustrar muchas de las características de esta casuística, no ha permitido sin embargo dar una respuesta satisfactoria al problema y, además, tampoco ha permitido tener una idea global de las características de estos tipos de pacientes, cada uno con su particular confluencia de variables.

Ante esta tesitura, para analizar el problema de la impactación a pesar del tratamiento interceptivo, se ha utilizado para la representación de las variables que influyen en este síndrome, un método alternativo conocido como Mapas Auto Organizados (SOM ó *Self Organizing Maps*), herramienta utilizada para analizar problemas con muchas variables, como es también el problema de la impactación de caninos.

Se han analizado 78 pacientes, 57 niñas y 31 niños de edades comprendidas entre los 6 y los 13 años y con una angulación del CSP  $>100^\circ$ . Todos ellos estaban sometidos a tratamiento interceptivo y en 21 de ellos fue necesario realizar la mencionada fenestración para conseguir la erupción final del canino.

En este estudio se muestra el proceso de depuración de variables y de selección del número adecuado de celdas en el SOM para una adecuada visualización del problema planteado y las características odontológicas de los pacientes en función de la mayor o menor probabilidad de necesitar el paciente una fenestración.

## RESUMEN (en Inglés)

The permanent maxillary canine (PMC) is the tooth that takes most time to erupt. This process ends at approximately the age of 12 or 13. Occasionally, displacement can take place in the normal eruptive process of a canine, an image of which can be easily captured on a panoramic radiograph. This situation ends with the non-eruption of either one or both of the upper canines.

In these cases, interceptive treatment provides an obvious solution for correcting that displaced eruption. However, some patients treated by interceptive means end up requiring fenestration so that the canine can erupt correctly or so that it does not harm other structures.

It would be interesting, therefore, to discover the dental characteristics of patients who will need additional surgical treatment to interceptive treatment.

To study the dental characteristics associated with canine impaction, conventional statistics have traditionally been used. This approach, although serving to illustrate many features of this problem, has not provided a satisfactory response or not provided an overall idea of the characteristics of these types of patients, each with their own particular set of variables.

Faced with this situation, and in order to analyze the problem of impaction despite interceptive treatment, we have used an alternative method for representing the variables that have an influence on this syndrome. This method is known as Self-Organizing Maps (SOM), a method used for analyzing problems with multiple

variables, as in the case of canine impaction.

We analyzed 78 patients, 57 girls and 31 boys aged between 6 and 13 years of age with a PMC angulation higher than 100°. All of them were subject to interceptive treatment and in 21 cases it was necessary to undertake the above-mentioned fenestration to achieve the final eruption of the canine.

In this study, we describe the process of debugging variables and selecting the appropriate number of cells in SOM so as to adequately visualize the problem posed and the dental characteristics of patients with regard to a greater or lesser probability of the need for fenestration

SR. DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ /

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE  
DOCTORADO EN \_\_\_\_\_



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA
  - 2.1. Definición
  - 2.2. Epidemiología
  - 2.3. Diagnóstico
  - 2.4. Antecedentes históricos
    - 2.4.1. 1900-1950
    - 2.4.2. 1950-1980
    - 2.4.3. 1980-2015
      - 2.4.3.1. Teoría de la guía
      - 2.4.3.2. Teoría genética
  - 2.5. Los años de la dentición mixta
    - 2.5.1. Secuencia y cronología de la erupción: edad dental
    - 2.5.2. Sobre retención de los dientes primarios
3. OBJETIVOS
4. MATERIAL Y MÉTODOS
  - 4.1. Muestra
  - 4.2. Criterio de selección
  - 4.3. Tratamiento interceptivo
    - 4.3.1. Duración
    - 4.3.2. Objetivo
    - 4.3.3. Mediciones

4.3.4. Aparatología funcional

4.4. Variables del tratamiento y métodos de medida

4.5. Métodos estadísticos

4.5.1. Diagrama de cajas

4.5.2. Mapas auto organizados

4.5.3. Sistemas de ayuda al diagnóstico

4.5.3.1. Área bajo la curva y curva ROC

4.5.3.2. Regresión logística

4.5.3.3. Árboles de decisión.

4.5.3.4. Máquina de vector soporte (SMV)

4.5.3.5. Redes neuronales (RNA)

## 5. RESULTADO

5.1. Análisis de variables mediante diagrama de cajas y diagrama de cajas

5.1.1. Edad inicial

5.1.2. Sexo

5.1.3. Inclinación inicial del canino

5.1.4. Inclinación final del canino

5.1.5. Sector

5.1.6. Abanicado

5.1.7. Duración tratamiento

5.1.8. Estadío de Nolla

5.1.9. Tooth lenght

5.1.10. Posición inicial del canino

5.1.11. Exfoliación del canino temporal



- 5.1.12. Tratamiento
- 5.2. Mapas auto organizados
  - 5.2.1. Análisis neuronal del mapa auto organizado
  - 5.2.2. Patrones significativos de erupción
- 5.3. Elección del método estadístico según AUC
- 5.4. Variables más representativas
- 6. DISCUSIÓN
- 7. CONCLUSIÓN
- 8. BIBLIOGRAFÍA
- 9. ANEXOS



# **INTRODUCCIÓN**



## 1. INTRODUCCIÓN

El Canino Superior Permanente (CSP) es el diente que presenta mayor incidencia de desviaciones de su trayectoria eruptiva normal, debido a sus peculiares características morfológicas, topográfica y cronológicas.

Su inclinación varía con la edad, siendo a los 9 años cuando presenta la máxima inclinación, 99° (figura 1) (Fernández y cols., 1998; Schour y Massler, 1941)

El diagnóstico de caninos con alteraciones eruptivas se realiza clínica y radiográficamente a partir de la ortopantomografía.

El tratamiento interceptivo está enfocado a mejorar la trayectoria eruptiva alterada para conseguir la erupción del canino (Rebellato, 1995; Bacetti, 2008; Sigler, 2011), pero algunos de estos pacientes acaban precisando, además, de ayuda quirúrgica.

La decisión de hacer una fenestración en un paciente sometido a tratamiento interceptivo es una decisión del especialista basada en su experiencia clínica. Por ello en este trabajo nos planteamos encontrar el patrón o patrones de aquellos pacientes con caninos desviados hacia línea media para los que un tratamiento de ortodoncia interceptiva no es suficiente para la correcta erupción del canino.

Dado el gran número de variables que pueden afectar a este proceso (Kumar y cols., 2015; Chalakkal y cols., 2011; Bonetti y cols., 2011; Pitt, 2006; Ericson, 1988; Power, 1993;

Becker, 1995; Bacetti y cols., 2011; Lindauer y cols., 1992, Chalakal y cols., 2011; Warford y cols., 2003) no es posible, con los métodos tradicionales, visualizar la distribución de estas variables en la muestra estudiada y determinar patrones de comportamiento que expliquen qué casos tienen una mayor o menor probabilidad de necesitar una fenestración para conseguir la erupción del canino.

En este estudio se ha utilizado una metodología alternativa, los mapas auto organizados (SOM) (Manni y cols., 2014), cuya aplicación a este problema, se detallará en el siguiente apartado de material y métodos. Este método va a permitir agrupar los pacientes del estudio en un número determinado de celdas, denominadas neuronas.

El algoritmo del SOM va a determinar el valor de cada variable del estudio que corresponde a cada una de estas neuronas. Por tanto, es posible visualizar de forma simultánea el valor de cada una de las variables implicadas en el estudio, en cada agrupamiento de pacientes incluidos en una neurona. Con estos agrupamientos se permite la visualización conjunta de todas las variables en los distintos grupos de pacientes y encontrar patrones de comportamiento asociados con una determinada variable, en nuestro caso la necesidad de realizar una fenestración

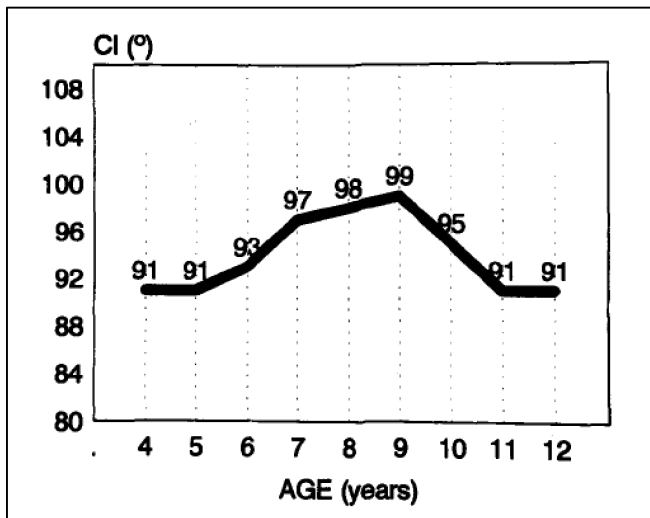


Figura 1.- Media de la inclinación del canino en diferentes edades. (Fernández y cols., 1998; Schour y Massler, 1941)





## **ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA**



## **2. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA**

Los Caninos Maxilares Impactados (CMI) representan un problema clínico frecuente en ortodoncia, a pesar de la relativa baja prevalencia de impactación oral.

Aunque han sido muchos los estudios centrados en su tratamiento, que es un abordaje interdisciplinario que acaba precisando la participación de varias especialidades, la evidencia disponible sobre su etiología ha sido especulativa casi siempre y relativamente escasa. La literatura disponible sobre antecedentes históricos permite explicar las diferentes teorías sobre la etiología de los caninos impactados. Así se resalta la importancia de realizar un diagnóstico temprano de dicha alteración para facilitar su manejo y reducir las secuelas.

### **2.1. Definición**

En la literatura, los términos impactación, retención e inclusión, aunque no son sinónimos, se utilizan de forma indistinta, refiriéndose los tres, a alteraciones de la erupción. Se denomina impactación cuando un diente interrumpe su erupción debido a una barrera física (otro diente, hueso o tejido blando) o a una posición anómala del mismo.

### **2.2. Epidemiología**

El canino maxilar desviado hacia línea media (CDHLM) es un reto terapéutico para el clínico, a pesar de su relativamente baja prevalencia. Sabemos que el canino maxilar es el segundo diente con mayor frecuencia de impactación, sólo después del tercer molar, con

una prevalencia que oscila según diversos autores entre 0.8 a 2.8% (Ericson y Kurol, 1987; McSherry, 1998; Langberg y Peck, 2000; Litsas y Acar, 2011). La frecuencia del canino maxilar impactado superior (CMI) varía dependiendo del sexo, de su ubicación y del tipo de maloclusión presente (McSherry, 1998). Así se observa mayor prevalencia en mujeres (1.2-1.7%) que en hombres (0.5%) (McSherry, 1998; Dewell, 1949; Litsas y Acar, 2011; Bishara, 1998) y el 85% de los caninos impactados se ubican en zona palatina vs el 15% en zona vestibular (Patrick, 1998; Litsas y Acar, 2011). Además, el 8-45% de todos los caninos impactados se encuentran bilateralmente (Ericson y Kurol, 1987). Todos estos datos han sido desplegados mediante una profusa literatura escrita desde principios de siglo, aunque ofrece características dispersas y poco coincidente.

### **2.3. Diagnóstico**

Se lleva a cabo principalmente por medio de la anamnesis y examen clínico y radiográfico.

## **INTRODUCCIÓN HISTÓRICA**

### **2.4. Antecedentes Históricos**

#### **2.4.1. AÑOS 1900-1950**

Angle (1910) aseguraba que la impactación de dientes se debía a la presencia de dientes deciduos sobre-retenidos. Más tarde, Cryer (1911) estableció que cualquier factor que interfiera con el crecimiento “adelantado” y con el movimiento de los dientes podría causar retraso en su erupción. Luego Mead (1930) lo atribuyó a cambios evolutivos, Todd (1932)

lo relacionó a factores ambientales, y Hellman (1938) al crecimiento insuficiente de los maxilares (Weiss y cols., 1953).

Así, los tratamientos se basaron en la simple exposición de la corona del diente sin erupcionar y luego seguido con observación (Simms, 1977).

Dewey en 1947 ya observaba que el canino superior presentaba características únicas con respecto a otros dientes. Así, pronunciaba del canino:

*“No hay diente más interesante desde un punto de vista del desarrollo que el canino superior. De todos los dientes este tiene el más largo período de desarrollo, el área más profunda de desarrollo y el trayecto de viaje más complicado, desde su punto de origen hasta su punto de oclusión. Este se desarrolla en la porción más concentrada de la dentadura. Mientras esta comienza a calcificar casi tan tempranamente como el primer molar y el incisivo central, se tarda casi el doble de tiempo para lograr la erupción completa, la cual la hace susceptible a muchas más influencias ambientales, sean favorables o desfavorables”. (Dewell, 1949)*

Dos años más tarde, Dewel (1949) planteaba que en varias ocasiones los caninos impactados por palatino aparecen con más frecuencia en arcadas con espacio suficiente para su erupción por lo que no solo debían ser provocados por apiñamiento a perímetros de arco reducidos, además mostró la presencia de mayor frecuencia de esta alteración en mujeres que en hombres, atribuyéndola a la pequeña anatomía facial femenina. (Dewell, 1949)

El desarrollo de canino superior es más lenta que la del canino inferior. Este estudio también fue apoyada por Schour y Massler que informó de que los dientes inferiores

tienden a aparecer antes que los dientes superiores. Adicionalmente, también encontraron que los dientes tienden a entrar en erupción a principios de mujeres que en hombres. (Schour y Massler, 1941)

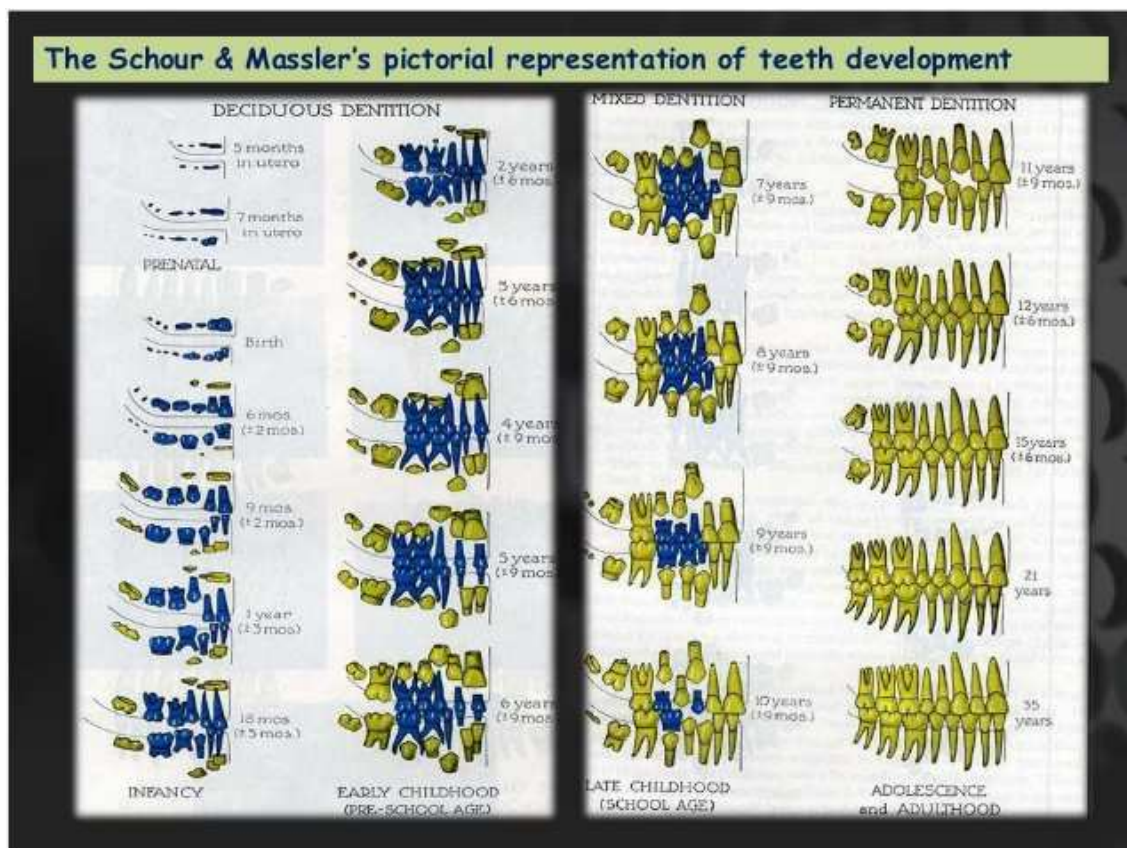


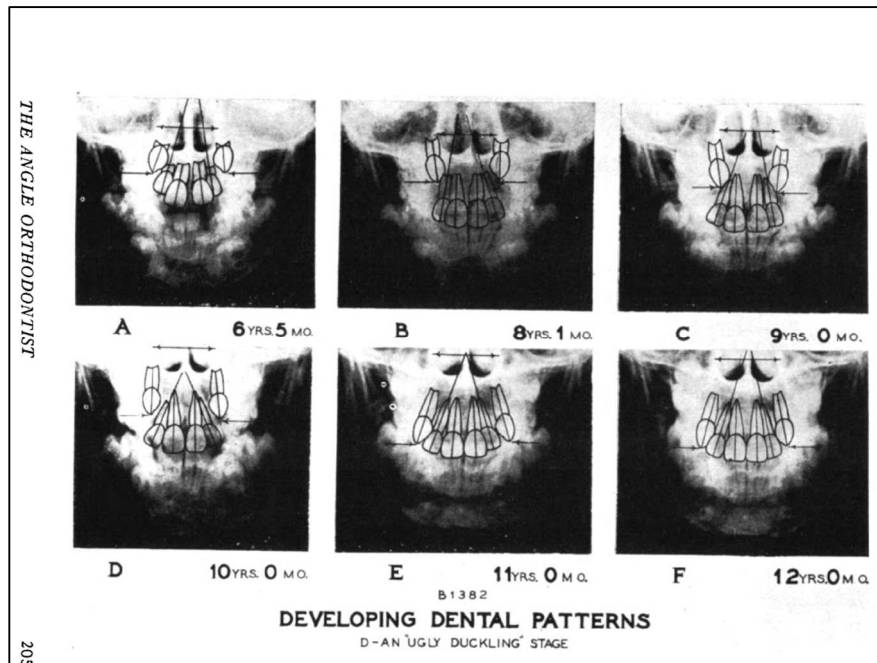
Figura 2.1.- Desarrollo de la dentición humana. (Schour y Massler, 1941)

#### 2.4.2. AÑOS 1950-1980

Desde los años cincuenta, el interés sobre el manejo clínico de esta situación en particular tomó mucha más atención, ya que se encontró que el CDHLM, además de ser uno de los dientes más reportados, su etiología no se debía a una sola razón (Weiss y cols., 1953; Simms, 1977). Por ejemplo, Ericson y Kurol (1987) observaron que estudios como el de

Hitchin (1956), mostraban reabsorción del mismo en el 6% de los niños con CDHLM y Howard (1972) lo reportaban en el 13.5% de los pacientes (Ericson y Kurol, 1987). Es así como Simms (1977) ya describía que la literatura informaba sobre la etiología del CDHLM como una mezcla de factores sistémicos y factores locales relacionados con el crecimiento insuficiente del maxilar, además de otros factores que interferirían con el crecimiento adelantado y movimiento dental causando erupción retardada (Simms, 1977).

Así, Dewel (1945) lo atribuyó sólo a características de densidad ósea, mucosa palatina y características eruptivas (Dewell, 1949) pero Weiss y cols. (1953) ya apuntaban otros factores, ya no solamente etiológicos sino más contribuyentes, tales como crecimiento retardado y desarrollo, erupción arrítmica e interferencias mecánicas, además de otros factores como “ausencia de ancho intercuspídeo”, “germen dental malposicionado”, “anquilosis”, “dientes supernumerarios” y “raíces curvas” (Weiss y cols., 1953). Newcomb (1959) ya reconoce en el estadio de desarrollo de “patito feo” (Ugly Duckling) la presencia del CDHLM (Newcomb, 1959). Dicho estadio aparece por primera vez en el artículo “The face of normal child” de Broadbent (1937), 4 años más tarde le daría una explicación más amplia. (Broadbent, 1937 y 1941)



**Figura 2.2.- Estadío de desarrollo de “patito feo” (Ugly Duckling).**

Bishara (1976) propuso causas generalizadas como deficiencias endocrinas, enfermedades febriles e irradiación, entre otros. Por otro lado, Shafer (1969) sugirió que el no tratamiento de esta anómala situación clínica puede desencadenar la siguiente secuela, asociada con la impactación del canino:

- a) Malposición vestibular o palatina del diente impactado,
- b) Migración del diente vecino y consecuente pérdida de la longitud del arco,
- c) Reabsorción interna,
- d) Formación quística dentígena,
- e) Reabsorción radicular externa tanto del diente impactado como del diente vecino,
- f) Infección asociada con erupción parcial,
- g) Dolor referido y,
- h) Combinación de las anteriores. (Bishara, 1998)



### 2.4.3. AÑOS 1980-2012

Hasta comienzos de los años ochenta, se pensaba que no existía un solo factor etiológico sino varios factores que predisponen a la aparición de la impactación de los caninos superiores. Ya se reconocían varios aspectos a tener en cuenta como la discrepancia en la longitud de arco, la vía de erupción del canino permanente y las deficiencias de espacio para los casos de impactación vestibular (McSherry, 1998; Litsas y Acar, 2011), hecho que cambia la investigación sobre etiología.

Así, factores como la ausencia del incisivo maxilar lateral, la variación en su tamaño radicular y la variación en su formación radicular han estado implicados como importantes factores causales asociados con la impactación palatina del canino, mientras las deficiencias de espacio sí han estado implicadas en la impactación vestibular (Bishara, 1998). Por ejemplo, los estudios de Miller (1963) y Bass (1967), quienes informaron que el CDHLM está generalmente acompañado por agenesia de laterales permanentes, y Jacoby (1983) observó que el 85% de los pacientes que presentaron impactación palatina demostraron espacio adecuado en el arco superior.

Los factores etiológicos del CDHLM se suele repetir con similares referencias:

Moyers: “El canino superior sigue una trayectoria de erupción más dificultosa y tortuosa que cualquier otro diente. A los 3 años, se encuentra alto en el hueso maxilar, con su corona orientada hacia mesial y algo a lingual. Se dirige hacia el plano oclusal, se endereza gradualmente hasta que parece que se da con la parte distal de la raíz del incisivo lateral. Luego parece que se desvía a una posición más vertical. Sin embargo, suele erupcionar en la cavidad oral con una inclinación marcada a mesial. (Jacoby, 1983; Weiss y cols., 1953).

A partir de estas investigaciones surgen dos teorías etiológicas que describen el origen del CDHLM que en muchas ocasiones acaba impactado.

La primera de ellas se denominó “teoría de la guía” (guidance theory) que comenzó con Becker y cols. (1984), quienes encontraron en 70 caninos desplazados palatinamente que los “incisivos laterales en forma de tornillo” (Peg-shaped small incisors) y laterales ausentes presentaron mayor incidencia de CDHLM (Becker y cols., 1984; Sajnani y King, 2012). Por ello, varios autores propusieron la hipótesis que el CDHLM, en su etapa de desarrollo, se origina apical, distal y palatinamente a su posición final en la arcada. Gracias a la erupción correcta del incisivo lateral, su superficie distal suministra una “guía” para la alineación en el arco. Pero, en la ausencia del lateral, o de un tamaño disminuido de su volumen, el canino continuará su patrón palatinamente y hacia mesial, siguiendo el patrón de menor resistencia (McSherry, 1998; Litsas y Acar, 2011; Rutledge, 2010; Becker y cols., 1984 ; Sajnani y King, 2012) pudiendo acabar impactado contra la cortical palatina del maxilar superior ó contra la raíz del incisivo lateral adyacente.

El doctor Adrian Becker, uno de los fundadores de esta teoría, propone que la teoría de guía se divide en cinco partes para toma de decisiones clínicas:

- 1) Erupción normal, en la cual el lateral provee una guía adecuada para la erupción
- 2) Impactación en primer grado, en el cual el lateral, que es anómalo en forma y/o atrasado en desarrollo, no ofrece guía para la erupción del canino, previniendo erupción en una dirección vertical y contribuyendo a la impactación mesial/palatina
- 3) Impactación en primer grado con corrección secundaria, en la cual la impactación es

naturalmente corregida

4) Impactación en segundo grado, en la cual la colocación del lateral anómalo de desarrollo tardío o la presencia de un canino deciduo sobrerretenido, durante un periodo de tiempo, previene la corrección del movimiento,

5) Impactación en segundo grado con corrección secundaria, en la cual la extracción del canino deciduo sobrerretenido o del lateral anómalo abre el espacio para la erupción del canino (Rutledge, 2010).

Ante esto, Becker y cols. (1981) establecieron que para lograr dicho espacio no es estrictamente necesario la extracción del antecesor, pues también puede lograrse de manera ortodóncica distalizando los dientes, y/o aprovechando los espacios entre otros dientes (Becker y cols., 1981).

La segunda teoría que intenta explicar la etiología de la impactación del canino palatino (CMI-P) la propone los doctores Sheldon y Leena Peck, la cual denominaron “teoría genética” (genetic Theory).

Esta teoría sugiere que el desplazamiento palatino del canino ocurre raramente como un síntoma aislado, pero este es generalmente acompañado por anomalías dentales genéticas tales como hipoplasia y/o agenesias de incisivos laterales maxilares (McSherry, 1998; Langberg y Peck, 2000; Litsas y Acar, 2011; Rutledge, 2010; Sajjani y King, 2012; Peck y cols., 1994 y 1996).

Esta anomalía se suscribe con otras dentales complejas determinadas genéticamente desde las fases de desarrollo en la fase dental o la lámina dental. Peck (1994) sugiere, no solo las anomalías unilaterales de CMI-P, sino que:

*“(...) datos relacionados con la ocurrencia bilateral del CMI-P son realmente oscuras por*

*la falla de estudios para distinguir impactaciones palatinas de otros tipos (...) las tasas de prevalencia de bilateralismo para anomalías dentales específicas bajo control genético aparecen similarmente a aquellos de CMI-P, dando soporte a un origen genético de CMI-P comparable con estas etiologías (...) la mayoría de ortodoncistas pueden tratar CMI-P de pacientes quienes han tenido otros miembros de la familia con la misma anomalía. Esta observación se encuentra ocasionalmente en artículos clínicos sobre el diagnóstico y tratamiento ortodóncico de CMI-P” (Peck y cols.,1994)*

Varios autores sugieren que el CDHLM y CMI está asociado con estas anomalías dentales: agenesia de Incisivos laterales y “Peg-shaped”, agenesia de segundos premolares, infraoclusión de primeros molares, reducciones generalizadas de tamaño coronal de dientes superiores, hipoplasia de esmalte y agenesia del tercer molar. (Rutledge, 2010)

En 1995, se presentó un debate entre Becker y Peck sobre los argumentos de defensa de la teoría de guías y la teoría genética. Becker sugiere que la evidencia presentada por Peck en uno de sus artículos (1994), es inapropiada, ya que no es específica para demostrar su relación con el origen genético. Becker sostiene, en primer lugar, que los desplazamientos vestibular y palatino no son como tal, fenómenos distintos, y el argumento de Peck es selectivo, ya que mientras el desplazamiento vestibular es producto de apiñamiento entre el lateral y el primer premolar, el desplazamiento palatino no es una anomalía posicional, lo cual no es generalizable. Por otra parte, al relacionar la presencia de otras anomalías dentales con CIM-P, Becker enmarca que pueden presentarse dos posibilidades: la existencia de que estas anomalías genéticamente determinadas hayan traído una alteración generada ambientalmente en el patrón de erupción del canino, como

la teoría de guía lo postula, u otra posibilidad donde el patrón de CMI sea genéticamente determinado (Becker, 1995).

Becker aclara que si cabe la posibilidad de factores hereditarios en la formación de ciertos dientes, pero es infundado comparar una anomalía de posición ectópica, como es la transposición de canino-premolar, con relación a un diente en posición normal pero con defectos de desplazamiento coronal, como es el CMI, lo cual es un “área gris” del conocimiento.

Lo que sí está claro en los dos autores es que las teorías pueden responder algunas preguntas, pero todavía hay mucho en el “área gris” de la etiología. (Arellano y cols., 2013)

Litsas y Acar (2011) lo resumieron en la siguiente tabla.

Guidance Theory	Genetic Theory
Jacoby H. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1983; 84: 125-132.  <i>85 per cent of impacted canines located palatal because of maxillary excess space.</i>	Peck L <i>et al.</i> Angle Orthod 1994; 64(4): 249-56.  <i>The PDC appears to be a product of polygenic, multifactorial inheritance because of concomitant occurrence with other dental anomalies, sex and populations differences, site specificity and familial tendency.</i>
Brin I <i>et al.</i> Eur J Orthod 1986; 8: 12-16.  <i>There is a direct cause and effect relationship between the peg shape or missing laterals and PDCs.</i>	Peck S <i>et al.</i> Angle Orthod 1996; 66: 473-76.  <i>In PDCs subjects, the rate for associated third molar agenesis is twice the normal rate, while lateral incisor agenesis was slightly above of no statistical significance. Site-specificity tooth agenesis associated with PDCs.</i>
Zilberman Y <i>et al.</i> Eur J Orthod 1990; 12: 135-39.  <i>PDCs occur in families including small and late developed lateral incisors.</i>	Pirinen S <i>et al.</i> J Dent Res 1996; 75: 1742-46.  <i>Increased prevalence of PDCs and congenital missing permanent teeth in the family group. The PDCs belong to the spectrum of dental abnormalities related to hypodontia.</i>
Stellzig A <i>et al.</i> Fortschr Kieferorthop 1994; 55: 97-103.  <i>In 35% of the cases there is a correlation between peg shaped laterals and PDCs.</i>	Baccetti T. Angle Orthod 1998; 68: 267-74.  <i>Significant associations were found among i) aplasia of second premolars ii) small size of maxillary lateral incisors iii) infraocclusion of primary molars and iv) PDCs, suggesting a common genetic origin for these conditions.</i>
Mossey PA <i>et al.</i> Br J Orthod 1994; 21: 169-74.  <i>There is a weak relationship between peg shape or missing laterals and PDCs.</i>	Shapira J <i>et al.</i> Angle Orthod 2000; 70: 290-6.  <i>High prevalence of third molar agenesis, canine impaction and maxillary canine/first premolar transposition.</i>
Becker A <i>et al.</i> Clin Orthod Res 1999; 2: 62-6.  <i>PDCs is not under genetic control but local environmental factors involved in their impaction</i>	Peck S <i>et al.</i> Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002; 122: 657-60.  <i>Transcription factors such as MSX1 and PAX9, which have been associated with agenesis of molars, might be involved in the genetic control of PDCs.</i>
Becker A and Chaushu S. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000; 117: 657-62  <i>Delayed dental development is another cause of PDCs.</i>	Leifert S, Jonas IE. J Orofac Orthop 2003; 64: 108-120.  <i>The PDCs is significantly higher in patients with peg shape or congenital aplasia of upper lateral incisors, impacted and congenitally missing teeth and deep bite.</i>
Becker A <i>et al.</i> Eur J Orthod 2002; 24: 313-18.  <i>There is a dimensional reduction in the maxillary teeth of patients with PDCs.</i>	Sacerdoti R and Baccetti T. Angle Orthod 2004; 74: 725-32.  <i>Unilateral PDC was associated with aplasia of upper lateral incisors, whereas bilateral PDC was associated with aplasia of third molars. Increased prevalence in deep bite cases</i>
Chaushu S <i>et al.</i> Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003; 124:144-50.  <i>Environmental factors involved in the impaction of maxillary central</i>	Shalish M <i>et al.</i> Angle Orthod 2010; 80: 440-5.  <i>Statistically significant associations were observed between the presence of infraocclusion and the occurrence of tooth agenesis, microdontia of maxillary lateral incisors, PDC, and distal angulation of second mandibular molars.</i>

**Tabla 1.- Diferencias y artículos relacionadas con la teoría de la guía y la teoría genética. Litsas y Acar (2011).**

## 2.5. Los años de la dentición mixta

### 2.5.1. Secuencia y cronología de la erupción: edad dental

La edad dental se determina basándose en 3 parámetros. El primero es el de los dientes que han erupcionado. El segundo y el tercero, que están estrechamente relacionados, son el grado de reabsorción de las raíces de los dientes primarios y el grado de desarrollo de los permanentes.

Cronología del desarrollo dental, dentición permanente								
Diente	COMIENZA LA CALCIFICACIÓN		SE COMPLETAN LAS CORONAS		ERUPCIÓN		SE COMPLETAN LAS RAÍCES	
	Maxilar	Mandibular	Maxilar	Mandibular	Maxilar	Mandibular	Maxilar	Mandibular
Central	3 meses	3 meses	4½ años	3½ años	7¼ años	6¼ años	10½ años	9½ años
Lateral	11 meses	3 meses	5½ años	4 años	8¼ años	7½ años	11 años	10 años
Canino	4 meses	4 meses	6 años	5¼ años	11½ años	10½ años	13½ años	12¼ años
1.º premolar	20 meses	22 meses	7 años	6¾ años	10¼ años	10½ años	13½ años	13½ años
2.º premolar	27 meses	28 meses	7¾ años	7½ años	11 años	11¼ años	14½ años	15 años
1.º molar	32 sem. intraútero	32 sem. intraútero	4¼ años	3¾ años	6¼ años	6 años	10½ años	10½ años
2.º molar	27 meses	27 meses	7¾ años	7½ años	12½ años	12 años	15¾ años	16 años
3.º molar	8 años	9 años	14 años	14 años	20 años	20 años	22 años	22 años

**Tabla 2.- Cronología del desarrollo dental, dentición permanente. Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. (2008). Ortodoncia Contemporánea. 4ª Edición. Elsevier España S.L, Barcelona, España.**

Por ejemplo, un retraso en la erupción de los caninos superiores hasta la edad de 14 años está dentro de las variaciones normales, siempre que también se demore la erupción de los segundos premolares, sin embargo, si los segundos premolares han erupcionado a los 12 años y los caninos no, es probable que exista alguna alteración.

### **2.5.2 Sobrerretención de los dientes primarios**

Un diente permanente debe reemplazar a su predecesor primario cuando se hayan formado aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de la raíz del diente permanente, con independencia de que la reabsorción de las raíces primarias haya alcanzado o no el momento para la exfoliación espontánea. Con tiempo suficiente, el diente primario se exfoliará, pero es necesario extraer todo diente primario que permanezca más allá de este momento debido a que suele producir inflamación e hiperplasia gingivales, acompañada del dolor y sangrado, y favorece la erupción desviada de los dientes permanentes, lo que puede dar lugar a irregularidades, apiñamiento y mordida cruzada. SI se puede ver parte de la corona del diente permanente y la corona del diente primario se mueve 1 mm en sentido vestibular y lingual, probablemente convenga animar al niño a que mueva el diente hasta desprenderlo. Si no lo consigue en algunos días, está indicada la extracción.

Una vez se desprende del diente primario, y si hay espacio suficiente, la posición vestibular o lingual suele corregirse gracias al equilibrio entre las fuerzas de los labios, las mejillas y la lengua.



## **OBJETIVOS**



### **3. OBJETIVOS**

Los objetivos de este estudio son:

#### **OBJETIVO GENERAL**

1. Determinar si el tratamiento interceptivo es eficaz en la erupción a término, es decir hasta su oclusión con los dientes antagonistas mandibulares, del CDHLM.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2. Determinar cuales son las variables más representativas a la hora de valorar la predicción de la impactación del CDHLM.
3. Encontrar un “patrón de alta probabilidad (>85 %) de no necesitar una fenestración final” para acabar el tratamiento.
4. Encontrar un “patrón de baja probabilidad (<50 %) de no necesitar una fenestración final” para acabar el tratamiento.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**



## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se llevo a cabo un estudio clínico retrospectivo, comparativo en una clínica privada de Ortodoncia de Valencia.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universidad de Valencia con el número de expediente H1462653247069, tal y como apreciamos en el **Anexo 1** donde se adjunta el informe.

Todos los pacientes fueron informados por escrito de los objetivos y de la metodología del estudio (**Anexo 2**) y se les facilitó un Compromiso de Confidencialidad de sus datos por parte del investigador principal (**Anexo 3**) y por último, se les solicitó que firmaran un Consentimiento Informado (**Anexo 4**).

La revisión bibliográfica se ha hecho en Pubmed, Scopus, Cochrane y Embase con las palabras clave: “impacted canines” “palatal displaced canine” “midline deviated canine” “canine erupción”.

### **4.1. Muestra**

Se han analizado 78 ortopantomografías de pacientes con patología asociada a la inclusión de caninos permanentes, con edades de inicio del tratamiento interceptivo comprendidas entre los 6 y los 13 años, de los cuales 57 son niñas y 21 son niños.

En todos los casos se disponía de una ortopantomografía al inicio del tratamiento y otra de la situación final en la que se evidenciaba que el canino había hecho erupción, independientemente de que hubiese necesitado o no de una fenestración.

## 4.2. Criterio de selección

los criterios de inclusión de este estudio fueron:

- Pacientes con una Angulación del Canino Superior Permanente (CSP) superior a la norma, es decir mayor de 100° (Fernández y cols., 1998). Esta medida corresponde a la etiqueta INC 13 INC 23 en la Tabla 1 y figura 4.3, 4.4 y 4.6.
- Los pacientes que habían acudido a la clínica entre los años 2000 a 2010.

<i>Age (years)</i>	<i>N</i>	<i>Mean (°)</i>	<i>SD (°)</i>	<i>Max. (°)</i>	<i>Min. (°)</i>
4	64	91	5	109	78
5	60	91	5	113	82
6	80	93	5	110	81
7	86	97	6	114	85
8	68	98	6	115	87
9	64	99	7	120	85
10	64	95	7	115	81
11	37	91	6	106	76
12	31	91	5	105	80

The ANOVA test shows that the difference among the means is significant ( $p < 0.0001$ ).

**Tabla 3.- Inclinación del canino a cada edad. (Fernández y cols., 1998)**

Basándonos en la evolución de la erupción natural de CSP según Fernández y cols., 1998 podemos concretar que nuestra muestra presenta valores de posición de los CSP con una mayor inclinación y, por tanto, de mayor riesgo de impactación. De hecho, los “valores iniciales” de nuestra muestra presentan valores muy similares a los “valores máximos”



### **4.3. Tratamiento interceptivo**

#### **4.3.1. Duración**

La información del tratamiento interceptivo fue facilitada por la historia clínica.

La comparación de resultados se hace con una ortopantomografía posterior.

De este modo se acredita que el canino ha llegado a su posición correcta en ese momento.

#### **4.3.2. Objetivo**

Favorecer la normalización de la inclinación aumentada del CSP, bien mediante la extracción de caninos temporales bien mediante aparatología para distalar y desrotar molares o hacer expansión para aumentar la longitud de arcada. De esta forma mejoramos las condiciones eruptivas de los CSP.

Basándonos en la evolución de la erupción natural de CSP según Fernández y cols., 1998 podemos concretar que nuestra muestra presenta valores de posición de los CSP con una mayor inclinación y, por tanto, de mayor riesgo de impactación. De hecho, los “valores iniciales” de nuestra muestra presentan valores muy similares a los “valores máximos” de la norma según Fernández y cols., 1998.

Este artículo de Fernández y cols se basó en 305 pacientes y 504 CSP de la misma clínica dental que los nuestros pero sin haber sido tratados.

#### **4.3.3. Mediciones**

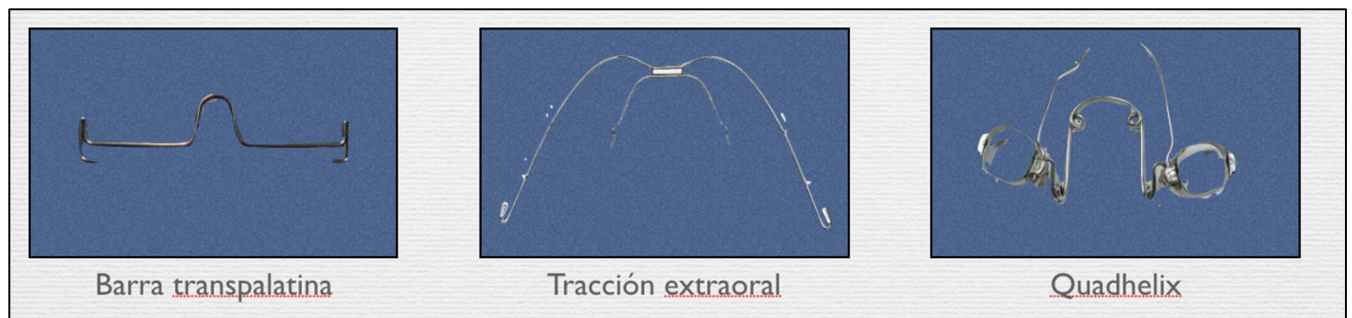
Se empleó un programa de análisis de imagen (Osirix): medición del Angulo con herramienta "Angulo" del programa Osirix 4. (Figura 4.4 y 4.6)

Las mediciones se hicieron sobre los CSP de las 2 ortopantomografías del paciente ( inicial y final)

Se midió la inclinación de los caninos superiores: ángulo externo entre la línea infraorbitaria y el eje del canino.

#### 4.3.4. Aparatología ortodóncica utilizada

Los 3 tipos de aparatología ortodóncica interceptiva utilizados fueron: barra transpalatina tipo Gosgharian (BG); Quad Helix (QLX); Tracción extraoral (TEX) tal y como apreciamos en la figura.



**Figura 4.1.- Aparatos ortodóncicos empleados en el estudio.**

#### 4.4. Variables del tratamiento y método de medida

De cada paciente se recogieron las variables que se indican en la tabla 4 y que se ilustran en las Figuras 4.2 a 4.7. Las variables numéricas se consideraron con su valor medido, pero las variables no numéricas o categóricas se les asignó valoración numérica para permitir su representación en el SOM. Se valoraron las 2 ortopantomografías del paciente (inicial y final) y se midió la inclinación de los caninos superiores: ángulo externo entre la línea

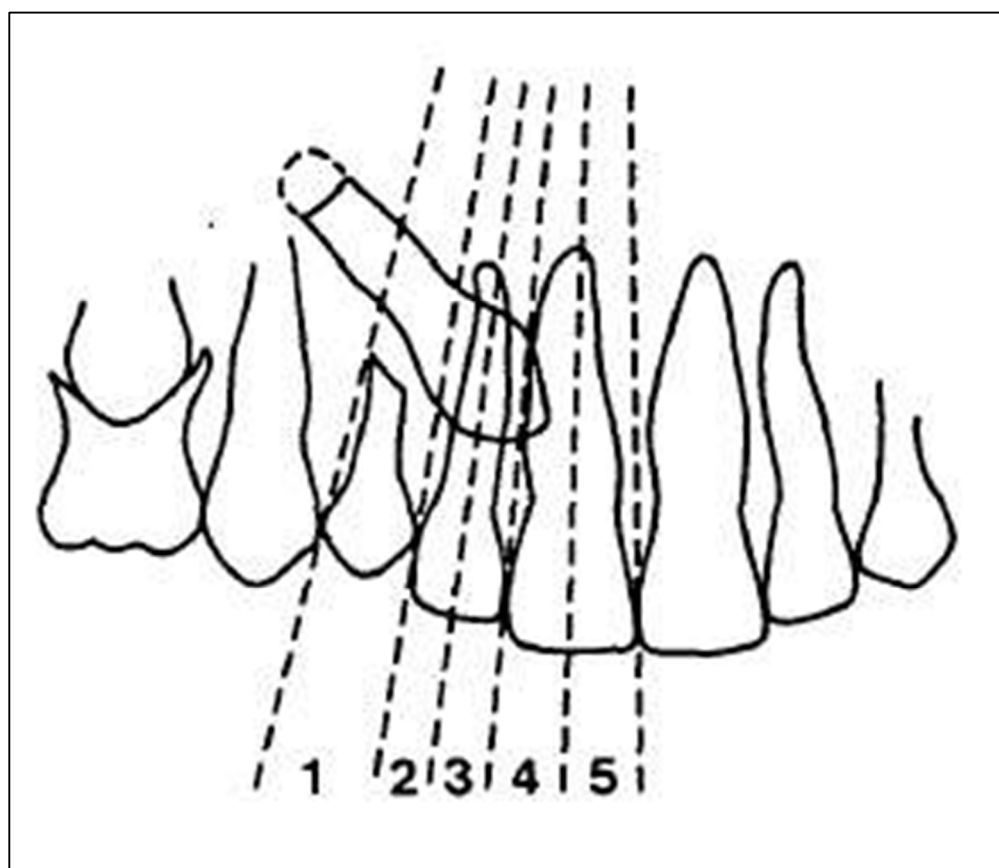
infraorbitaria y el eje del canino. Para ello se empleó un programa de análisis de imagen (Osirix 4): medición del Angulo con herramienta "Angulo" del programa Osirix 4.

Variable	Descripción	Valoración
SEX	Mujer / Hombre	0=mujer, 1=hombre
INITIAL AGE	Edad inicial del tratamiento	Edad decimal (años)
SECTOR 13 SECTOR 23	Ubicación de la corona del canino derecho (13) o izquierdo (23) entre la línea media y la línea de contacto entre el 1° PM y el canino temporal (Fig.4.3)	1 a 5
21+12 FAN	Incisivos laterales abanicados desde el ápice (Fig.4.6 y 4.7). Esta variable puede influir en el sector en el que se consideraba que está la corona del canino SECTOR 13/23	0=no, 1 =sí
AGENESIA 12/22	Ausencia incisivos laterales	0=no, 1= sí
LATERAL_MICROD	Microdoncia de Incisivo lateral	0=no, 1=sí
EDAD ON	Edad de inicio del 1° tratamiento	Edad decimal (años)
EDAD OUT	Edad final de 1 o varios tratamientos	Edad decimal (años)
TIME	Duración del tratamiento completo contando exclusivamente los tiempos en que se ha llevado el tratamiento	Edad decimal (meses)
DURACION BG, DURACION QLX DURACION TEX	Duración del tratamiento interceptivo correspondiente	Edad decimal (meses) Se ha etiquetado con el valor 0 si el paciente no ha tenido este

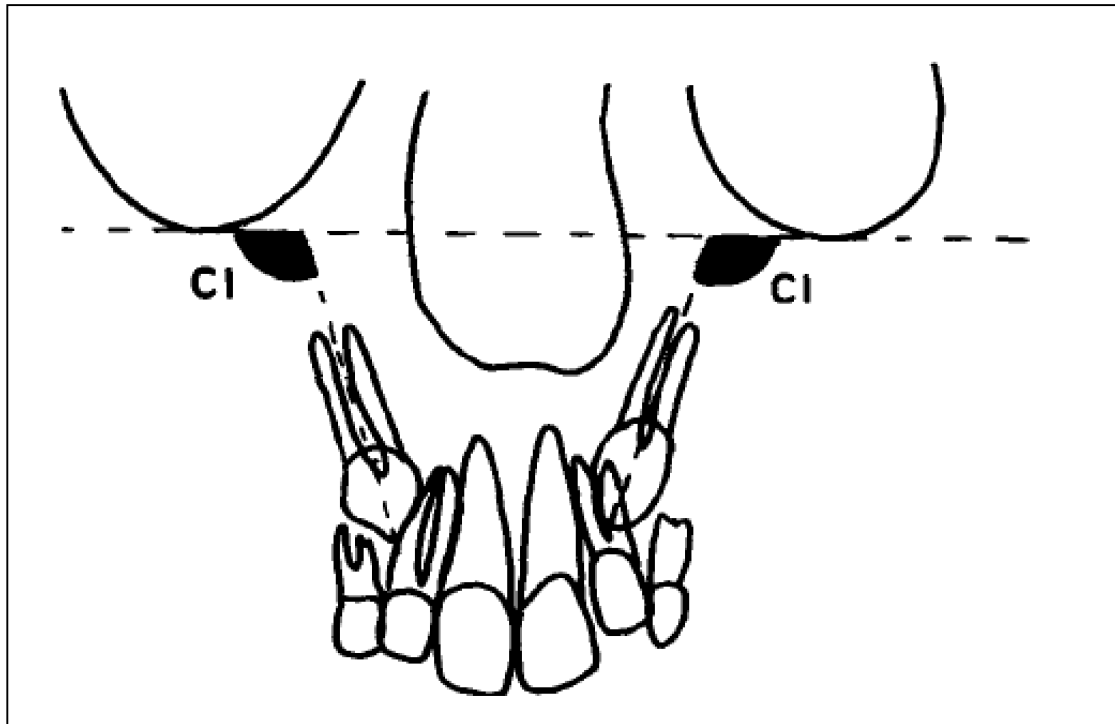
		tratamiento)
UNI/BI	Impactación de los dos caninos o sólo uno de ellos	0=bilateral, 1=unilateral
DLI	Desarrollo incisivo lateral	0=agenesia, 1= incompleto, 2 = completo
POSITION 13 POSITION 23	Ubicación del canino derecho e izquierdo, entre vestibular y palatino	0= vestibular, 1= normal o medial; 2 = palatino
EXFOL C+ EXFOL +C	Extracción del canino de leche	0=no, 1=si
AGE ORTO 1	Edad en la 1º ortopantomografía	Edad decimal (años)
INC 13 INC 23	Ángulo externo formado por un plano tangente a las escotaduras suborbitarias y el eje longitudinal de los caninos superiores permanentes. (Fig. 4.4 y 4.5)	En grados
NOLLA	Grado o nivel de formación del diente (Fig. 4.8)	Escala del 1 al 10
AGE ORTO FINAL	Edad en la última ortopantomografía	En años
TOOTH LENGHT	Desarrollo del incisivo lateral 12/22	0=agenesia, 1=microdoncia, 2= diente completo
TREATMENT DURATION	Tiempo de tratamiento	Edad decimal (años)

**Tabla 4.- Nombre de las variables utilizadas en el estudio con su significado odontológico y su valoración a efectos de su representación en el SOM.**

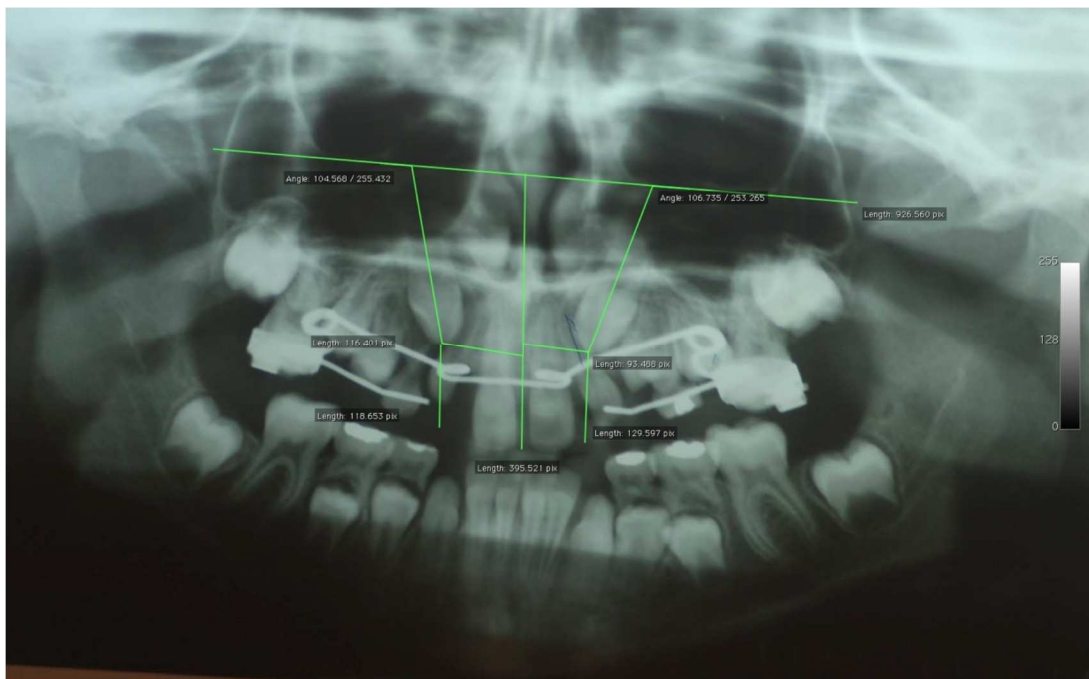
Las figuras vienen representadas a continuación:



**Figura 4.2.- Sector del canino. (Tomada de Ericson y Kurol, 1988. Esquema de sector donde se encuentra el canino).**

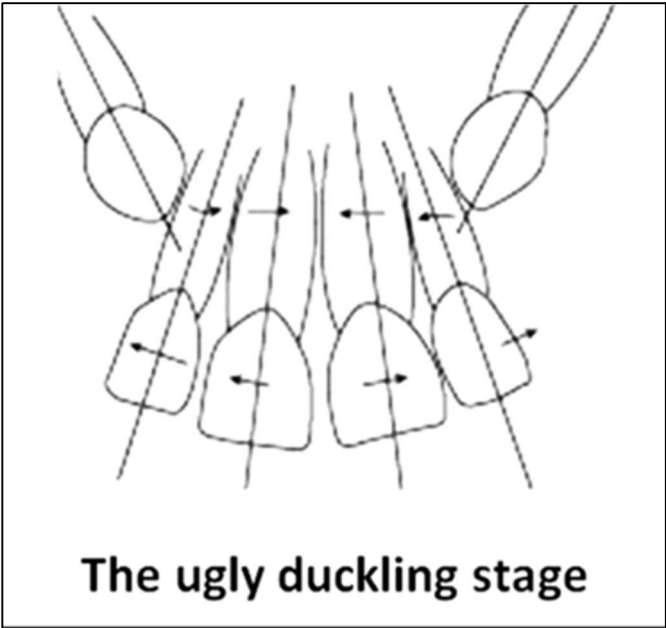


**Figura 4.3.-** Medición de la angulaciones de los caninos (Fernández y cols., 1998)

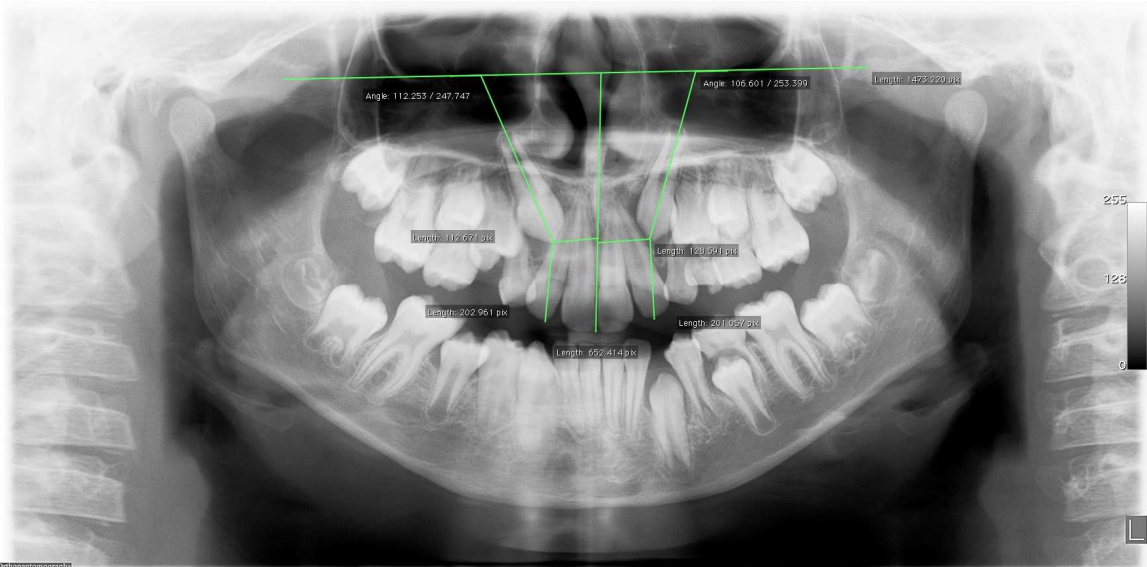


**Figura 4.4.-** Medición de la angulaciones de los caninos

Este criterio de selección es significativo para diagnosticar caninos impactados hacia línea media basándose también en numerosas variables atendiendo a la bibliografía. En esto trabajo se van a analizar 16 variables a la vez y plasmar la relación entre ellas. Los datos se recogieron y se introdujeron en una tabla de Excel y se analizaron con el programa estadístico SPSS.



**Figura 4.5.- The ugly duckling stage. Becker y Chaushu. (2015)**



**Figura 4.6.- Incisivos abanicados (ugly ducking)**

## Estadio Nolla

En su artículo "The development of permanent teeth" de 1960, Nolla C estableció unos estadios de desarrollo dental:

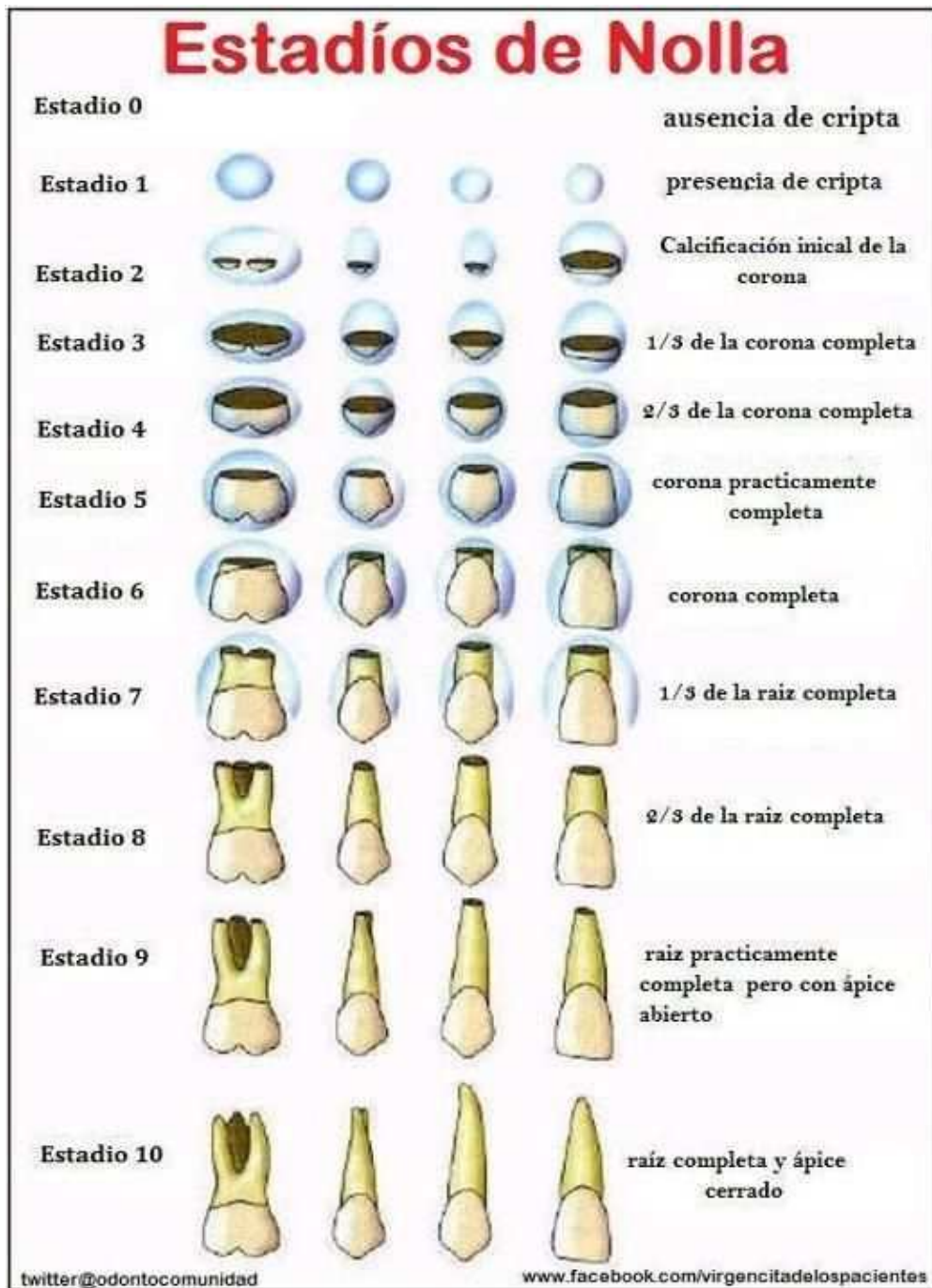


Figura 4.7.- Estadios de Nolla. (Nolla, 1960)



#### 4.5 Métodos Estadísticos

En este trabajo se van a analizar 16 variables relacionadas, según la bibliografía consultada, con la impactación de los caninos permanentes.

Los datos se recogieron y se introdujeron en una tabla de Excel, para posteriormente introducirlos tanto en el software estadístico SPSS v22, para el estudio de las variables, como en los software específicos de obtención del SOM y de los métodos de análisis de datos para ayuda al diagnóstico (regresión logística, maquina soporte vector, arboles de decisión y redes neuronales).

Se realizó un estudio de las variables numéricas continuas para valorar su distribución gaussiana o no utilizando el test de Kolmogrov-Smirnov para decidir el tipo de estadística a utilizar paramétrica o no paramétrica.

Para la representación de las distribuciones de las variables continuas se utilizó diagramas de barras y diagramas de cajas ya que son adecuadas para cualquier tipo de distribución. Además se utilizaron los mapas auto organizados (SOM) que permiten una valoración conjunta de las variables del estudio.

Para la comparación entre los valores de las variables en los dos grupos de estudio se utilizo el test de Mann-Withney ya que, como se comentará en resultados, prácticamente todas las variables continuas resultaron no gaussianas.

Para comprobar la asociación entre factores en las variables categóricas se utilizó tablas de contingencia con test de la Chi-cuadrado para determinar la significación estadística

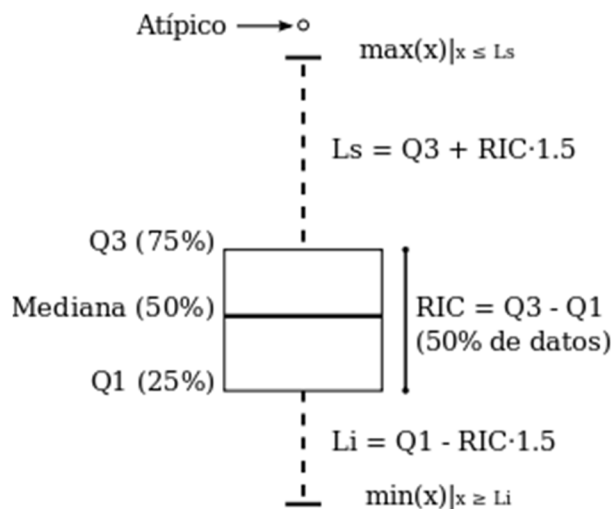
Para la comparación entre 3 grupos (estudio de la probabilidad de fenestración) se utilizó ANOVA con test de Scheffée para las comparaciones múltiples.

En todos los casos la prueba se consideró significativa para  $p < 0,05$ .

A continuación se comentan de forma breve algunos de los métodos estadísticos empleados en esta Tesis.

#### 4.5.1. Diagrama de cajas

El diagrama de caja, también conocido como diagrama de caja y bigotes, es un gráfico que está basado en cuartiles y mediante el cual se visualiza la distribución de un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", y dos brazos, los "bigotes". La figura 4.8 muestra el significado estadístico de cada una de las partes del diagrama.



**Figura 4.8.- Esquema de la significación de cada uno de los elementos que aparecen en el diagrama de cajas**

Este tipo de representación resulta de interés ya que:

- Proporciona una visión general de la simetría de la distribución de los datos; si la mediana no está en el centro del rectángulo, la distribución no es simétrica.
- Son útiles para ver la presencia de valores atípicos también llamados outliers.
- Permite ver como es la dispersión de los puntos con la mediana, los percentiles 25 y 75 y los valores máximos y mínimos.

- Ponen en una sola dimensión los datos de un histograma, facilitando así el análisis de la información al detectar que el 50% de la población está en los límites de la cajas

#### **4.5.2. Mapas auto organizados**

Los Mapas auto organizados o Self Organizing Maps (SOM) son una de las herramientas de visualización mas populares hoy en día. Se trata de una Red neuronal artificial propuesta por Teuvo Kohonen (Borkowska y cols., 2014) y, desde entonces, se ha analizado y empleado ampliamente en una gran variedad de dominios, tales como el campo médico (Dekang y cols., 2016; Kumpula y cols., 2010) y de aplicaciones de ingeniería. (Higuera y cols., 2015; Kowalski y cols., 2013)

En contraste al SOM, las técnicas clásicas sólo se ocupan de las visualizaciones precisas de los conjuntos de datos enteros cuando el número de características requerido es igual o inferior a tres; para un mayor número de características para ser representado, sólo proyecciones en tres dimensiones se pueden llevar a cabo, el establecimiento de restricciones (tales como mantener ciertos conjuntos fijos de variables y que representa el resto) . Esta restricción lleva a una representación parcial de la información. Por otra parte, la mayoría de los conjuntos de datos reales están formadas por más de tres características, lo que hace difícil la representación gráfica. Para el tipo de representación que hará que sea posible encontrar y visualizar patrones en múltiples conjuntos de datos de dimensión, mapas auto-organizados (SOM) son especialmente recomendables

### **4.5.3. Sistemas de ayuda al diagnóstico**

En nuestro estudio queremos buscar un criterio diagnóstico que permita predecir la necesidad o no de realizar una fenestración tras un tratamiento interceptivo para conseguir la erupción del canino teniendo en cuenta las características de cada paciente.

Para determinar el mejor criterio diagnóstico se han empleado distintas herramientas estadísticas tanto lineales como no lineales. En el primer grupo está la regresión logística y en el segundo, en las no lineales, se ha analizado: los árboles de decisión, la máquinas de vector soporte (SMV) y las redes neuronales. En todos los casos para hacer el estudio se ha dividido la muestra en dos partes: Una parte ha sido utilizada para crear el test y la otra parte para la validación del mismo.

Antes de pasar a detallar las características específicas de estos métodos de análisis indicar que para determinar cual es el mejor método vamos a emplear la variable “área bajo la curva” (AUC: Área Under Curve en inglés) que se obtiene en una representación de la sensibilidad en función de (1-especificidad), del método de diagnóstico empleado y que se denomina habitualmente curva ROC.

#### **4.5.3.1 Área bajo la curva y curva ROC**

En la Teoría de detección de señales, una curva ROC (acrónimo de Receiver Operating Characteristic, o Característica Operativa del Receptor) es una representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad para un sistema clasificador binario según se varía el umbral de discriminación.

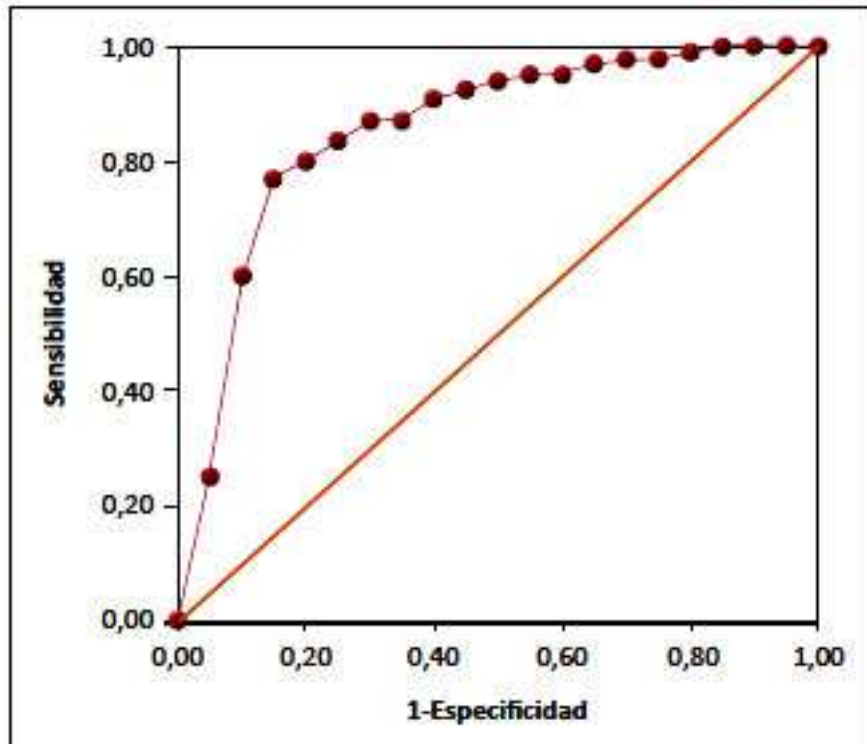
Otra interpretación de este gráfico es la representación de la razón o ratio de verdaderos positivos (VPR = Razón de Verdaderos Positivos) frente a la razón o ratio de falsos

positivos (FPR = Razón de Falsos Positivos) también según se varía el umbral de discriminación (valor a partir del cual decidimos que un caso es un positivo).

El análisis de la curva ROC, o simplemente análisis ROC, proporciona herramientas para seleccionar los modelos posiblemente óptimos y descartar modelos subóptimos independientemente de (y antes de especificar) el coste de la distribución de las dos clases sobre las que se decide.

La tabla de contingencia puede proporcionar varias medidas de evaluación. Para dibujar una curva ROC sólo son necesarias las razones de Verdaderos Positivos (VPR) y de falsos positivos (FPR). La VPR mide hasta qué punto un clasificador o prueba diagnóstica es capaz de detectar o clasificar los casos positivos correctamente, de entre todos los casos positivos disponibles durante la prueba. La FPR define cuántos resultados positivos son incorrectos de entre todos los casos negativos disponibles durante la prueba.

Un espacio ROC se define por FPR y VPR como ejes x e y respectivamente, y representa los intercambios entre verdaderos positivos y falsos positivos. Dado que VPR es equivalente a sensibilidad y FPR es igual a 1-especificidad, el gráfico ROC también es conocido como la representación de sensibilidad frente a (1-especificidad) (Figura 4.9). Cada resultado de predicción o instancia de la matriz de confusión representa un punto en el espacio ROC.



**Figura 4.9.- Gráfica ROC. Una mayor área bajo la curva (AUC) indica una mejor catalogación de los casos analizados. La bisectriz representa un sistema de diagnostico en el que los aciertos son debido al azar 50% de aciertos y de fallos.**

A modo de guía para interpretar las curvas ROC se han establecido los siguientes intervalos para los valores de AUC:

[0.5, 0.6): Test malo.

[0.6, 0.75): Test regular.

[0.75, 0.9): Test bueno.

[0.9, 0.97): Test muy bueno.

[0.97, 1): Test excelente.

El mejor criterio diagnóstico es aquél con alta sensibilidad y alta especificidad, por tanto con AUC cercanas a 1.

#### **4.5.3.2. Regresión logística**

La regresión logística es un tipo de análisis de regresión utilizado para predecir el resultado de una variable categórica (una variable que puede adoptar un número limitado de categorías, en nuestro caso la necesidad o no de una fenestración) en función de las variables independientes o predictoras, en nuestro caso el resto de variables del estudio. Es útil para determinar la probabilidad de que un evento suceda en función de otros factores. El análisis de regresión logística se enmarca en el conjunto de Modelos Lineales Generalizados (GLM por sus siglas en inglés). Las probabilidades que describen el posible resultado de un único ensayo se modelan, como una función de variables explicativas, utilizando una función logística y tiene la expresión:

$$p = 1/(1+e^{-(a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_k \cdot X_k)})$$

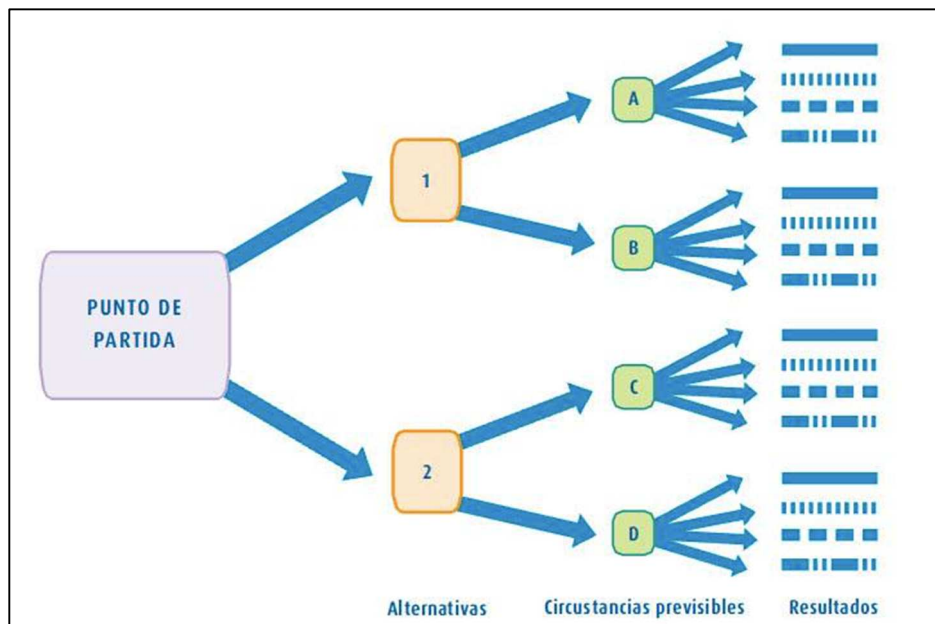
donde  $X_1$  a  $X_k$  representan las variables predictoras y los coeficientes  $a_1$  a  $a_k$  los coeficientes del ajuste que indican la importancia relativa de cada una de las variables predictoras.

La regresión logística es usada extensamente en las ciencias médicas y sociales.

#### **4.5.3.3. Árboles de Decisión**

Los árboles de decisión son métodos de clasificación que resultan pertinentes cuando las variables de entrada son categóricas, tal y como es nuestro caso (Breiman y cols., 1984) y *CHAID*, (Kass, 1980).

Los árboles de decisión dividen submuestras del espacio en dos o más nodos hijos comenzando con los datos completos. (Figura 4.10)



**Figura 4.10.- Esquema de un árbol de decisión en el que los pacientes pueden clasificarse en función del valor de las sucesivas variables consideradas.**

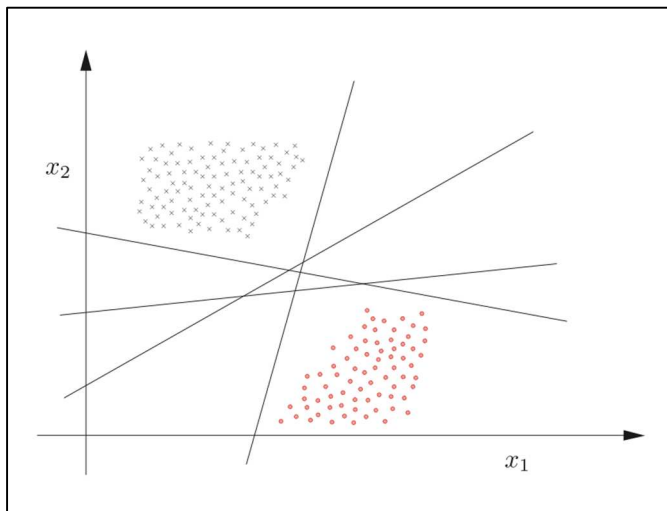
Para determinar la mejor división, se une cualquier par de categorías de las variables predictoras si no hay diferencias estadísticamente significativas entre el par con respecto a la variable de resultado (el criterio para analizar la significación está basado en la Chi-cuadrado). En todo caso, debe enfatizarse que se llevó a cabo un proceso de validación para garantizar la aplicación del modelo a nuevos datos. Esto consistente en dividir el conjunto de datos en subconjuntos, utilizando uno de ellos para obtener el modelo y evaluándolo en el restante. El proceso se repite un gran número de veces (validando en cada ocasión con uno de los subconjuntos) obteniéndose finalmente un modelo promediado que permite garantizar un adecuado comportamiento ante nuevos datos, ya que todos los datos disponibles se habrán utilizado en la fase de validación del modelo. El



modelo finalmente seleccionado es aquel que haya presentado un comportamiento más adecuado en esa fase de validación.

#### 4.5.3.4. Máquina de vector soporte (SMV)

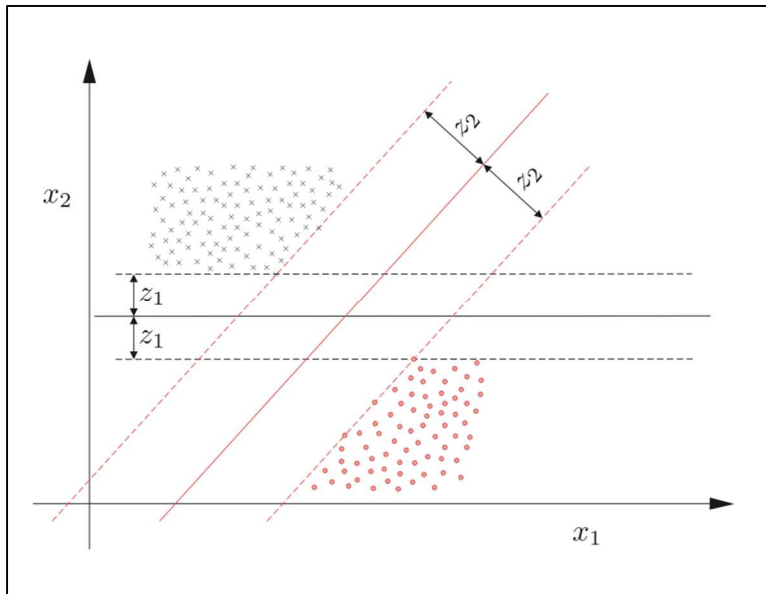
El punto de partida de estos modelos es considerar un problema de clasificación binaria (dos clases) y se supone que esas dos clases son *linealmente separables*; esto significa que, si se usan dos variables para definir los pacientes con una línea recta se podría separarlos (Figura 4.11).



**Figura 4.11.- Valores de las 2 variables que definen un problema supuesto y rectas de separación de los pacientes según esas variables**

De todas las líneas rectas las que interesan son aquellas que maximizan la distancia a los pacientes porque son las que mejor generalizarán (mejor respuesta darán ante casos no vistos). Si se escogen modelos cercanos a una determinada clase se corre el peligro que pacientes cercanos (parecidos) a esa clase y que pertenezcan a la otra los clasifiquemos

mal. Nuestro objetivo pues, es maximizar el margen o separación entre el modelo y las clases (Figura 4.12).

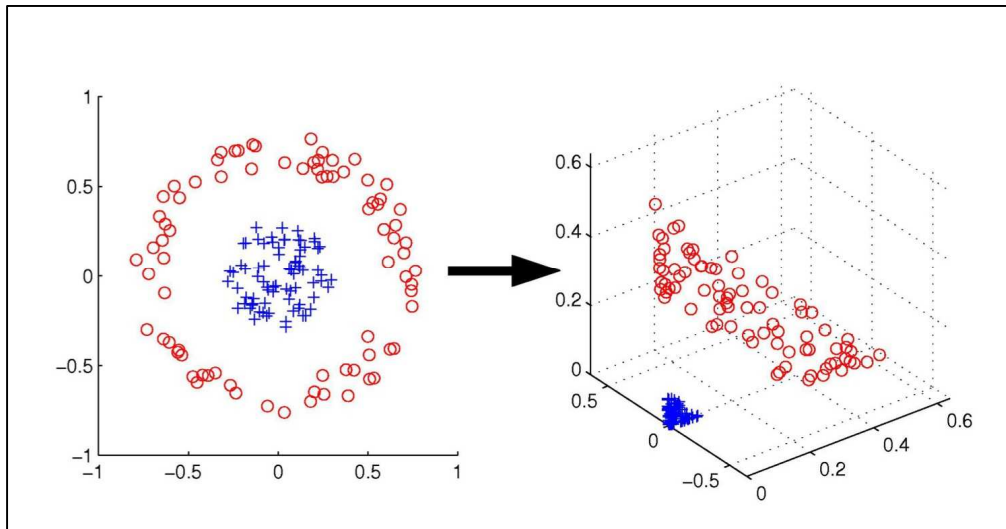


**Figura 4.12.- Rectas que magnifican la separación de los casos caracterizados por dos variables.**

Este problema se puede expresar matemáticamente como un problema de optimización con restricciones (Cristianini y cols, 2000; Haykin, 2009); se maximiza la distancia entre clases y las restricciones es que el clasificador funcione correctamente.

Si el problema no es linealmente separable, entonces se plantea transformar los datos de forma no lineal mediante una transformación conocida como *kernel* (de hecho, en la bibliografía se les conoce también a estos modelos como máquinas *kernel* (Haykin, 2009) de tal forma que, al aplicar dicha transformación, los datos pasan a ser linealmente separables. La transformación más usual (y la que se ha usado en esta tesis doctoral) es usar una *gaussiana* donde el centro y la varianza de dicha función se ha ajustado para

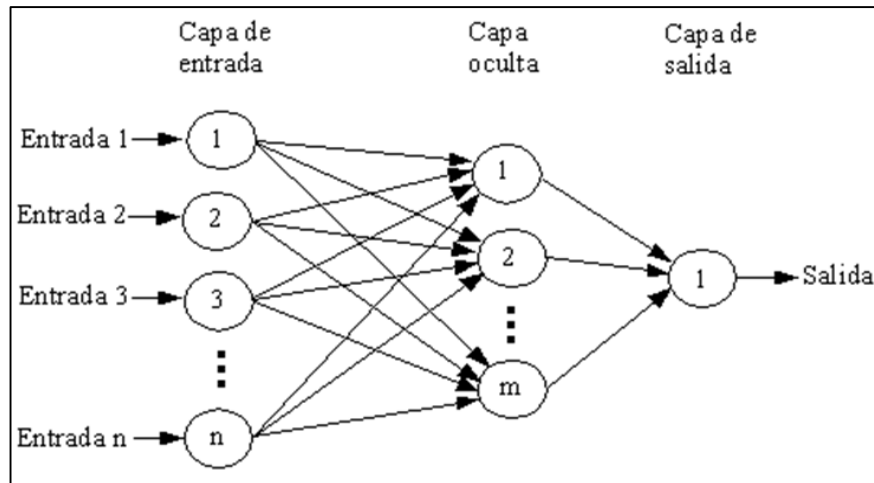
minimizar los errores cometidos en la clasificación. La figura 4.13 muestra esquemáticamente este proceso



**Figura 4.13.- Transformación de los datos para conseguir que los casos sean linealmente separables.**

#### **4.5.3.5. Redes neuronales (RNA)**

Las RNA son modelos matemáticos basados en las redes neuronales biológicas. Consiste habitualmente en diferentes capas de neuronas: la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida (Fig. 4.14).

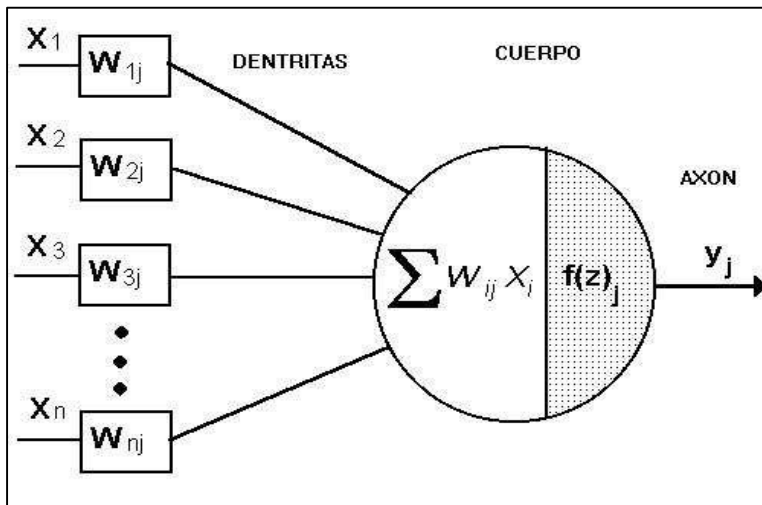


**Figura 4.14 : Esquema de una red neuronal.**

En este trabajo se han suministrado como entradas a la red, las variables recogidas de cada paciente e indicadas en el apartado anterior y se tiene una única neurona de salida, que está asociada a determinar si el paciente va a necesitar o no una fenestración para conseguir la erupción del canino.

No existe una norma general para el número de neuronas por capa oculta adecuado y lo mismo sucede con los parámetros que intervienen en el aprendizaje, de modo que todos estos valores han de ajustarse de un modo puramente heurístico, siendo necesario ensayar variando estos parámetros hasta encontrar el mejor funcionamiento, tanto para el aprendizaje como para el reconocimiento.

La figura 4.15 muestra el esquema de acceso de la información a cada neurona y la salida de información de la misma. Como puede observarse cada variable contribuye a la decisión final con un peso  $w_i$ , que se obtiene a través del proceso de entrenamiento de la red y la función la función de activación de la neurona que da una salida que alimenta la siguiente neurona.



**Figura 4.15.- Esquema de una neurona.  $x_i$  son las entradas,  $w_{ij}$  el peso que pondera la entrada  $i$  en la neurona  $j$ ,  $f(z)_j$  es la función de activación de la neurona  $j$ ,  $y_j$  es el valor de salida de esa neurona que alimenta a la siguiente neurona.**

Las redes neuronales artificiales aprenden por la actualización o variación de los pesos sinápticos que ponderan las entradas. Los pesos son adaptados de acuerdo a la información extraída de los patrones de entrenamiento nuevos que se van presentando. Normalmente, los pesos óptimos se obtienen de la minimización de la función de error de la red neuronal.

Una vez finalizado el entrenamiento, para comprobar el resultado del mismo, se introducen en la red el conjunto de datos de validación y se evalúa el error cometido al catalogarlos.

Finalizado este proceso, cuando se le presente a la red neuronal un patrón arbitrario de entrada que contenga ruido o que este incompleto, las neuronas de la capa oculta de la red responderán con una salida activa si la entrada contiene un patrón que se asemeje a aquella característica que las neuronas.



## **RESULTADOS**





## 5.RESULTADOS

Los resultados se han dividido en 3 partes para mejorar su comprensión .

### 5.1. Análisis de variables mediante diagrama de barras y diagrama de cajas.

En la primera parte, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de las variables continuas (Edad de inicio, edad final, duración del tratamiento, inclinación inicial de canino, inclinación final del canino e índice Nolla). Los resultados de la prueba mostraron que ninguna de las variables presentaba distribución normal por lo que en las comparaciones entre grupos utilizaremos estadísticos no paramétricos. Únicamente la edad final podría asumirse distribución normal pero con escasa confianza

#### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

	EDAD _Inicio	DURACI ON TTO	INCL_Inic ial canino	Nolla	EDAD_ Final	INCL_Final_ canino	
N	78	78	145	143	78	145	
Parámetros	Media	10,44	16,01	111,62	7,48	13,36	89,41
normales <sup>a,b</sup>	Desviación estándar	1,60	9,40	8,86	1,07	1,78	7,92
Máximas	Absoluta	,105	,120	,117	,261	,096	,144
diferencias	Positivo	,077	,120	,117	,194	,096	,144
extremas	Negativo	-,105	-,096	-,102	-,261	-,062	-,089

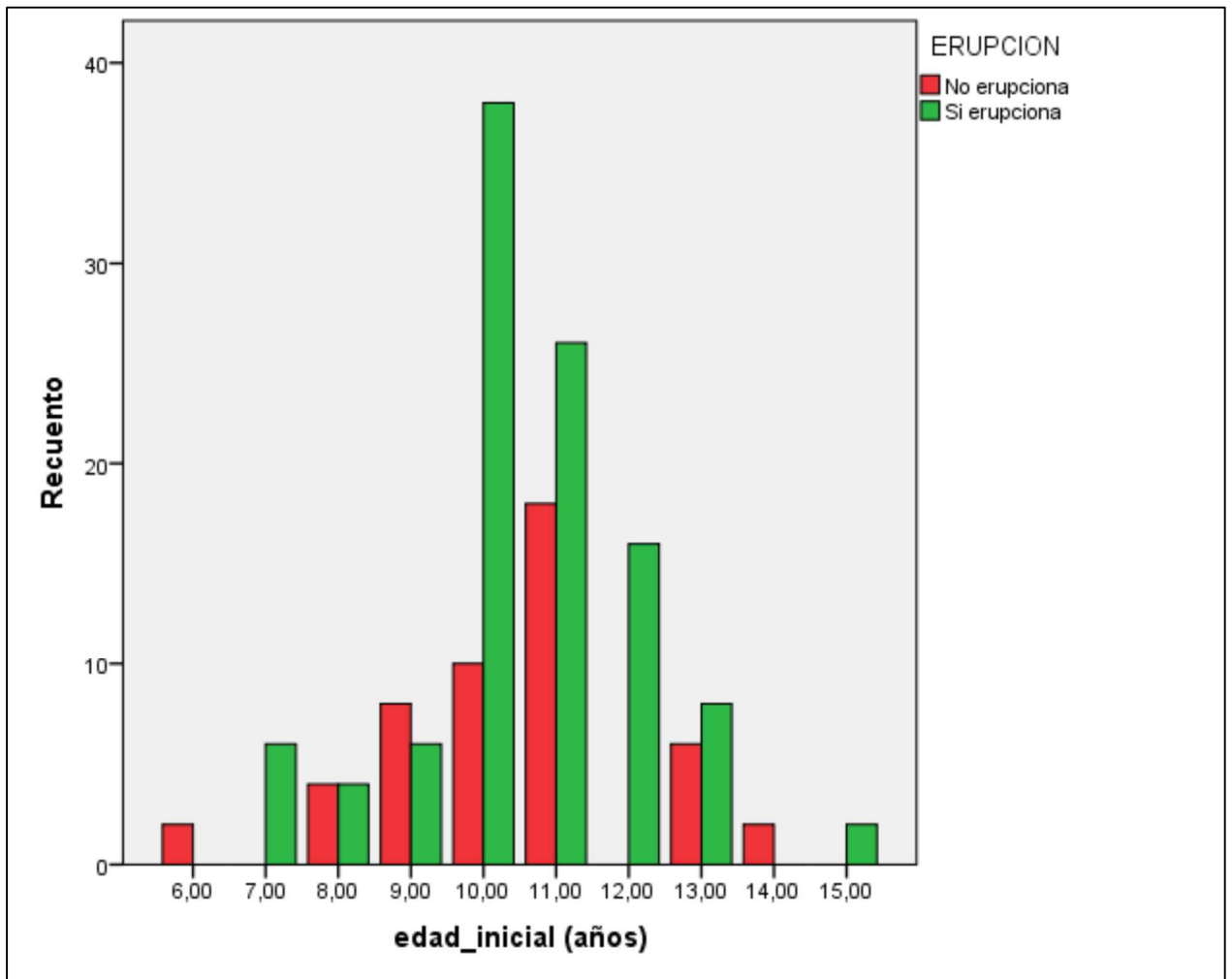
<b>Estadístico de prueba</b>	<b>,105</b>	<b>,120</b>	<b>,117</b>	<b>,261</b>	<b>,096</b>	<b>,144</b>
<b>Sig.</b>	<b>asintótica</b>					
<b>(bilateral)</b>	<b>,033<sup>c</sup></b>	<b>,008<sup>c</sup></b>	<b>,000<sup>c</sup></b>	<b>,000<sup>c</sup></b>	<b>,070<sup>c</sup></b>	<b>,000<sup>c</sup></b>

**Tabla 5.- Prueba de Kolmogorov-Smirnov**

Por ello además de las graficas de barras que muestran la distribución de los valores se presentan en estos casos los diagramas de caja que ofrecen información de la mediana y los cuartiles.

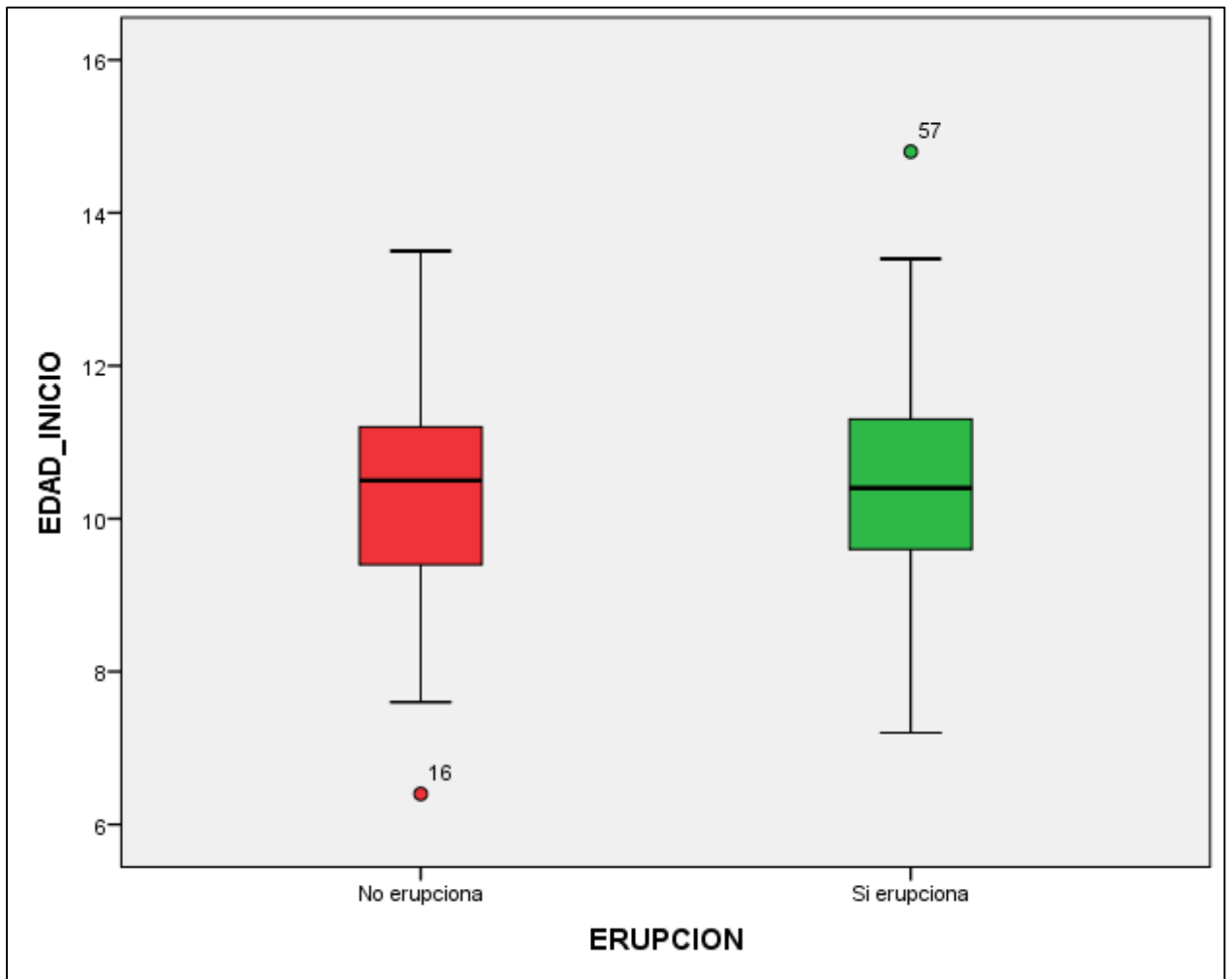
A continuación vamos a analizar las siguientes variables con diagramas de barras y diagramas de cajas. Diagrama de cajas correspondiente a la distribución de casos que han hecho erupción con el tratamiento interceptivo y de los que han necesitado fenestración

### 5.1.1. Edad inicial



**Figura 5.1.1-Diagrama de barras. Distribución en función de la edad inicial**

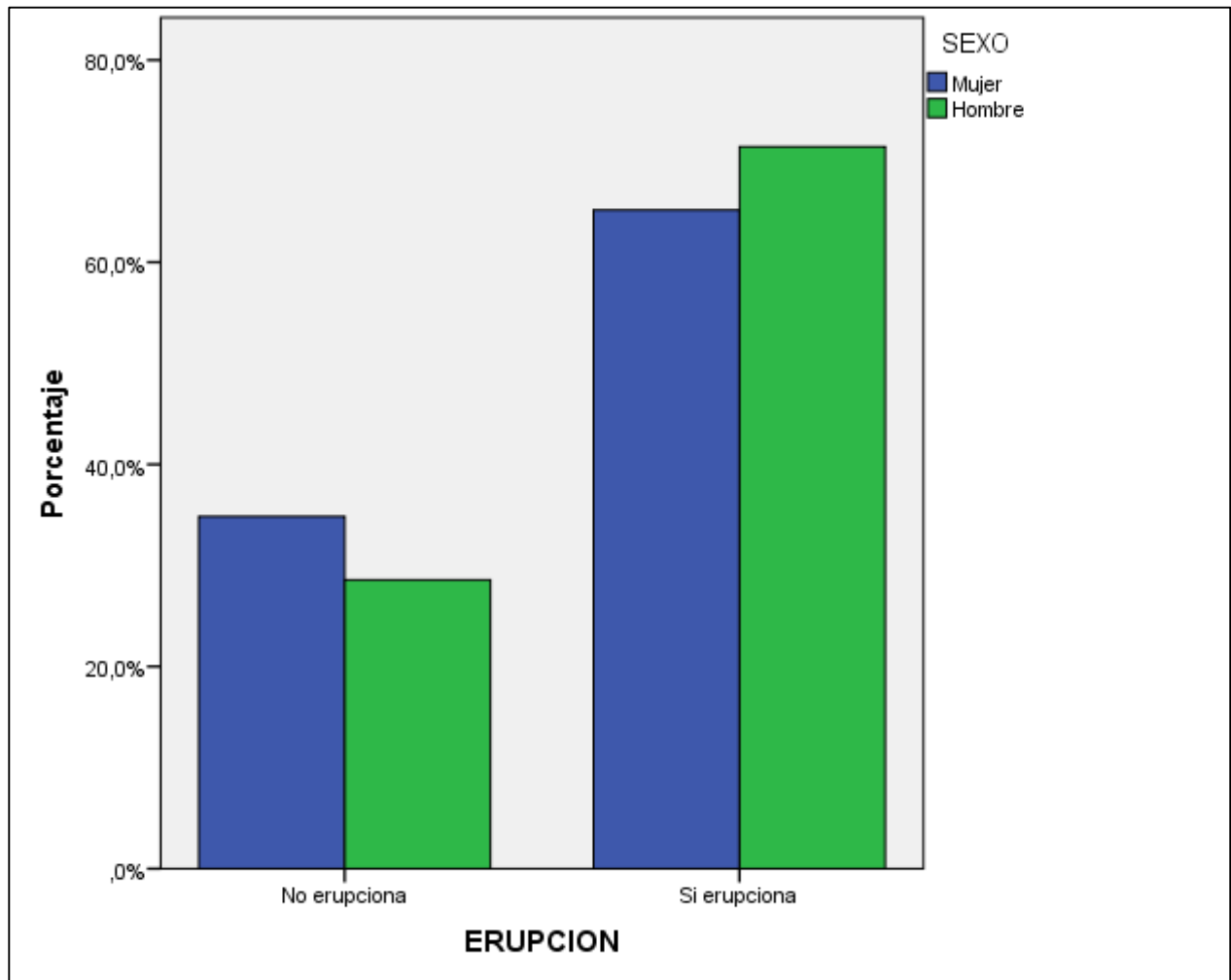
En nuestra muestra, la media de la edad inicial es de 10,48 años en el momento de la medición de la angulación de los caninos de la primera ortopantomografía. Se aprecia que a esta edad hay 4 veces más de casos que erupcionan con tratamiento interceptivo por lo que podemos deducir que es una buena edad para empezar con el tratamiento.



**Figura 5.1.2.- Diagrama de cajas. Distribución en función de la edad inicial**

Se observa que la mediana está entorno a los 10,5 años. La mayoría de los casos se han empezado entre 9,5 y 11,5 años. El outlier 16 podemos suponer que no ha hecho erupción porque quizás era demasiado joven, con 6,3 años y un estadio de Nolla de 5.

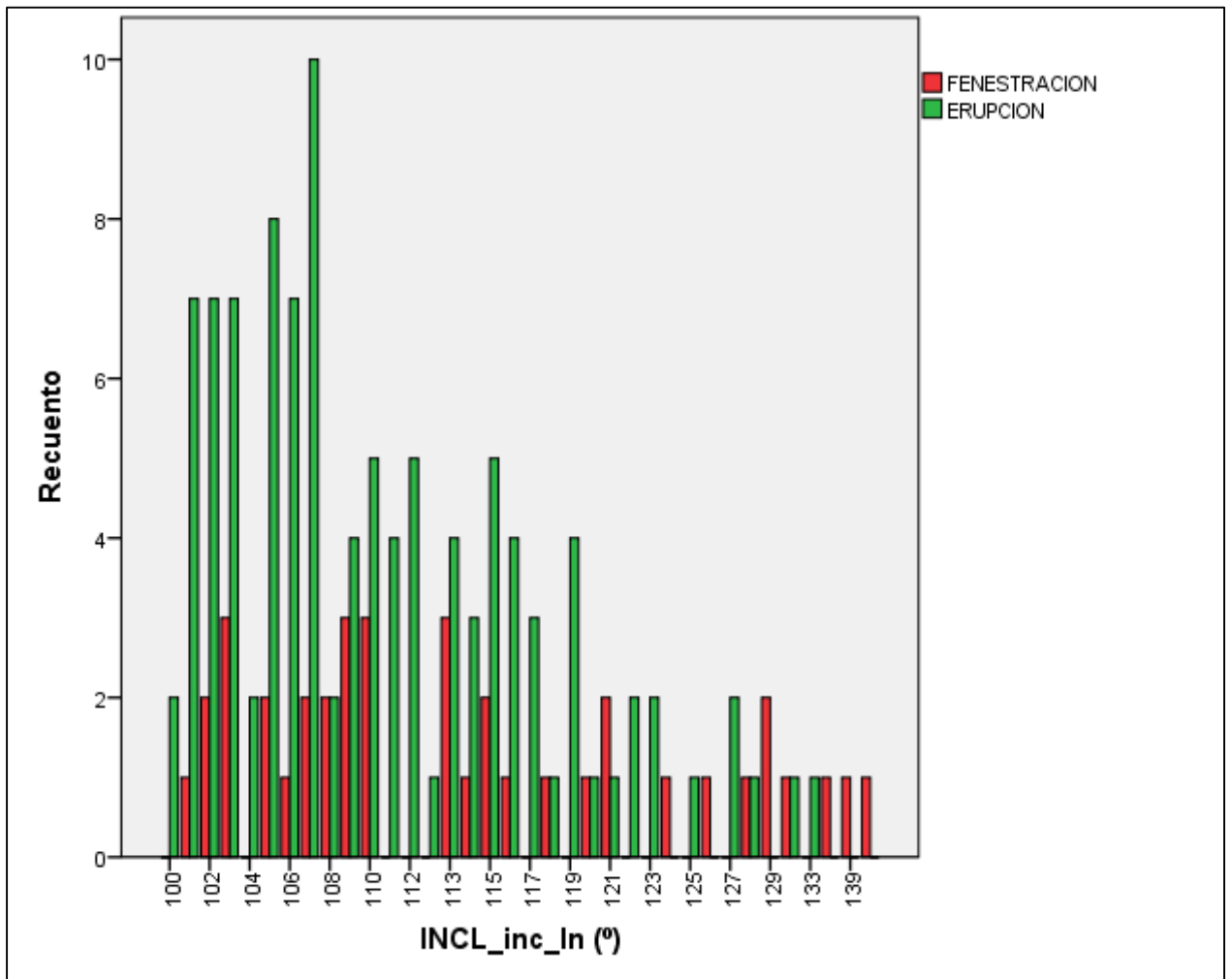
### 5.1.2. Sexo



**Figura 5.2.- Diagrama de barras. Distribución por sexo . Porcentaje de hombres y mujeres en los que el canino hace erupción o no.**

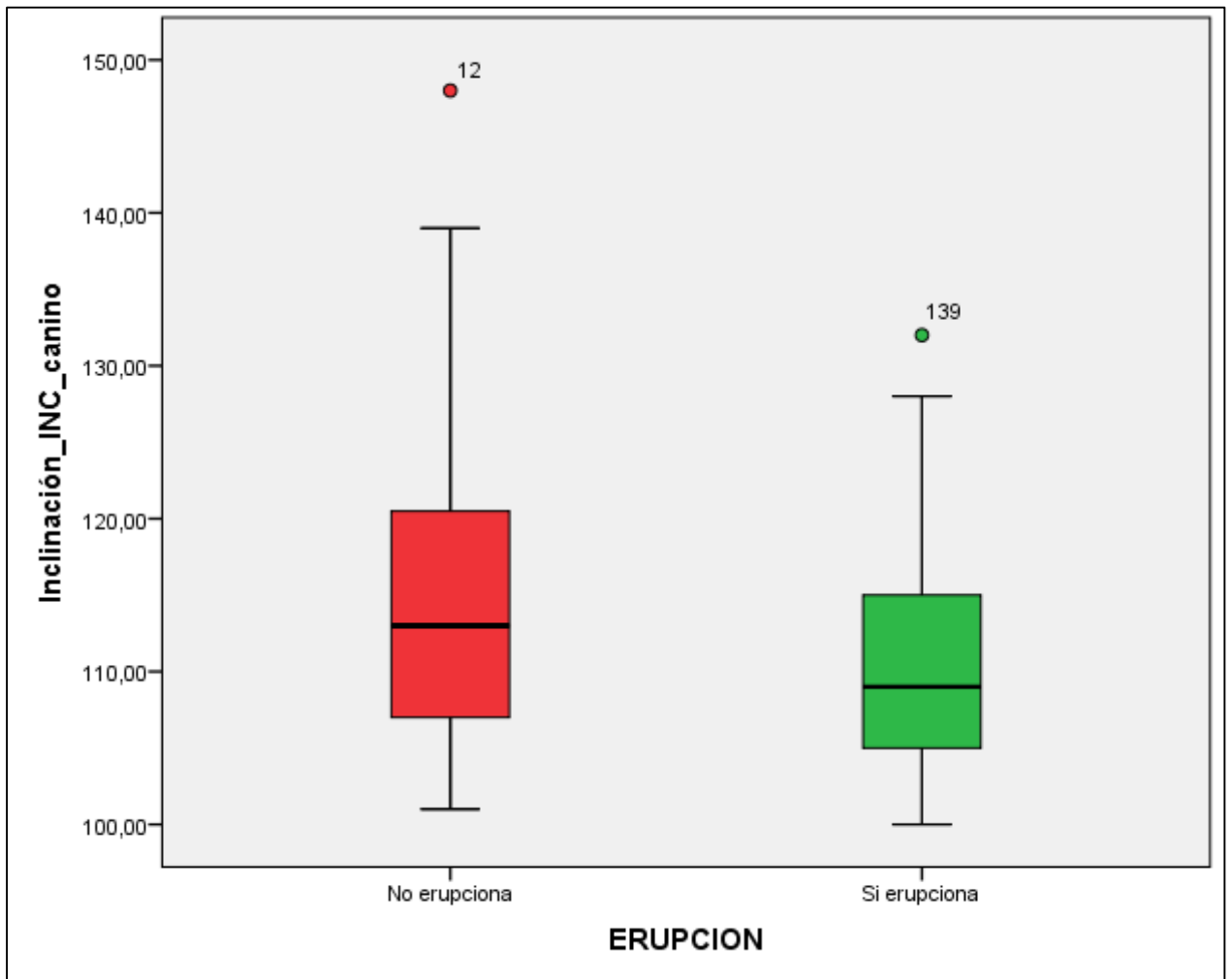
No existe diferencia estadísticamente significativa entre sexos. Se aprecia como aproximadamente en 2/3 de los casos el canino hace erupción tanto en hombres como en mujeres.

### 5.1.3. Inclinación del canino inicial



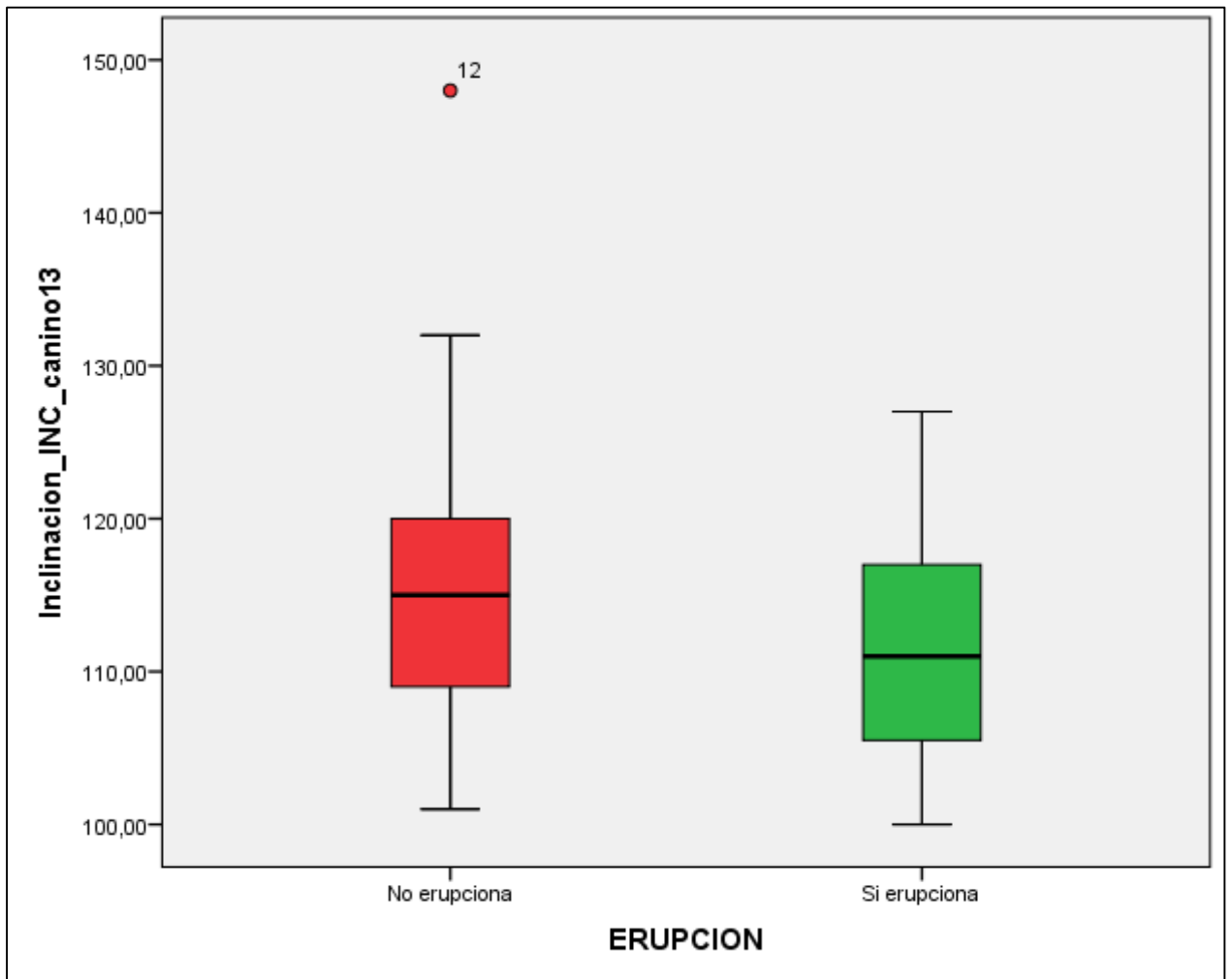
**Figura 5.3.2.- Diagrama de barras. Inclinación inicial del canino. Número de casos para cada valor de la inclinación del canino.**

Hasta los 125° de inclinación del canino la mayor parte de ellos erupciona. Sin embargo se perciben casos de 102 ° de inclinación que no han erupcionado. Esto nos hace ver que hay más variables del estudio con suma importancia.



**Figura 5.3.3.- Diagrama de cajas. Inclinación inicial del canino.**

En el caso de los caninos que no erupcionan encontramos una mediana de la angulación entorno a los 113° mientras que los que sí erupcionan, la mediana esta entorno a 109°

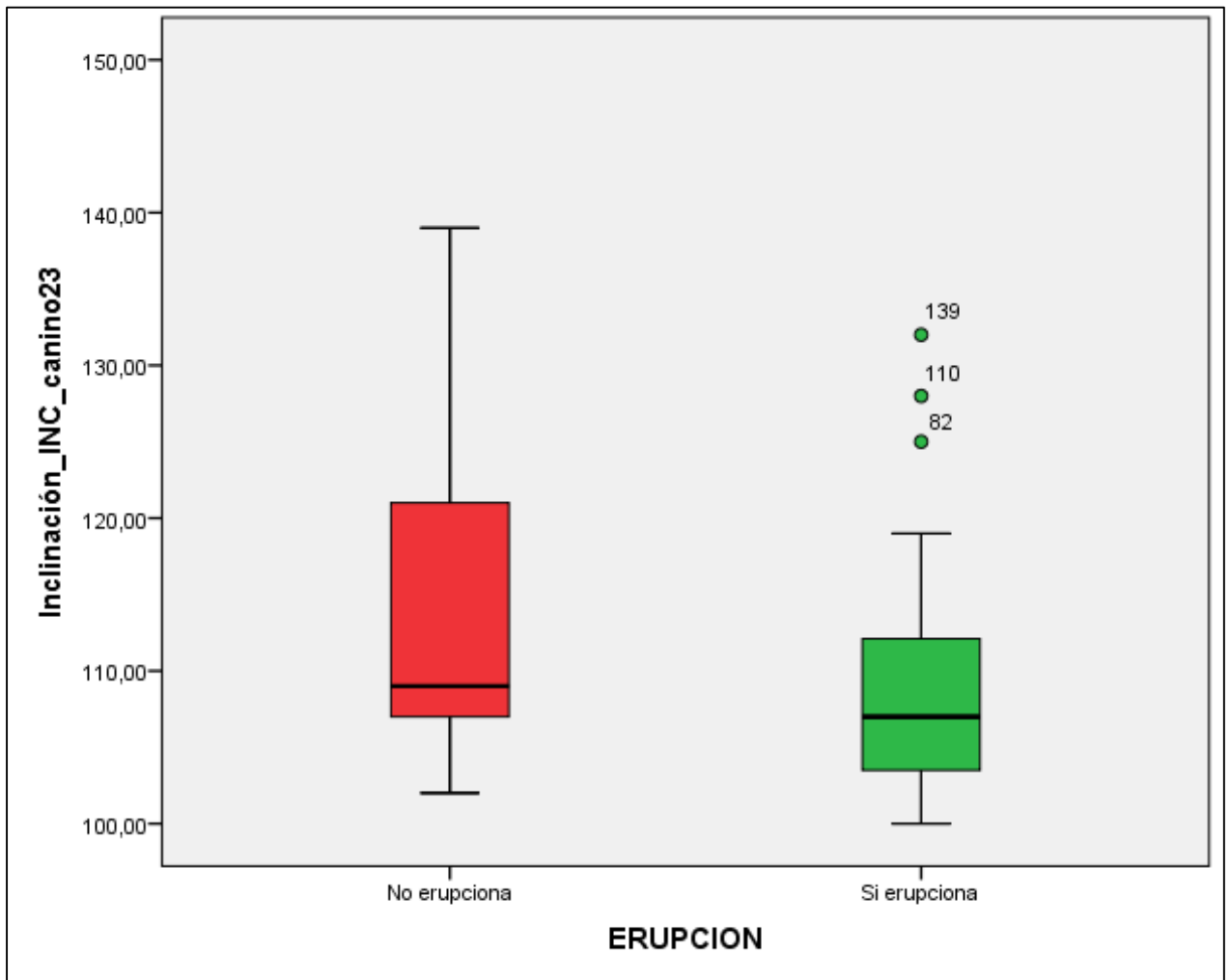


**Figura 5.3.4.- Diagrama de cajas. Inclinación inicial del canino 13.**

La mediana de la angulación del canino 13 tanto de los que no erupcionan ( $115^\circ$ ) como los que si erupcionan ( $112^\circ$ ) es superior a las del canino 23 ( $109^\circ$  y  $107^\circ$  respectivamente).

El outlier 12 vemos que no erupciona puesto que tiene una angulación de  $148^\circ$ . Además tiene un estadío muy bajo de Nolla de 5.

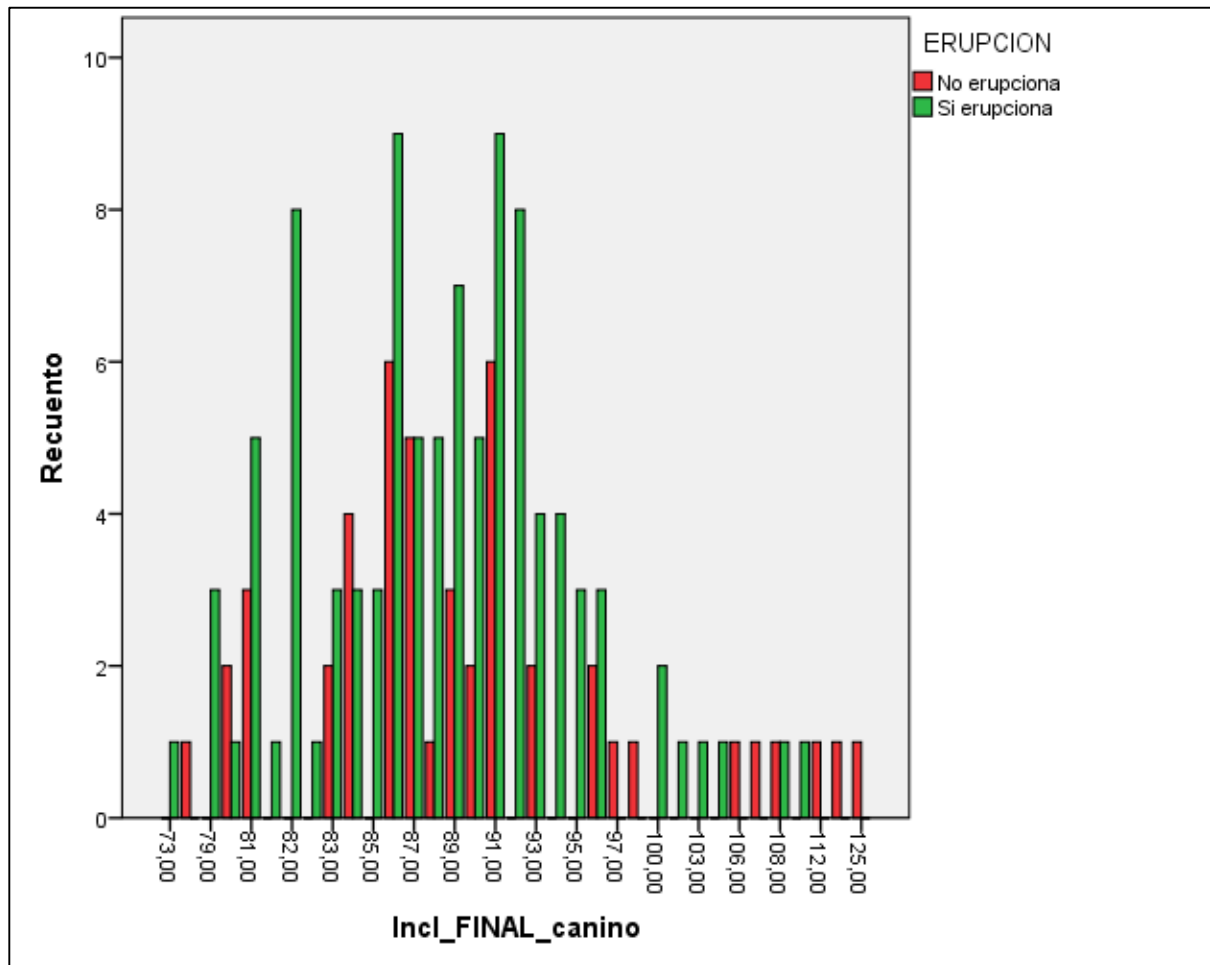




**Figura 5.3.5.- Diagrama de cajas. Inclinción inicial del canino 23.**

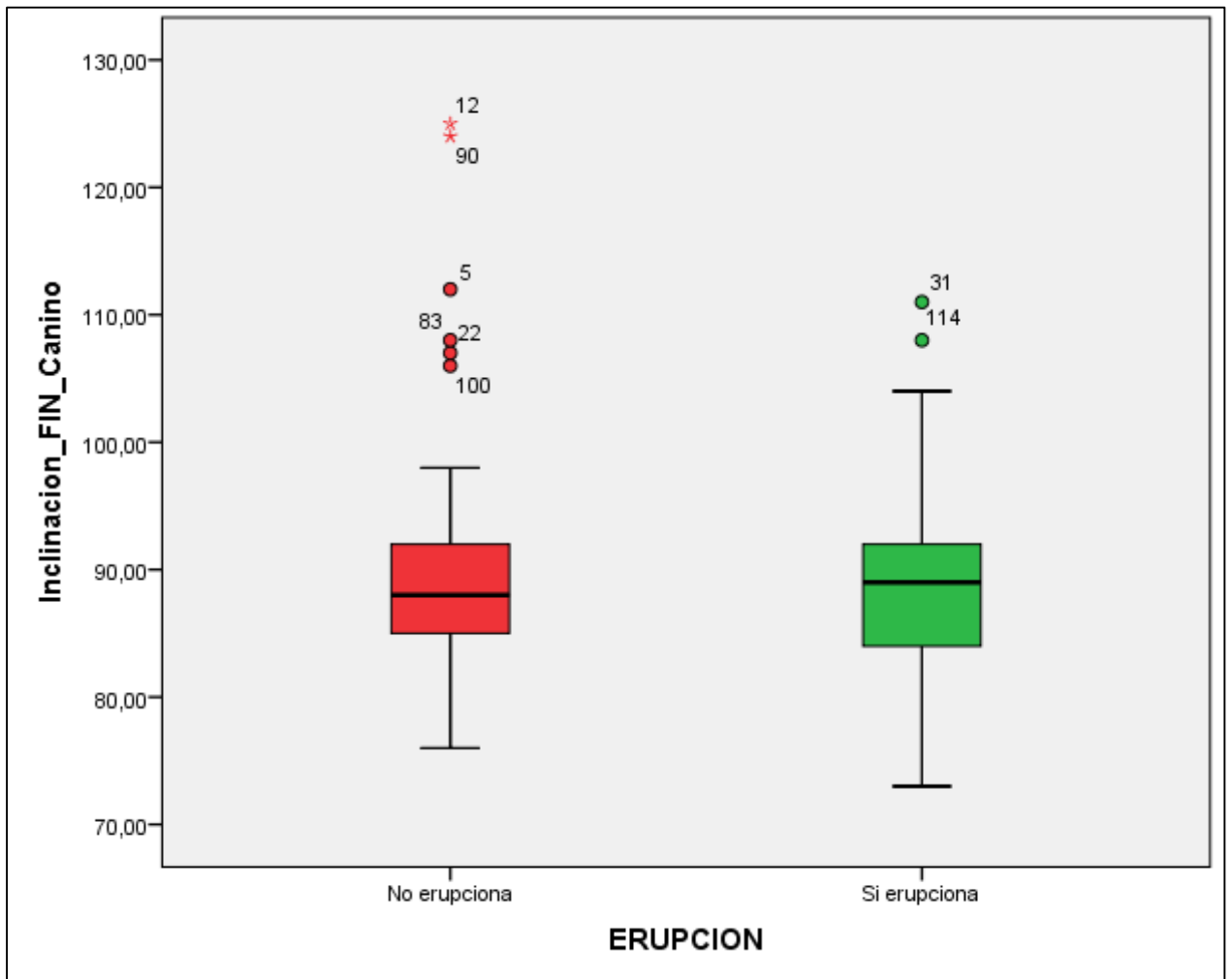
Observamos como los outliers 82, 110 y 139 hacen erupción con inclinaciones de 125°, 128° y 132°. Pese a tener 9,5 años , 9,9 y 11,1 respectivamente, todos tenían un estadio 8 de Nolla. En cuanto al sector, estaban en 2, 1 y 3 respectivamente y el outlier 110 y 139 tenían los incisivos abanicados. Todos tenían un desarrollo del incisivo lateral completo por lo que todos tenían una guía canina.

#### 5.1.4. Inclinación del canino final



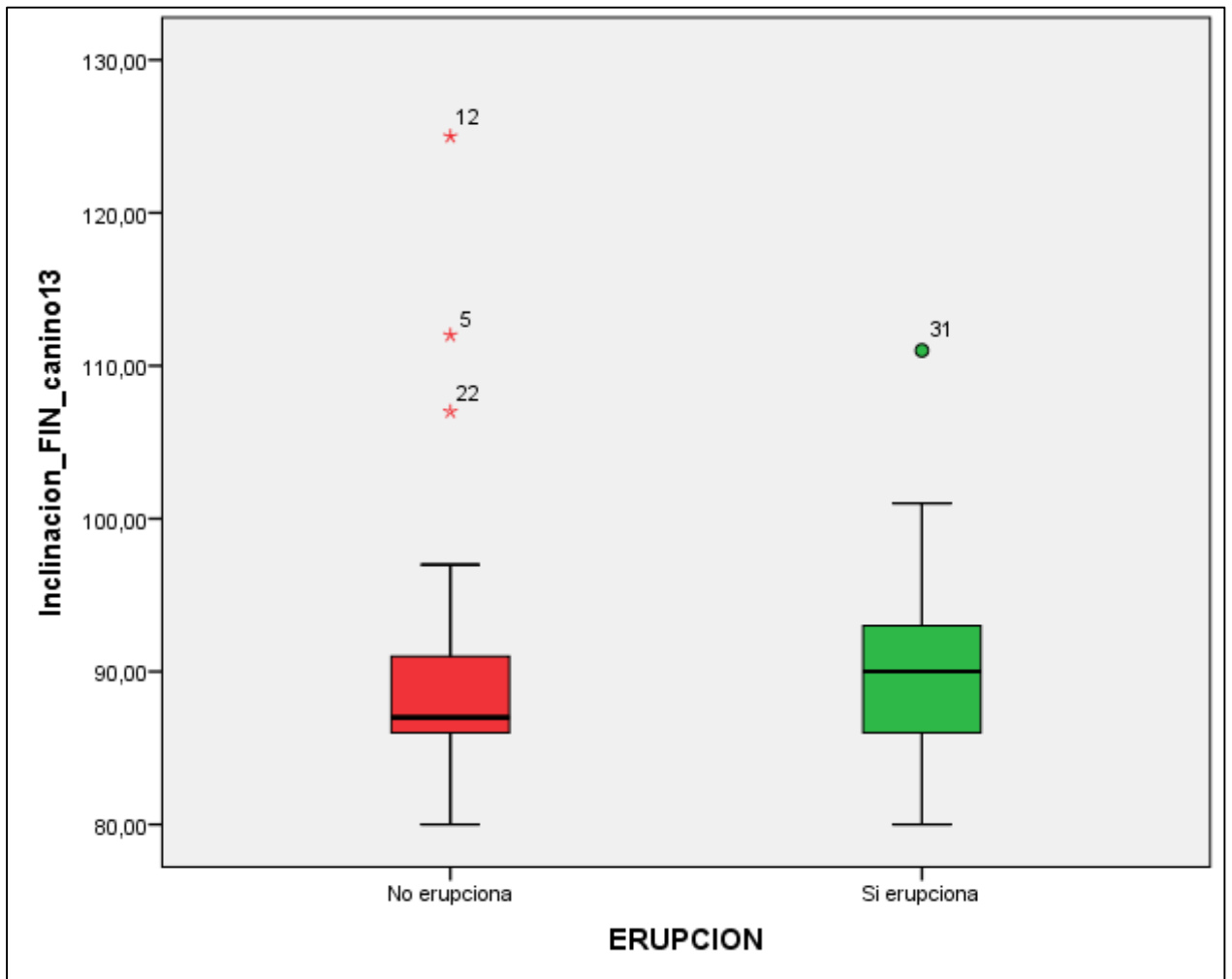
**Figura 5.4.1.- Diagrama de barras. Inclinación final del canino. Número de casos para cada valor de la inclinación del canino.**

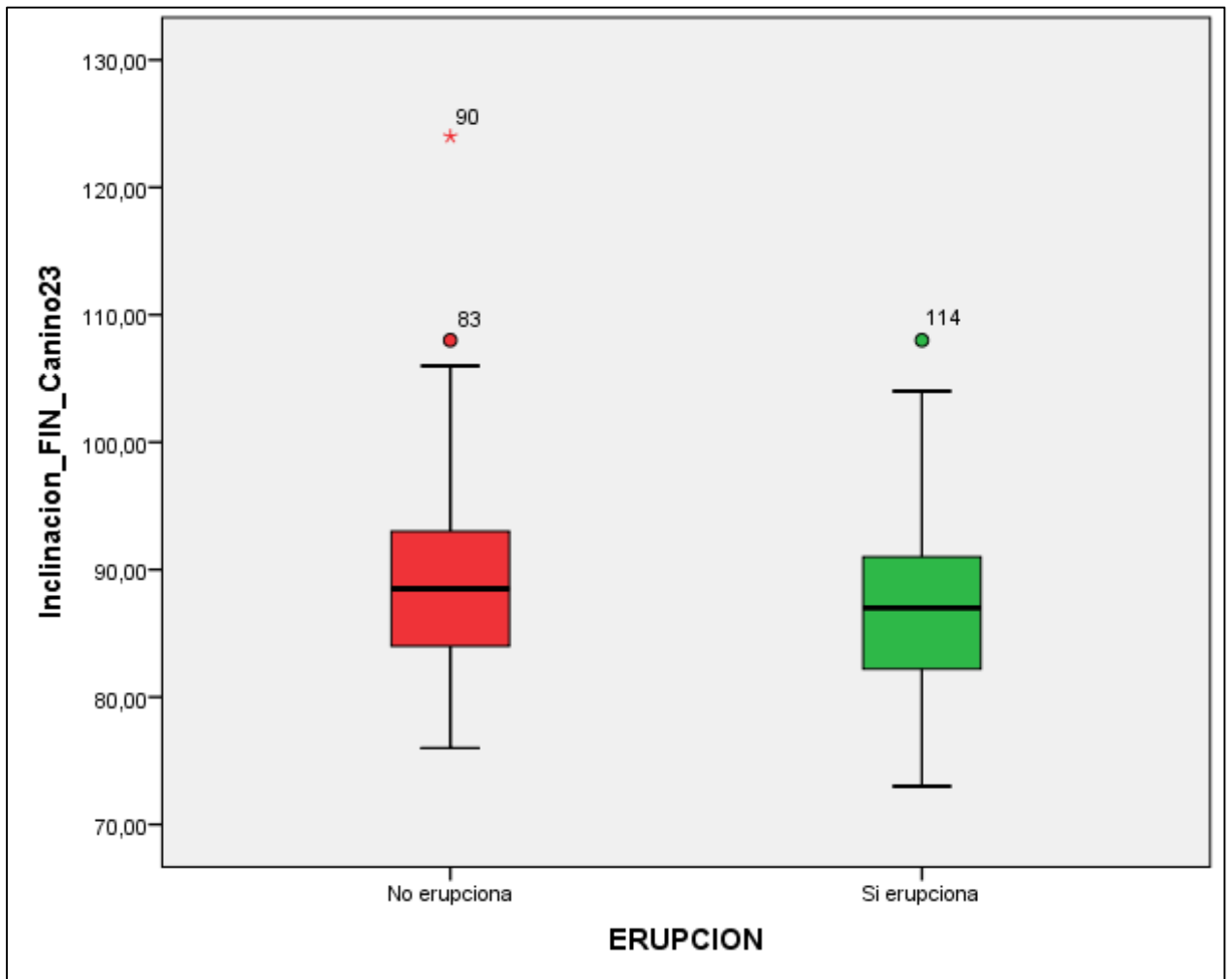
Se aprecia que hasta los 103° de inclinación final del canino la mayoría de ellos erupcionaron. Es decir, mejorar la inclinación del canino hasta los 103° o menos, permitía que este erupcionase en la gran mayoría de los casos. Más allá de estos valores, habían tantos casos que hacían erupción como que no. La media de la inclinación final del canino después de tratamiento interceptivo fue de 89,41°. Esta media se corresponde con nuestro artículo de referencia de Fernández y cols., 1998.



**Figura 5.4.2.- Diagrama de cajas. Inclinación final del canino.**

Se observa que la mediana de la inclinación final del canino está entorno a los 88°. Esto se ajusta al hecho que cuando el canino ha erupcionado y está en boca tiene una angulación entorno a los 90°.



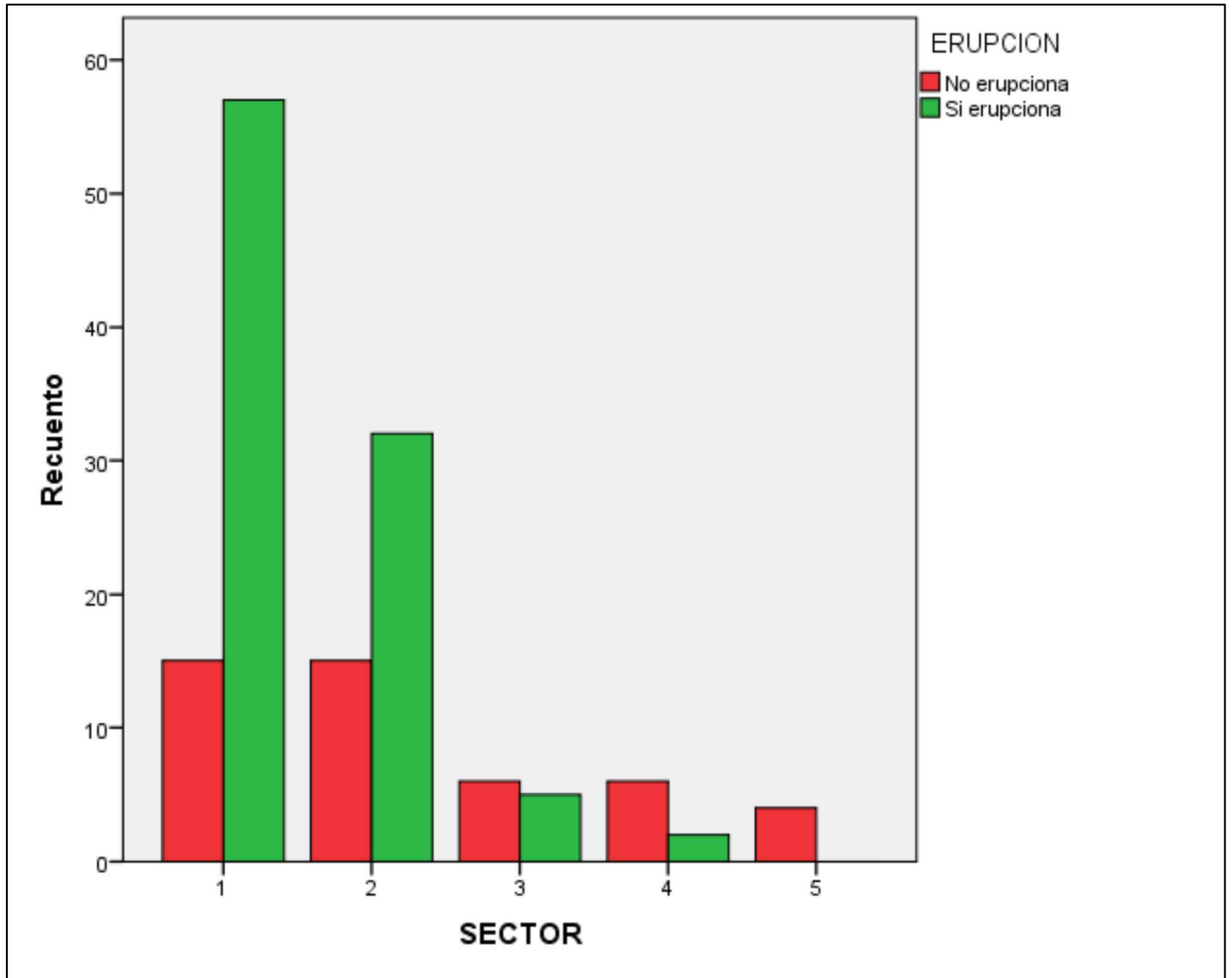


**Figura 5.4.3.- Diagrama de cajas. Inclinación final del canino 13 y 23**

Se aprecia que la mediana está entorno a los 90° y que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre la inclinación final del canino 13 y 23.

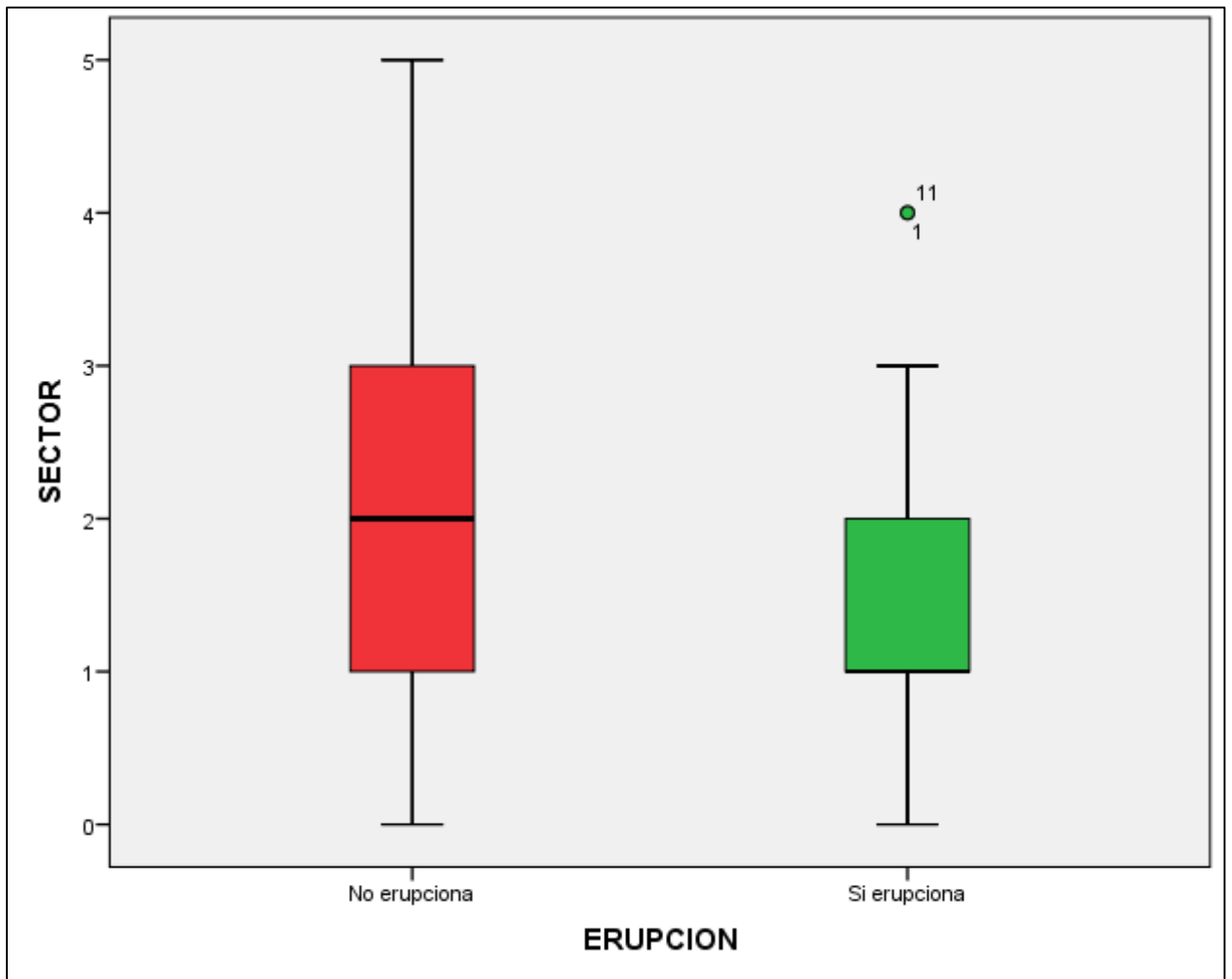
Los outliers 5, 12, 22, 90 y 83 no erupcionaron por lo que se quedaron con altas angulaciones.

### 5.1.5. Sector



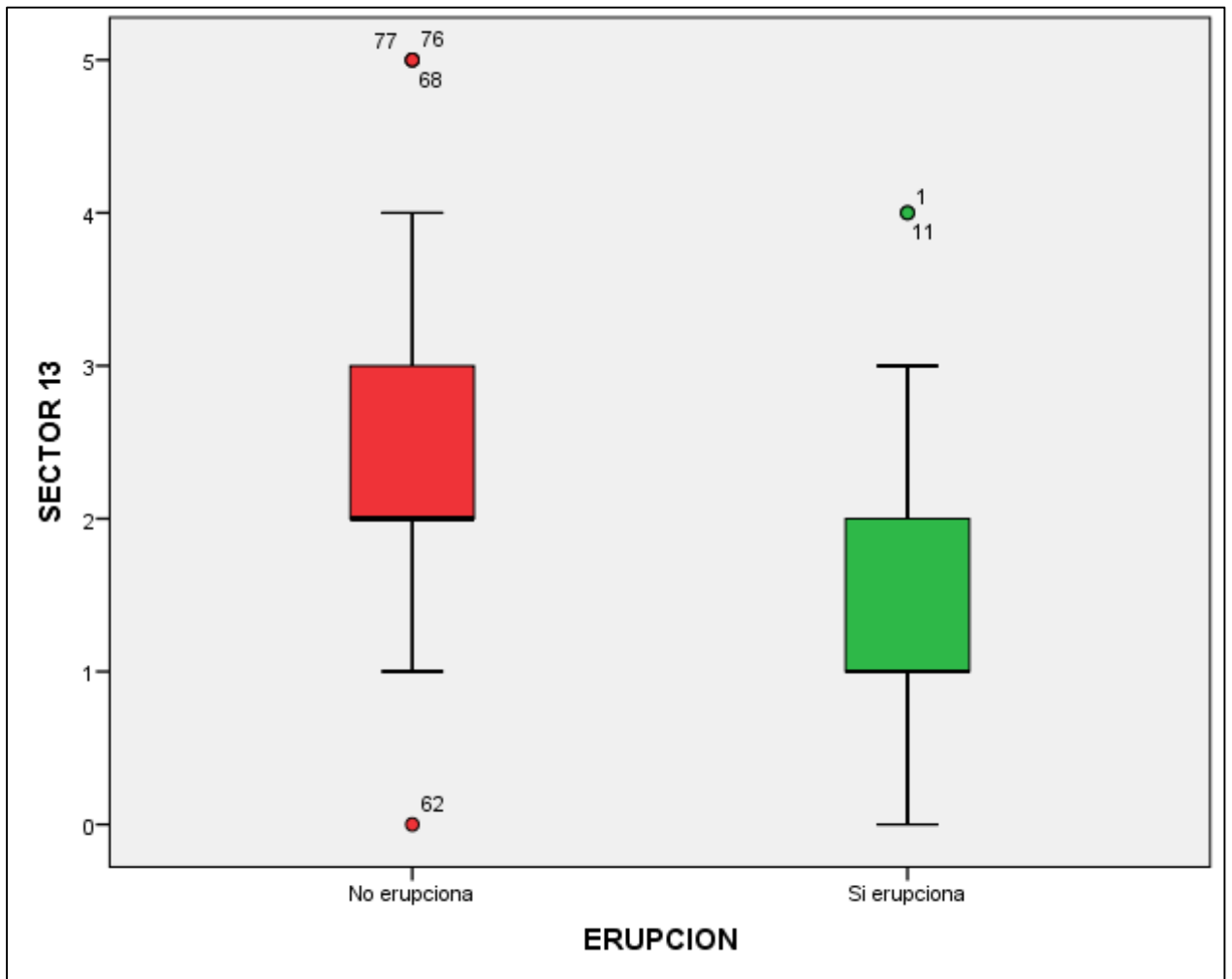
**Figura 5.5.1.- Diagrama de cajas. Distribución por sectores.**

La variable “sector” nos muestra como en el intervalo 1 y 2 el canino erupciona en más del doble de los casos. En el sector 3 se iguala y en el sector 4 y 5 no hay prácticamente ningún canino que haga erupción. A través de esta variable se puede constatar la repercusión de que el canino pueda erupcionar cuando está a distal del eje del incisivo lateral. Por otro lado, se evidencia la dificultad de este de erupcionar cuando se encuentra a mesial del incisivo lateral.



**Figura 5.5.2.- Diagrama de cajas: del sector inicial del canino 13 antes de tratamiento interceptivo.**

Respecto del sector podemos valorar que a mayor sector, mayor probabilidad de que el canino no erupcione. La mediana en el caso de los caninos que no hacen erupción es de 2 mientras que en el caso de caninos que si erupcionan, es de 1.



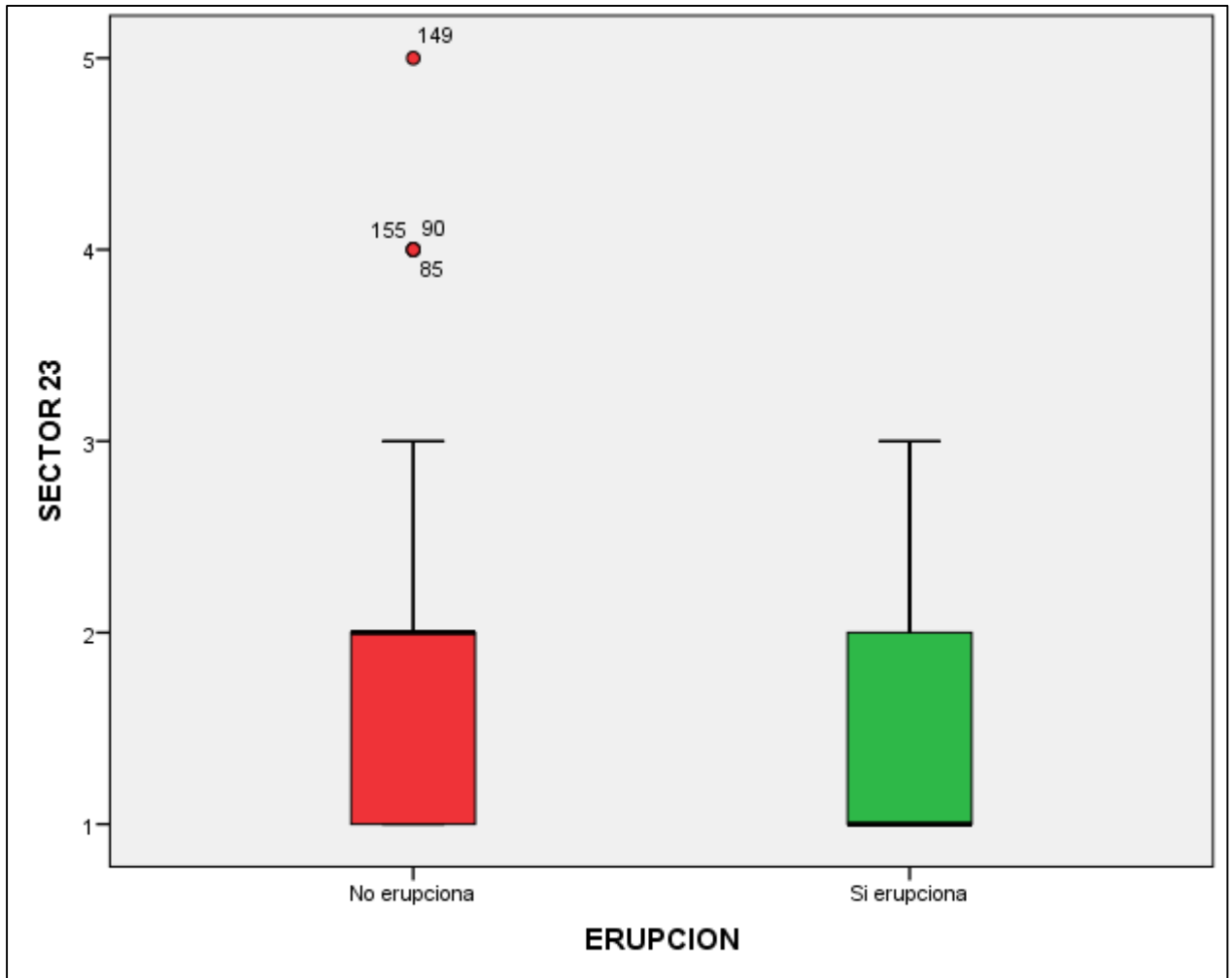
**Figura 5.5.3.- Diagrama de cajas: sector inicial del canino 13 antes de tratamiento interceptivo**

Los outliers 68, 76 y 77 no erupcionaron ya que estaban en el sector 5. Además sus inclinaciones eran de 126°, 129° y 132° respectivamente. Tenían 13,2 años , 9,5 y 13, 2 respectivamente y unos estadíos de Nolla de 9, 9 y 10. Se explica que no hayan hecho erupción ya que se encontraban en unas situaciones muy adversas.

El outlier 62 tampoco hizo erupción, no porque estuviera en el sector 0, si no porque al haber agenesia de laterales en este caso, no encontró guía eruptiva.



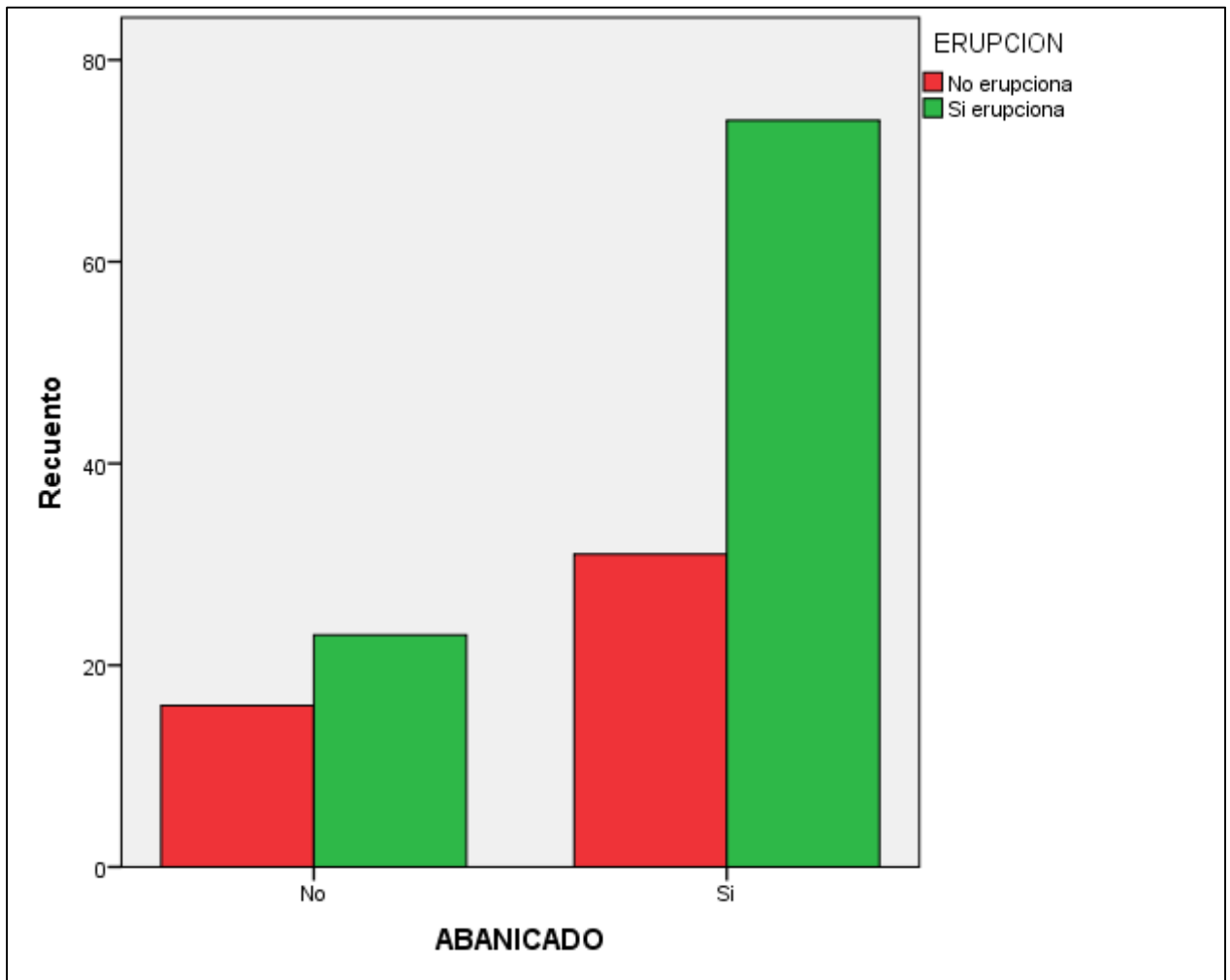
El outlier 11 se caracteriza por estar en el sector 4, con 10,4 años de edad de inicio, 117° de inclinación y estadio 8 de Nolla. Pese a tener unas características tan desfavorables, vemos como el tratamiento interceptivo es capaz de solucionar semejante situación.



**Figura 5.5.4.- Diagrama de cajas: sector final del canino 13 antes de tratamiento interceptivo**

Los outliers 85, 90, 149 y 155 con sectores 4 y 5 no erupcionaron. Se explica porque todos tenían más de 9,7 años, tenían angulaciones de 113°, 139°, 134° y 128° respectivamente y unos estadios de Nolla de 7, 5, 7 y 10. El outlier 155, con toda la raíz del canino formada y 13,2 años era predecible que no hiciera erupción.

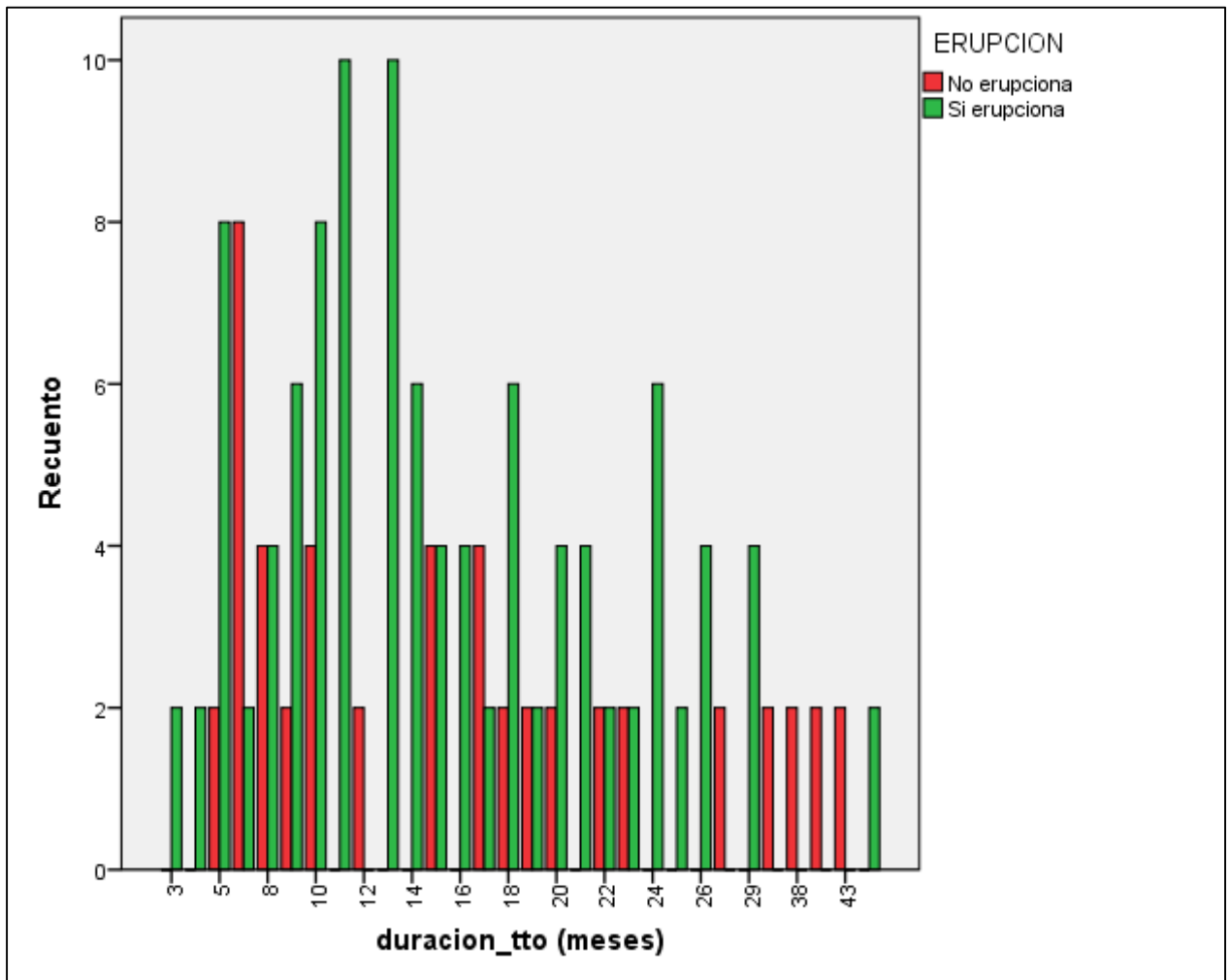
### 5.1.6. FAN (Abanicado)



**Figura 5.6.- Diagrama de cajas. Distribución en función de FAN o “abanicamiento”.**

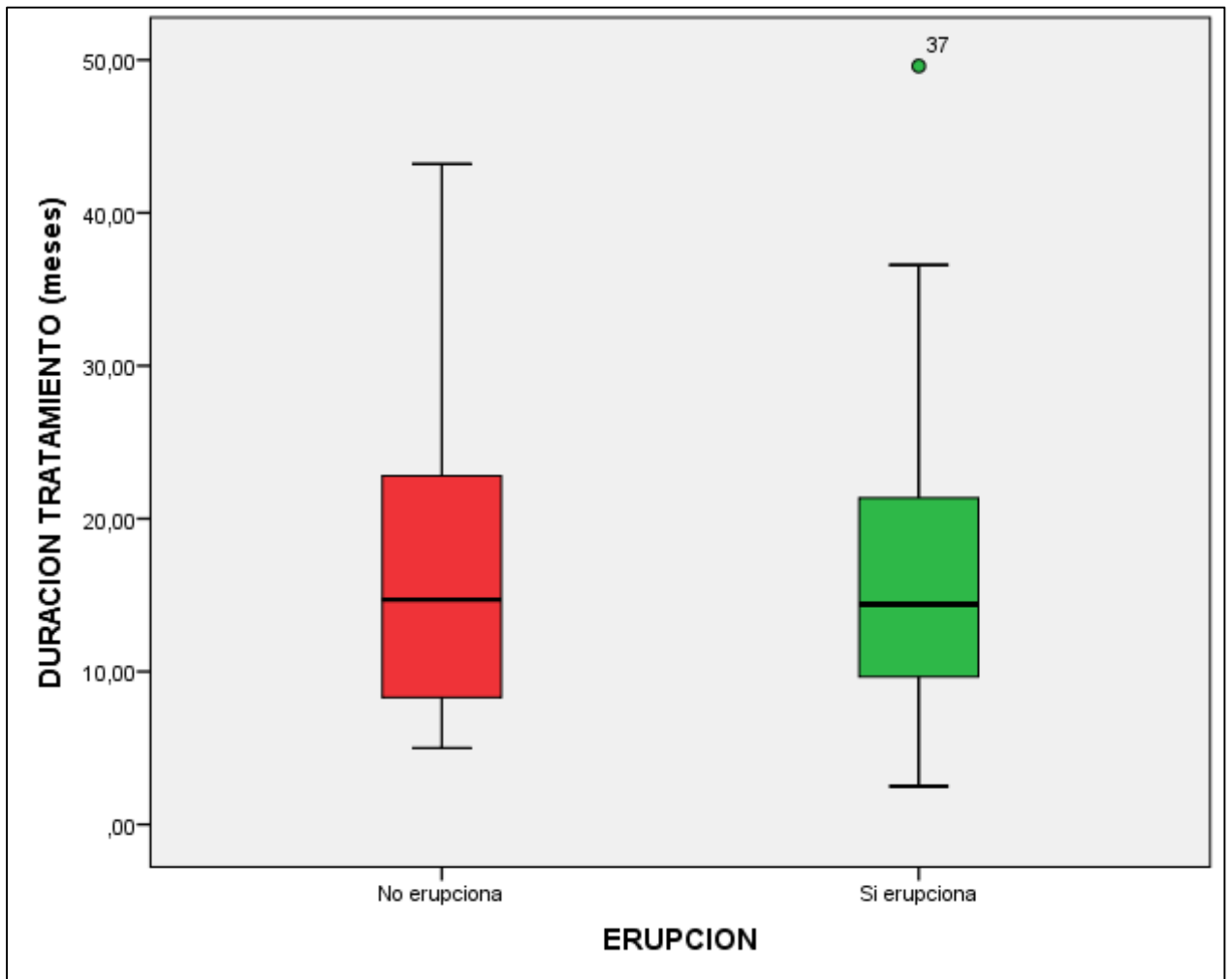
Tres cuartas partes (75%) de los caninos que se encuentran en una posición de abanicamiento ( “patito feo” o “The ugly duckling stage”) erupcionan. Esto se debe a que, aunque los ápices de los incisivos se mesialicen, siendo los incisivos laterales los dientes que más se inclinan, el canino siempre encuentra su guía eruptiva a través de la pared distal del incisivo lateral para erupcionar. Si bien esta es una variable poco estudiada en la bibliografía, se observa que tiene bastante peso.

### 5.1.7. Duración del tratamiento



**Figura. 5.7.1.- Diagrama de barras. Distribución en función de la edad inicial.**

La media de la duración del tratamiento interceptivo hasta determinar si el canino va a erupcionar o bien hay que proceder a la fenestración es de 16 meses. Se observa que cuando el tratamiento dura entre 10 y 14 meses, la gran mayoría de caninos hacen erupción. Esto nos puede dar a entender que en muchas ocasiones con un año de tratamiento se puede conseguir el objetivo de normalizar y favorecer la erupción del canino con y tratamiento interceptivo. También depende de la edad de inicio del tratamiento.



**Figura 5.7.2.- Diagrama de cajas. Distribución en función de la edad inicial.**

En cuanto a la mediana, se aprecia que no hay diferencia estadísticamente significativa en la variable duración del tratamiento de los caninos que hacen erupción y de los que no. La duración del tratamiento está en torno a unos 14 meses.

### 5.1.8. Estadío de nolla

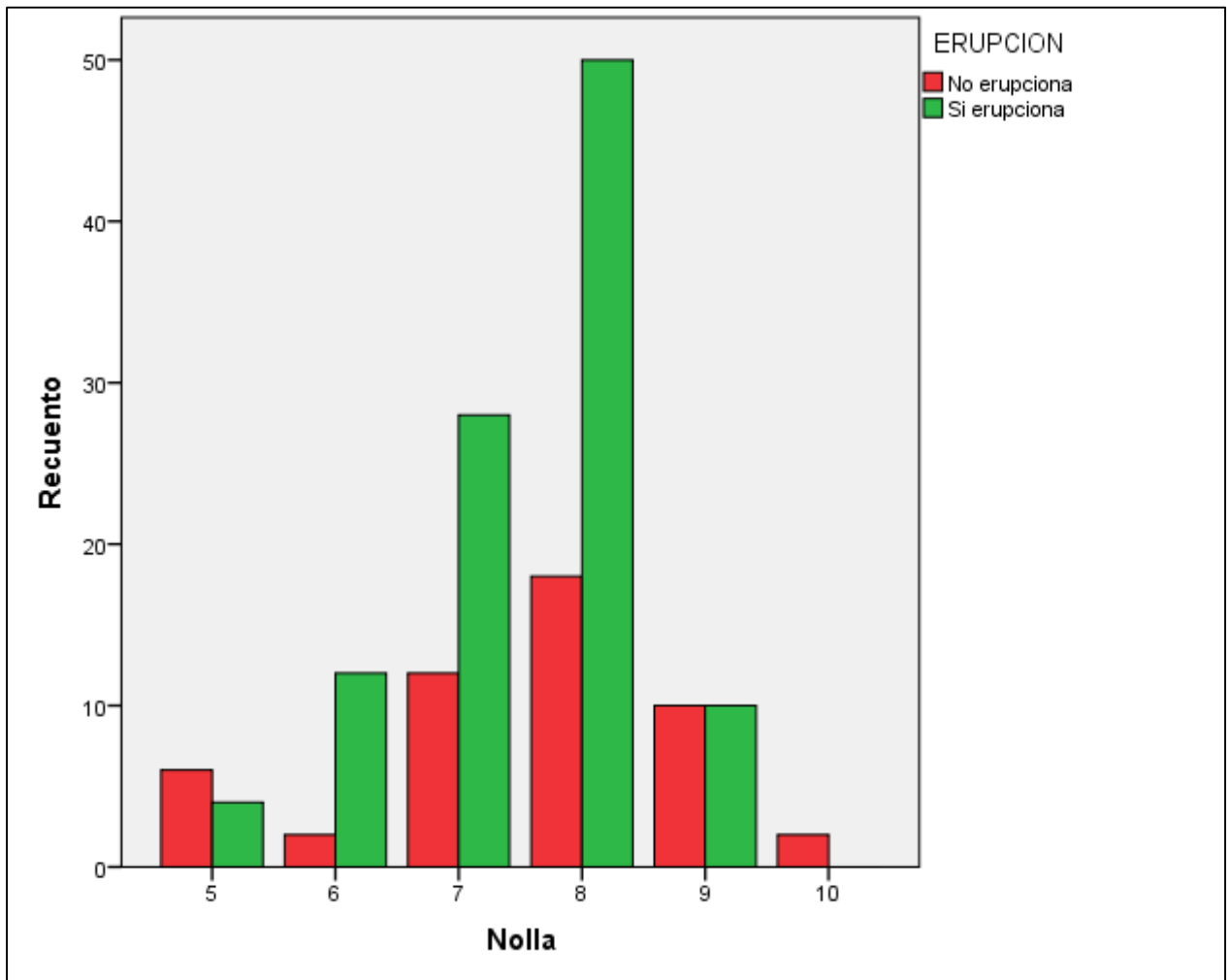
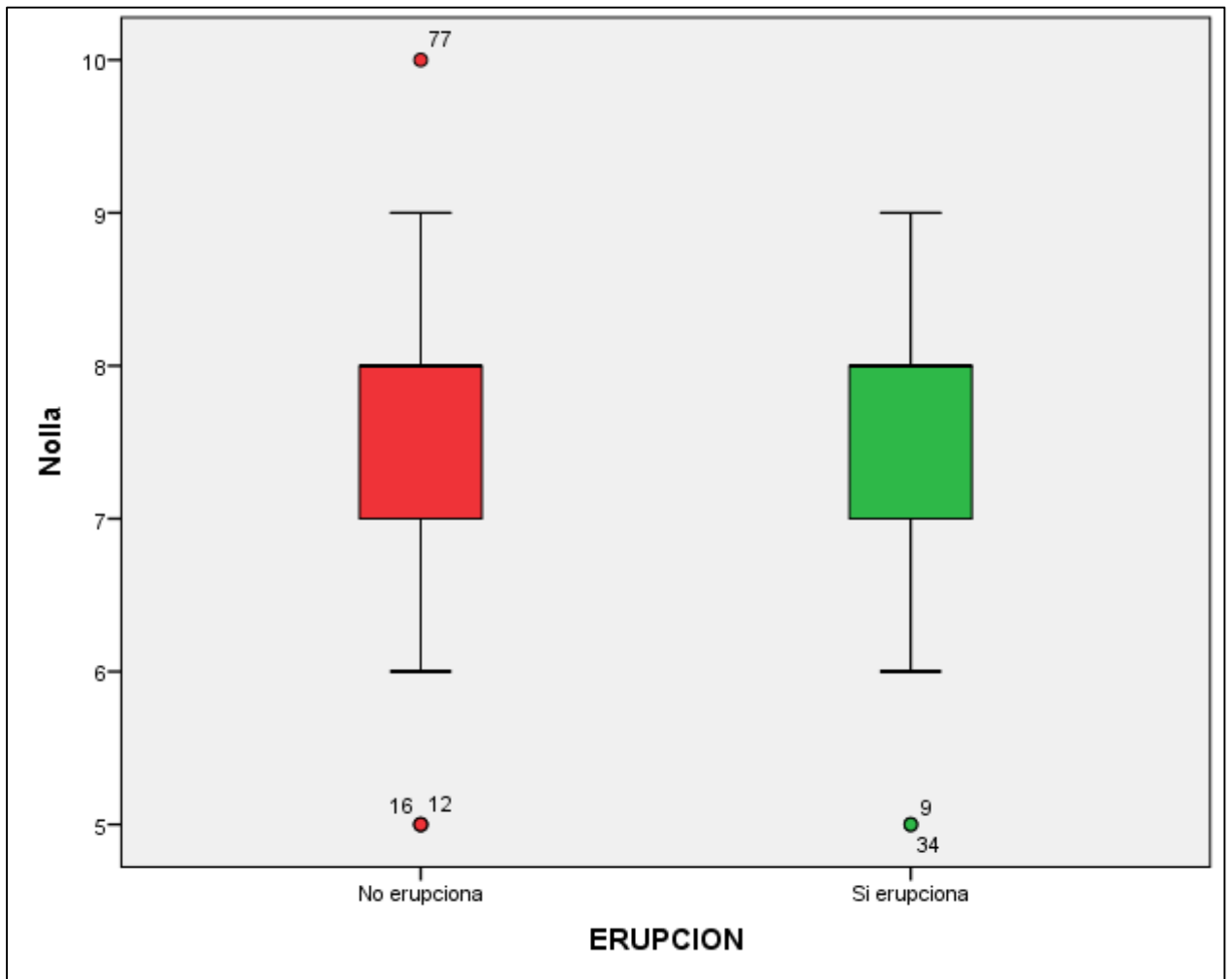


Figura 5.8.1.- Diagrama de barras. Distribución en función del estadío de Nolla.

El estadío de Nolla muestra que cuando el canino está entre la fase 6 y 8, es el mejor momento para intervenir en la normalización del canino superior. Este intervalo engloba desde la formación de la corona hasta  $2/3$  de la raíz completa. Esta variable nos hace pensar de nuevo, a parte del desarrollo del incisivo lateral, que es más significativo la edad de maduración dental que la edad cronológica.

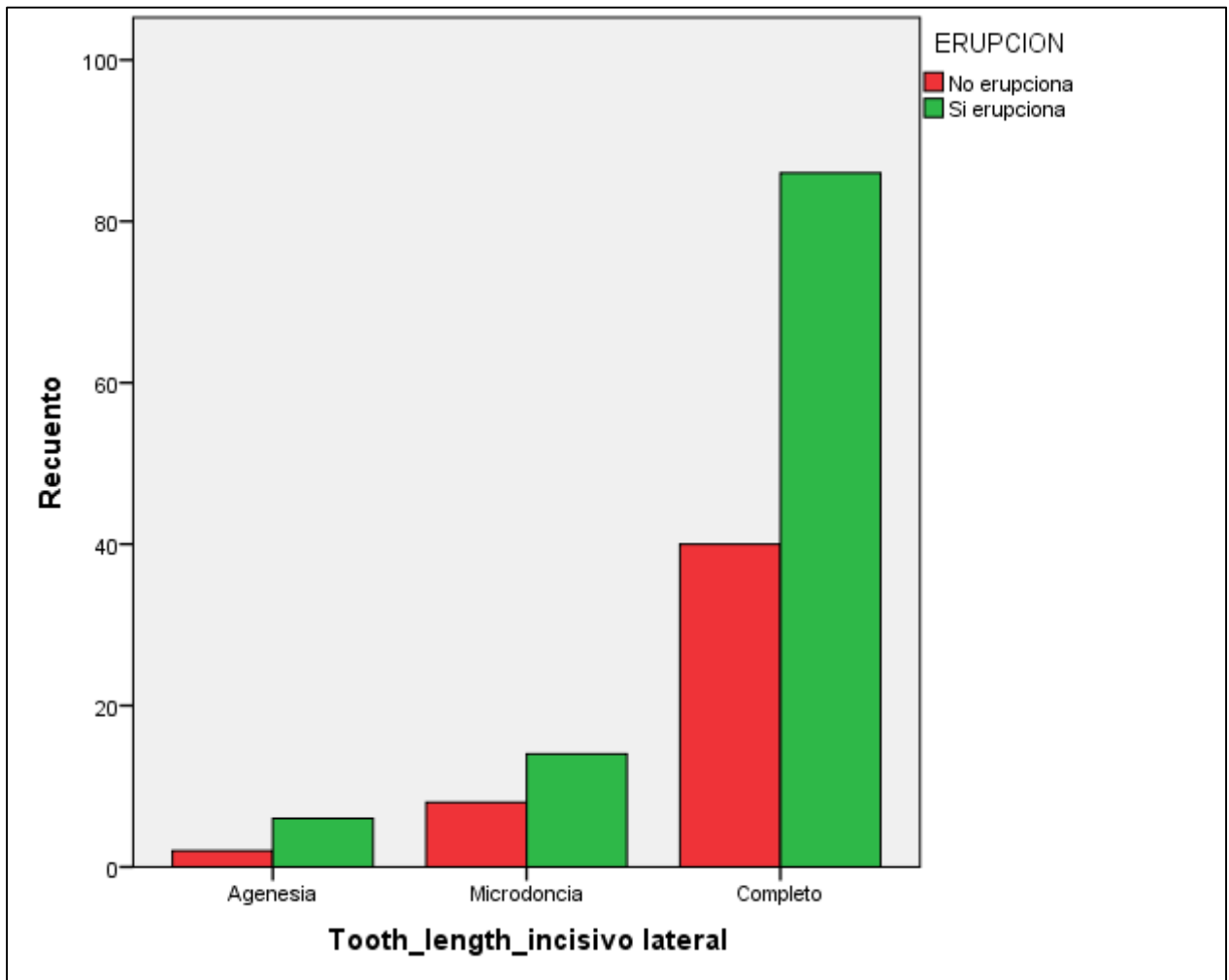


**Figura 5.8.2.- Diagrama de cajas. Distribución en función del estadio de Nolla.**

La mediana del estadio de Nolla es de 8 en casos en que los caninos hagan erupción y en los que no. El diagrama de cajas es prácticamente idéntico y se aprecia que los mayoría de los valores se encuentran entre 7 y 8. De esta forma podemos concluir que hay más variables determinantes en este estudio que nos ayuden a predecir la erupción del canino.

El outlier 77 , en el estadio 10 de Nolla, era predecible que no erupcionara ya que tiene 13,2 años y esta en el sector 5 con 132° de inclinación. También el outlier 12 con 148° de inclinación y en el sector 4 era complicado que hiciera erupción.

### 5.1.9. Tooth lenght

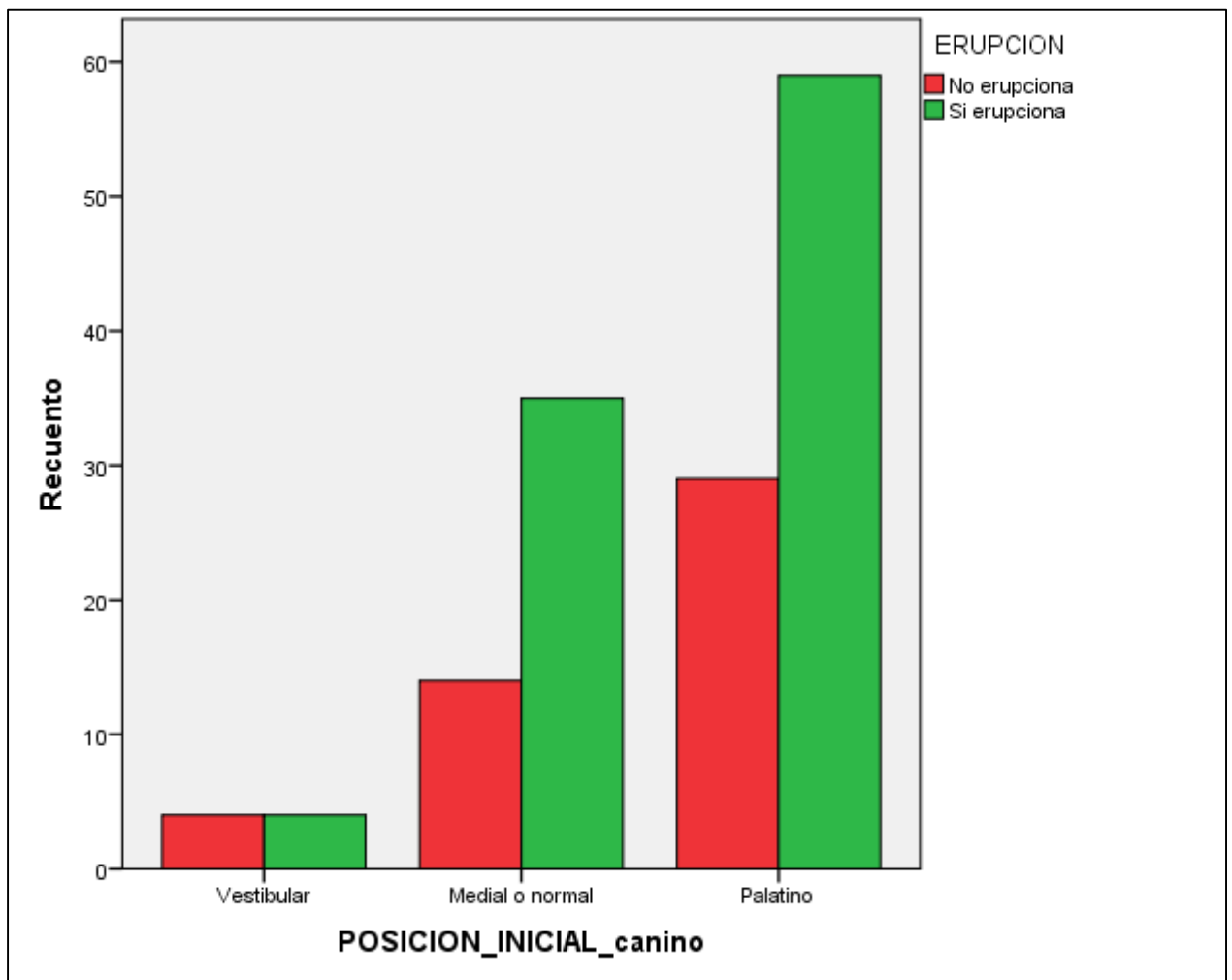


**Figura 5.9.- Diagrama de cajas. Distribución en función del desarrollo del incisivo lateral.**

Prácticamente el 90 % de los caninos donde el desarrollo del incisivo lateral era completo hicieron erupción.

La gran correlación de erupción del canino con el desarrollo del incisivo lateral nos lleva a la misma conclusión que el estudio de Fernández y cols., 1998. En el se observa una mayor correlación del canino con el desarrollo del incisivo lateral que con la edad mostrándonos que la erupción del canino va más ligada al desarrollo del incisivo lateral que a la edad cronológica.

### 5.1.10. Posición inicial canino

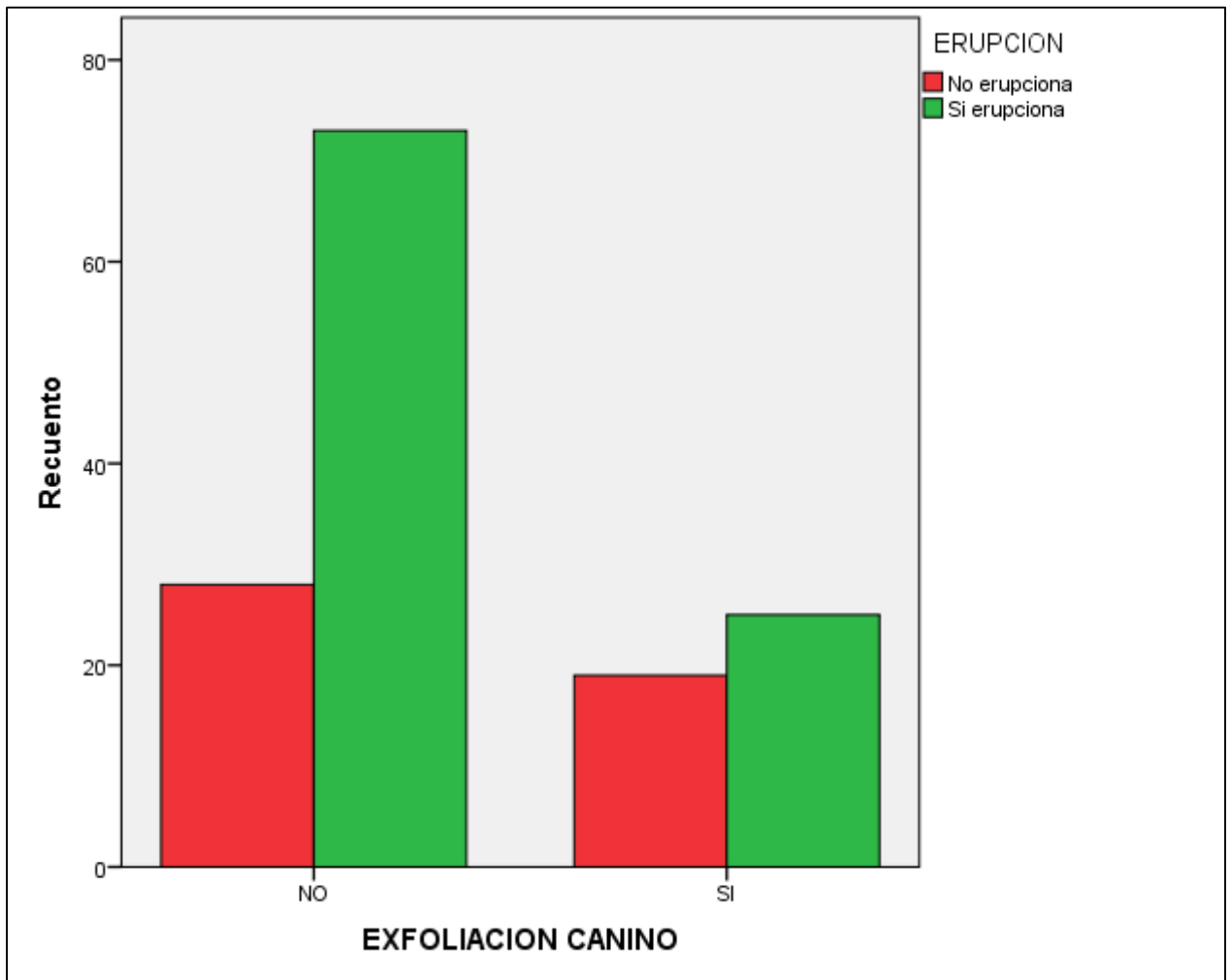


**Figura 5.10.- Diagrama de barras. Distribución en función de la posición inicial del canino.**

Teniendo en cuenta los pocos casos de caninos por vestibular, no podemos sacar una conclusión estadísticamente significativa.



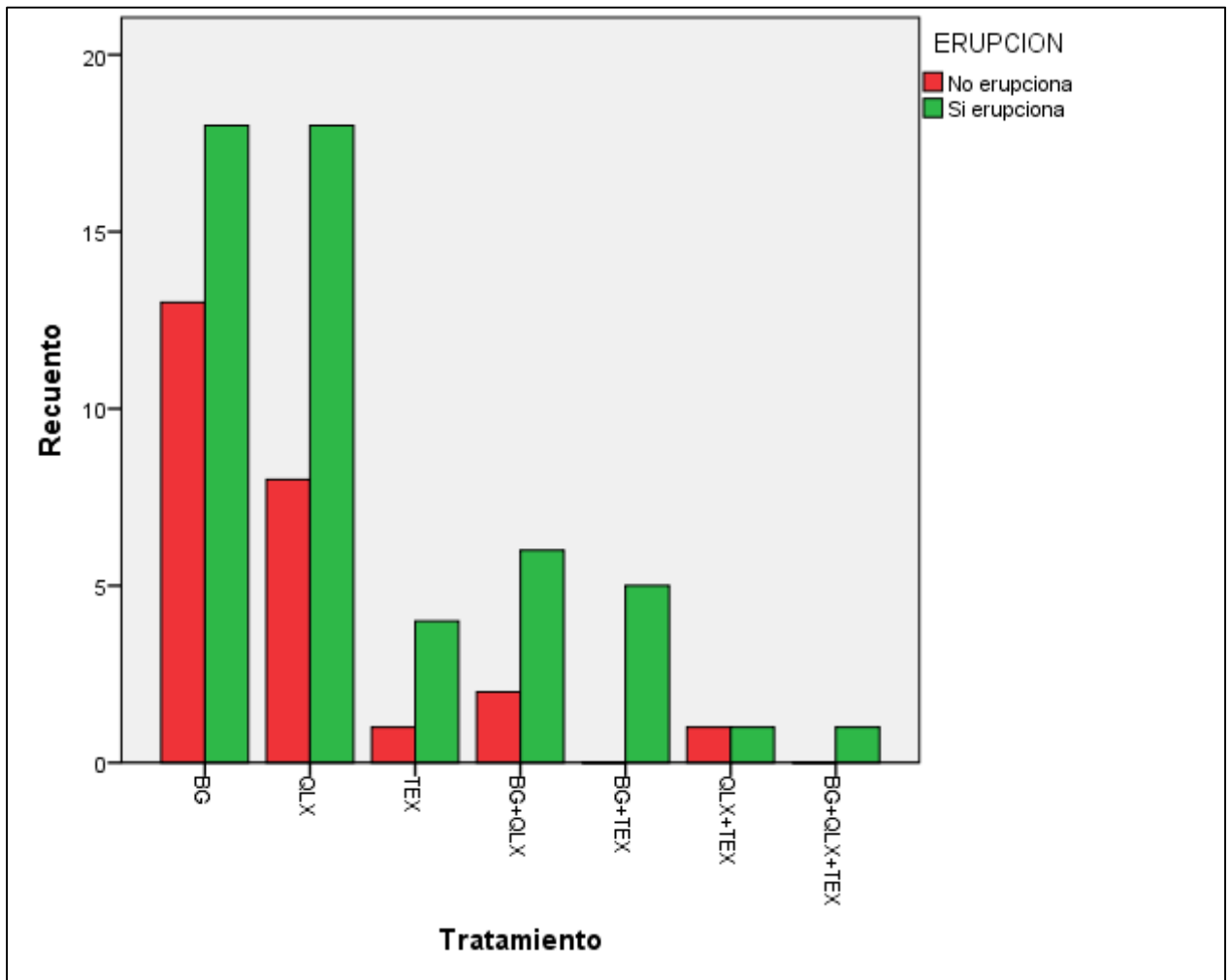
### 5.1.11. Exfoliación del canino temporal



**Figura 5.11.- Diagrama de barras. Distribución en función de la exfoliación del canino.**

En nuestro estudio existe mayor tendencia de erupción del canino cuando no se extrae los caninos deciduos. Podemos concluir 2 cosas: o bien no es necesario extraer el canino o bien este nos conserva un apreciado espacio para la posterior erupción del definitivo.

### 5.1.12. Tratamiento



**Figura 5.12.- Diagrama de barras. Distribución en función del tipo de tratamiento.**

Se han utilizado 3 tipos de aparatos ortodóncicos, los cuales se han empleado de forma unitaria o conjunta. La suma hace 7 tipos de tratamiento. Si bien se puede observar que todos ellos funcionan, la eficacia del uso del Quadhelix predomina sobre los demás.

Comparación entre las variables continuas utilizando el test no paramétrico U de Mann-Whitney

La Tabla muestra que únicamente la inclinación inicial del incisivo ( $p < 0,05$ ) puede considerarse diferente en los dos grupos considerados (erupción normal y necesidad de fenestración)

**Prueba de Mann-Whitney**

ERUPCION		N	Rango promedio	Suma de rangos	Sig. U de Mann-Whitney
<b>L_INC13</b>	No erupciona	47	84,67	3979,50	<b>0,020</b>
	Si erupciona	98	67,40	6605,50	
	Total	145			
<b>Nolla</b>	No erupciona	47	74,30	3492,00	<b>0,622</b>
	Si erupciona	96	70,88	6804,00	
	Total	143			
<b>F_INC13</b>	No erupciona	47	74,65	3508,50	<b>0,743</b>
	Si	98	72,21	7076,50	

	<b>erupciona</b>				
	<b>Total</b>	<b>145</b>			
<b>EDAD_INICIO</b>	<b>No</b>	<b>25</b>	<b>37,48</b>	<b>937,00</b>	
	<b>erupciona</b>				
	<b>Si</b>	<b>53</b>	<b>40,45</b>	<b>2144,00</b>	<b>0,588</b>
	<b>erupciona</b>				
	<b>Total</b>	<b>78</b>			
<b>OK_DUR</b>	<b>No</b>	<b>25</b>	<b>40,62</b>	<b>1015,50</b>	
	<b>erupciona</b>				
	<b>Si</b>	<b>53</b>	<b>38,97</b>	<b>2065,50</b>	<b>0,764</b>
	<b>erupciona</b>				
	<b>Total</b>	<b>78</b>			
<b>Edad</b>	<b>No</b>	<b>25</b>	<b>45,76</b>	<b>1144,00</b>	
	<b>erupciona</b>				
	<b>Si</b>	<b>53</b>	<b>36,55</b>	<b>1937,00</b>	<b>0,094</b>
	<b>erupciona</b>				
	<b>Total</b>	<b>78</b>			

**Tabla 6.- Comparación entre las variables continuas utilizando el test no paramétrico U de Mann-Withney.**

Para las variables categóricas vamos a utilizar tablas de contingencia para probar la asociación entre factores, con prueba de la Chi-cuadrado.

Hay asociación para las variables: Sector, pero dado que había varias casillas con recuento esperado menor de 5 (tabla 7) se ha realizado una agrupación de los sectores 2-3 y 4-5 y el resultado se muestra en la tabla 8. Aunque aún queda una casilla con recuento esperado menor de 5 se comprueba la fuerte asociación entre no erupción y situación del canino en los sectores 4-5 (residuo estándar  $\gg 1,5$ )

**SECT\_in\*FENESTRACION tabulación cruzada**

		ERUPCION		Total
		No erupción	Sí erupción	
SECT_in 1	Recuento	10	63	73
	Recuento esperado	19,4	53,6	73,0
	Residuo estándar	-2,1	1,3	
2	Recuento	13	34	47
	Recuento esperado	12,5	34,5	47,0
	Residuo estándar	,1	-,1	
3	Recuento	5	6	11
	Recuento esperado	2,9	8,1	11,0
	Residuo estándar	1,2	-,7	
4	Recuento	6	2	8
	Recuento esperado	2,1	5,9	8,0
	Residuo estándar	2,7	-1,6	

5	Recuento	4	0	4
	Recuento esperado	1,1	2,9	4,0
	Residuo estándar	2,8	-1,7	
Total	Recuento	38	105	143
	Recuento esperado	38,0	105,0	143,0

**Tabla 7.- Tablas de contingencia para probar la asociación entre factores para la variable Sector.**

**Sector\_agrup\*ERUPCION tabulación cruzada**

		ERUPCION		Total
		No erupciona	Si erupciona	
Sector_agrup 1 p	Recuento	10	63	73
	Recuento esperado	19,4	53,6	73,0
	Residuo estándar	-2,1	1,3	
2-3	Recuento	18	40	58
	Recuento esperado	15,4	42,6	58,0
	Residuo estándar	,7	-,4	
4-5	Recuento	10	2	12

	<b>Recuento esperado</b>	3,2	8,8	12,0
	<b>Residuo estándar</b>	3,8	-2,3	
<b>Total</b>	<b>Recuento</b>	38	105	143
	<b>Recuento esperado</b>	38,0	105,0	143,0

**Tabla 8.- Tabla de contingencia para probar la asociación entre factores para la variable Sector con los sectores agrupados.**

Existe una asociación significativa en el sector 1 de no necesitar fenestración.

Hay una fuerte asociación en el sector 4-5 a que no erupcionen los caninos , ya que el residuo estándar es muy superior a 1,5.

#### **Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (2 caras)
Chi-cuadrado de Pearson	26,607 <sup>a</sup>	2	0,000002
Razón de verosimilitud	24,604	2	0,000005
Asociación lineal por lineal	25,882	1	3,6302E-7
N de casos válidos	143		

**Tabla 9.- Tabla de contingencia del sector con prueba de la Chi-cuadrado**

Las variables sexo ( $p=0,622$ ); tooth length ( $p=0,635$ ); exfoliación ( $p=0,067$ ), posición del canino ( $p=0,479$ ); DLI ( $p=0,362$ ); tipo de tratamiento ( $p=0,257$ ); abanicado ( $p=0,233$ ) no presentan asociación entre dichas variables y la erupción o no del canino.

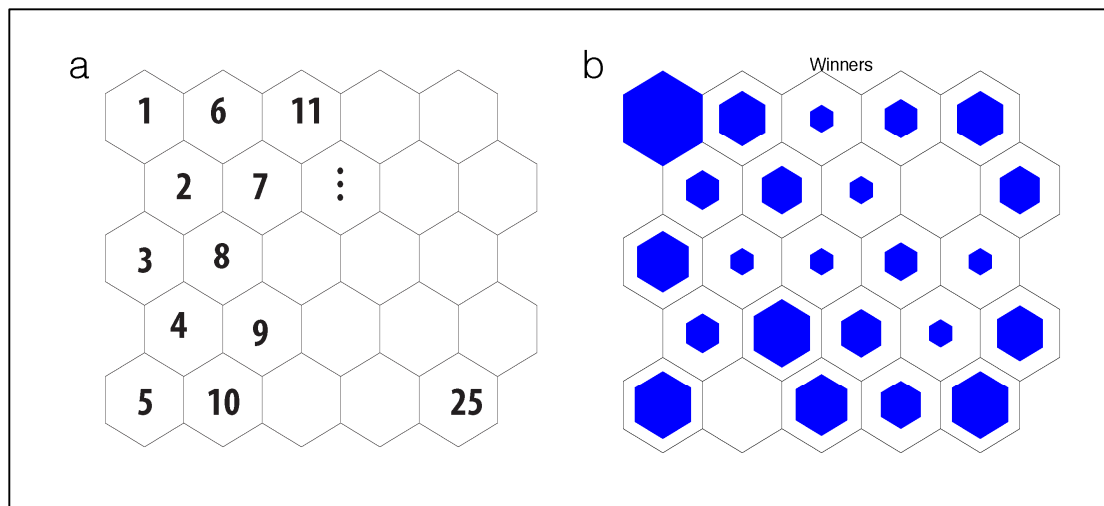
No obstante lo indicado hay algunas variables que si bien no llegan a tener significación estadística, están cerca de dicha significación o puede ser que en unión de otras variables puedan llegar a conformar un patrón que explique por qué unos pacientes necesitan fenestración a pesar del tratamiento interceptivo y otros con dicho tratamiento tienen suficiente para una erupción normal.

Por ello se ha recurrido a otro tipo tanto de representación de las variables, que nos permita una valoración conjunta de todas ellas, como es los mapas auto organizados SOM y a la utilización de pruebas estadísticas lineales como la regresión logística y no lineales como la maquina vector, los arboles de decisión y las redes neuronales para tratar de encontrar si existe una posibilidad de diagnóstico precoz de la necesidad de la necesidad de impactación.



## 5.2. Mapas auto organizados

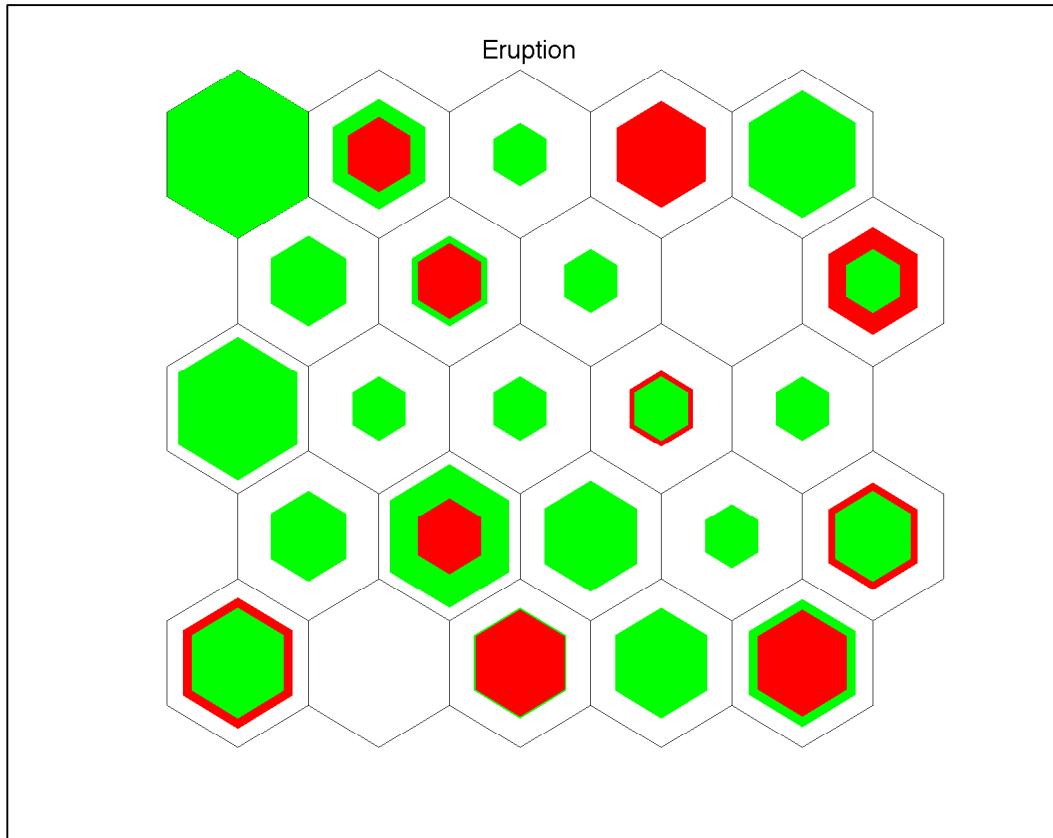
En la segunda parte, tal y como se ha comentado en el apartado anterior de mapas auto organizados cada paciente viene representado por un vector de tantas componentes como variables hay en el estudio: inicialmente son 25 variables. El análisis de las distancias mínimas entre estos vectores permite agrupar los pacientes en las neuronas cuando estos tienen características similares. En nuestro estudio teniendo en cuenta el número de casos, se utilizó un mapa de 25 neuronas en las cuales los 78 pacientes se distribuyeron en las neuronas como indica la Figura 5.1.3.



**Figura 5.1.3.- a) Numeración de las neuronas: Por convenio las neuronas se numeran de arriba abajo y de izquierda a derecha; b) Distribución de los pacientes del estudio en cada una de las neuronas considerando las 25 variables del estudio. Las neuronas vacías corresponden a patrones que no se ajustan a ningún paciente y el mayor o menor nivel de coloración azul indica el mayor o menor número de pacientes en cada neurona.**

Con el criterio indicado en material y método de que una mayor porcentaje de relleno de la neurona indica un mayor número de pacientes con ese patrón y una neurona vacía que no hay casos con las características que corresponderían a esa neurona, podemos observar que, la neurona 1 con 12 pacientes, la 5, 9 y 25 con 6 pacientes cada una son las neuronas con mayor número de pacientes. El resto de neuronas contienen entre 5 y 1 paciente y las neuronas 10 y 17 están vacías. Por tanto, en cada neurona se tiene los distintos patrones que podemos encontrar en nuestro estudio teniendo en cuenta que el agrupamiento se ha realizado buscando pacientes con similitud de mínima distancia, según el algoritmo de Artificial Neural Network, entre los integrantes de cada neurona.

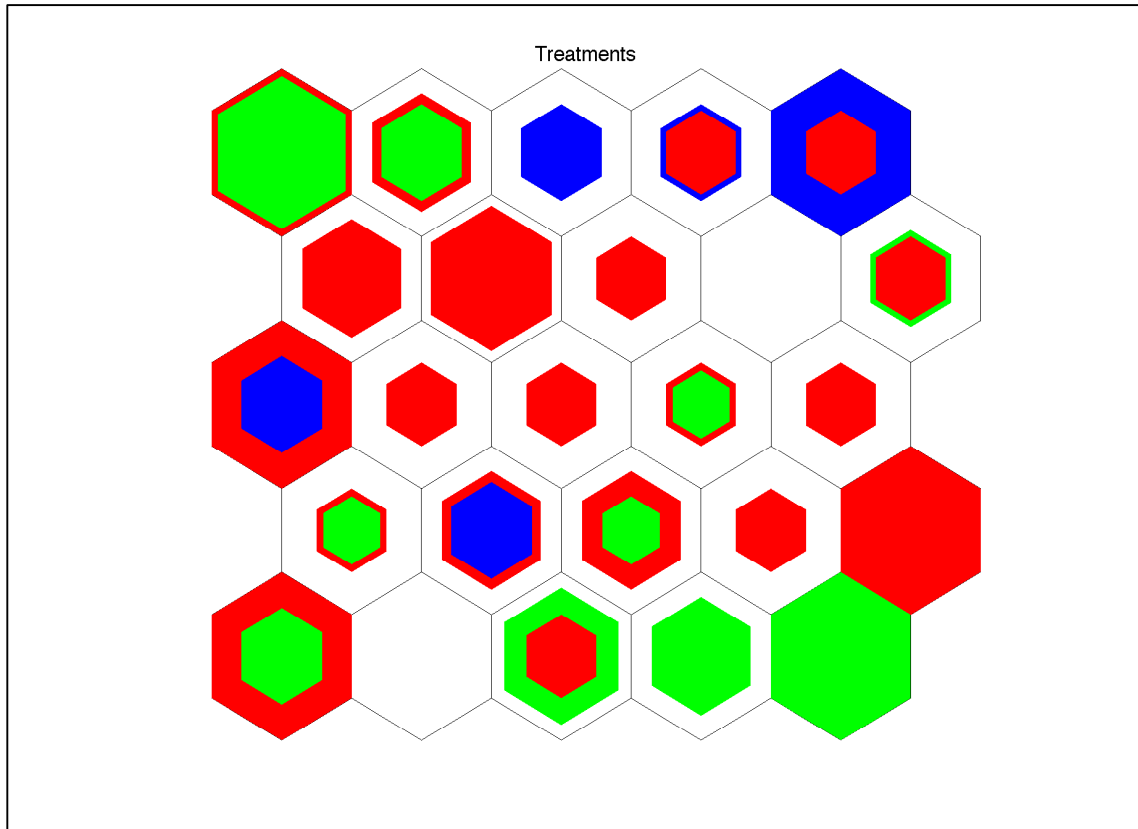
Con este mismo esquema se puede mostrar (Figura 5.14) como se distribuye en cada neurona y por tanto en cada patrón de comportamiento, los pacientes en los que ha sido necesario hacer una fenestración para conseguir la erupción del canino (color rojo) o si éste ha salido con el tratamiento ortodóncico interceptivo (color verde).



**Figura 5.14. Distribución de los casos que han necesitado fenestración (rojo) y los que han necesitado solo tratamiento interceptivo (verde) en cada una de las neuronas. Las neuronas vacías corresponden a patrones inexistentes en nuestro estudio.**

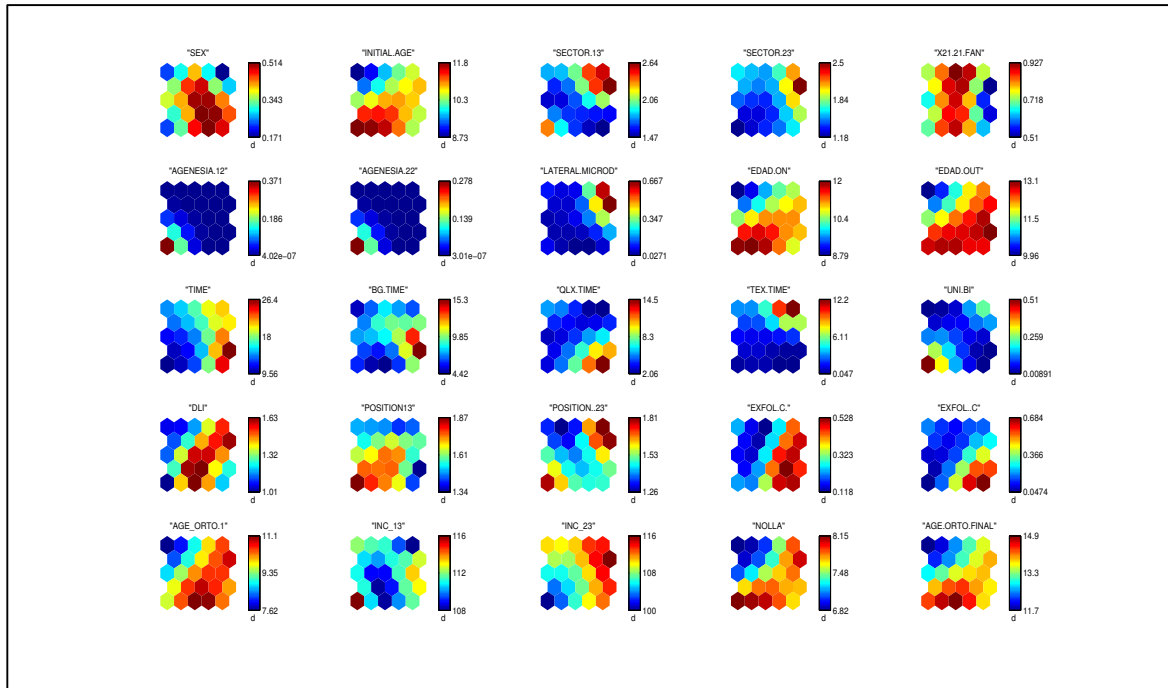
Así puede observarse que en algunas neuronas todos, o prácticamente todos los caninos de los pacientes han hecho erupción, mientras que, en otras neuronas, ocurre lo contrario y en un tercer grupo puede observarse que hay prácticamente el mismo número de casos que necesitan fenestración que casos que hacen erupción mediante ortodoncia.

En la Figura 5.15 se muestra la distribución de los tratamientos ortodóncicos empleados (BG, QHX y TEX) en cada neurona.



**Figura 5.15. Tratamientos ortodóncicos empleados ( verde= Bg; rojo = QLX; azul = TEX)**

Por último en la Figura 5.16 se muestra para cada una de las 25 variables del estudio la distribución en escala de color del valor de cada una de estas magnitudes en el patrón que corresponde a cada neurona

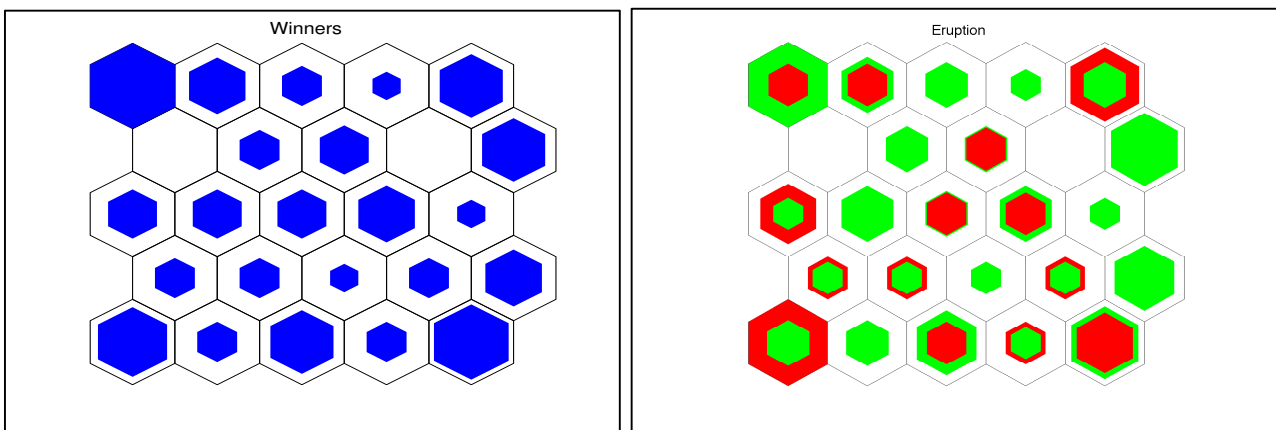


**Figura 5.16.- Distribución de los valores de las variables del estudio en cada una de las neuronas. El significado y valoración de las variables representadas está indicado en la Tabla 4.**

Al analizar los mapas se puede observar que algunas variables presentan la misma información, por ejemplo, Agenesia 12 y Agenesia 22 y otras con representación prácticamente simétrica como la variable microdoncia lateral, por ello se suprimieron estas 3 variables y se sustituyeron por “desarrollo” (tooth-length) que tenía valor 0 en el caso de agenesia, 1 en el caso de microdoncia lateral y 2 si el diente era completo. Otras variables de comportamiento similar eran age orto inicial, y age orto final; edad\_on y edad\_out. Además la variable tipo de tratamiento, también se eliminó del estudio ya que no se observaba correlación entre neuronas con mejor pronóstico de erupción del canino con el tipo de tratamiento y dado que todos ellos eran tratamientos interceptivos se consideró una variable que afectaba por igual a todos los casos considerados. Por tanto tampoco se consideraron en adelante los tiempos de duración de cada tratamiento individual. Estas variables quedaron

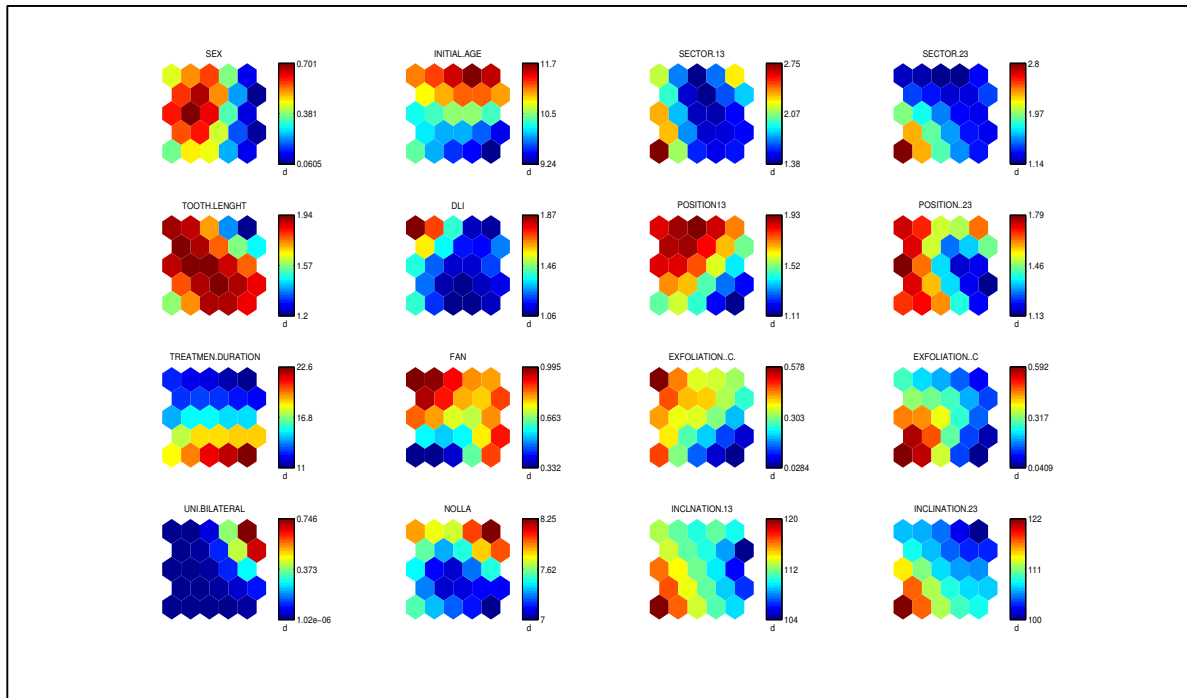
representadas por la edad del paciente en el momento de iniciar el tratamiento y la duración de éste en la que se englobaba el tiempo empleado en todos los tratamientos utilizados. Con estas consideraciones se procedió a realizar un segundo análisis en el que se redujo el número de variable a 16, conservando las variables: SEX, INITIAL AGE, SECTOR 13/23, DLI, POSITION 13/23, TREATMENT DURATION, X21.21 FAN, EXFOL C+/+C, UNI/BI, NOLLA, INC 13/23, ya indicadas en la tabla 4 y añadiendo la variable TOOTH LENGHT definida al inicio del párrafo.

Al modificarse el vector que caracteriza a cada paciente los patrones también se modifican y en este caso los pacientes quedaron distribuidos según indica la Figura 5.17(a), así como los casos de pacientes a los que se aplicó la fenestración y los casos de erupción normal con el tratamiento ortodóncico Figura 5.17(b),



**Figura 5.17. (a) Distribución de los pacientes del estudio (b) Distribución de los casos que han necesitado fenestración (rojo) y los que han necesitado solo tratamiento interceptivo (verde). Las neuronas vacías corresponden a patrones en los que no hay ningún paciente, el nivel de coloración indica el número de pacientes en cada neurona.**

El mapa de componentes correspondiente a las 16 variables consideradas es el que muestra la Figura 5.18.



**Figura 5.18.- Distribución de los valores de las variables del estudio en cada una de la neuronas que contienen el patrón de pacientes con similitud de mínima distancia según el algoritmo de Artificial Neural Network, para las 16 variables consideradas. La variable analizada aparece encima de cada mapa.**

### 5.2.1.- Análisis neuronal del mapa auto organizado

Este método de representación gráfica permite seguir las características del patrón de los pacientes que ocupan cada neurona. Podemos fijarnos en neuronas en las que el patrón corresponde a alta probabilidad de erupción del canino sin necesidad de fenestración, en neuronas en que el patrón corresponde a alta probabilidad de necesidad de tener que realizar

la fenestración o neuronas con probabilidad intermedia. Así, por ejemplo, en la Fig. 6b, la casilla 1 en la que 8 de los 9 pacientes que contiene (89%) no han necesitado fenestración para la erupción de los caninos presentan un patrón como el que se muestra en la tabla 2. En esta tabla se muestra también el patrón de la neurona 6 en la que 4 de los 6 pacientes que contiene (66.6%) sí que han necesitado fenestración para la erupción del canino. Se ha elegido estas dos neuronas ya que dado que están consecutivas puede apreciarse la diferencia del patrón en ellas.

N	Sex	IntAg	S13	S23	TL	DLI	P13	P23	TD	FAN	EC+	E+C	U/B	No	I13	I23
1	0.33	11.1	2.1	1.2	1.9	1.87	1.7	1.6	13	1	0.57	0.3	0	8	113	106
5	0.20	10.6	2.75	2.8	1.4	1.5	1.4	1.5	18	0.3	0.46	0.59	0	7	120	120

**Tabla 10.- Valores promedio del patrón de paciente que corresponde a cada neurona (N) considerada. La neurona 1 corresponde a alta probabilidad de no necesitar fenestración. La neurona 6 corresponde a un patrón de probabilidad media de necesitar fenestración para conseguir la erupción del canino. N: número de neurona; IntAg: INITIAL AGE; S13: SECTOR 13; S23: SECTOR 13; TL: TOOTH LENGTH; P13: POSITION 13; P23: POSITION 23; TD: TREATMENT DURATION; FAN: X21 FAN; EC+: EXFOL C+; E+C: EXFOL+C; U/B: UNI/B; No: NOLLA; I13: INC 13; I23: INC 23.**

Puede observarse que el valor de algunas variables cambia significativamente entre las dos neuronas analizadas, mientras que en otras variables los valores son similares. Para buscar el patrón de los pacientes en función del éxito del tratamiento interceptivo para la erupción del canino se han agrupado las neuronas formando 3 clúster: Grupo 1 (GR1): integrado por las neuronas 1, 7, 8, 10, 11, 14, 16, 22, 23 y 24 que presentan porcentajes de éxito con el tratamiento interceptivo por encima del 85%; Grupo 2 (GR2): integrado por las neuronas 4, 6,



9, 12, 13, 15, 16, 19, 20 y 25 en las que el porcentaje de éxito está entre el 50 y el 85% y el Grupo 3 (GR3) integrado por las neuronas 3, 5 y 21 en las que éste porcentaje resulta menor del 50%.

### 5.2.2.- Patrones significativos de erupción

La Tabla 3 muestra el patrón que corresponde a cada uno de los grupos considerados y un análisis de la varianza muestra las variables que resultan significativas a la hora de distinguir entre estos 3 grupos de pacientes. Los valores de la significación para cada variable están también recogidos en la Tabla 3 y en los casos con valor .000 debe considerarse  $p < 0,001$ .

	Media			NOVA
	GR1	GR2	GR3	
Probabilidad de erupción	<50%	0-85%	>85%	P-value
Casos	14	34	30	
SEXO	,2	,4	,4	,466
EDAD_INICIO	10,8	10,0	10,8	,085
SECTOR_13	3,5	1,5	1,7	,000
SECTOR_23	2,6	1,5	1,4	,000
Desarrollo	1,3	1,9	1,8	,000
DLI	1,3	1,2	1,4	,162
POSICION13	1,6	1,5	1,6	,750

POSICION_23	1,8	1,4	1,5	,083
DUR	13,5	19,5	13,2	,013
ABANICADO	,5	,7	,9	,010
EXFOL_Cmas	,5	,2	,3	,127
EXFOL_masC	,3	,3	,3	,989
UNI_BI	,4	,0	,2	,002
NOLLA	8,1	7,2	7,6	,037
INC13	122,5	110,2	107,6	,000
INC23	111,9	109,2	107,4	,343
ERUPCION	36%	68%	97%	,000

**Tabla 11.- Valores medios de cada una de las variables analizadas en los grupos estudiados en función de la probabilidad de éxito del tratamiento interceptivo para la erupción del canino. Valor de p obtenido de la prueba ANOVA. El test se considera significativo para  $p < 0,05$ . El número de casos de cada grupo está indicado en la tabla, así como el porcentaje de erupción en cada grupo considerado.**

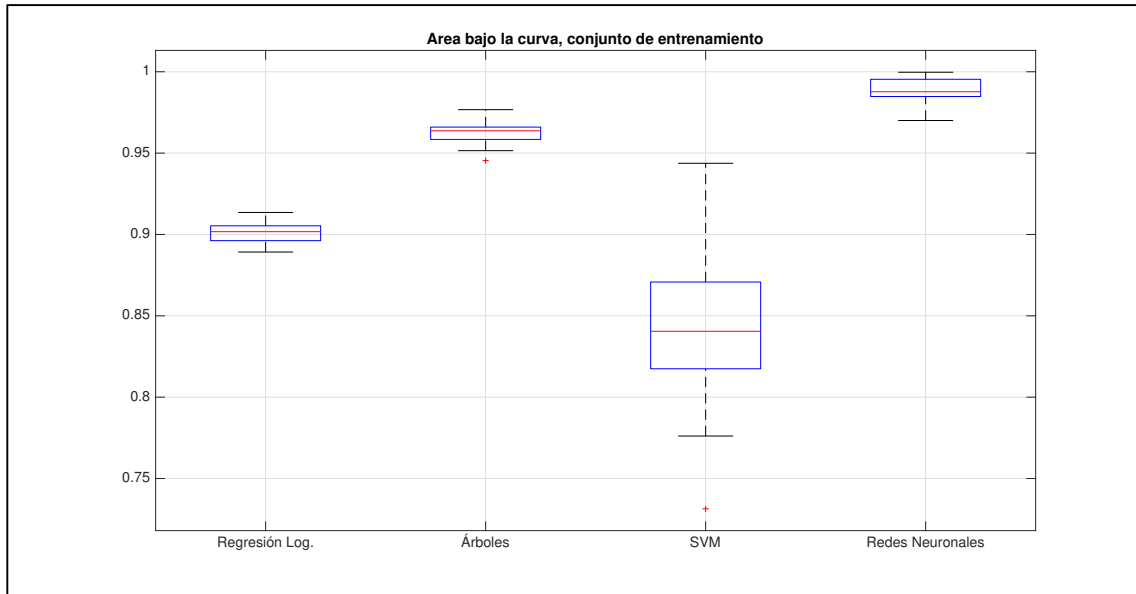
En nuestra muestra el grupo GR1 presentó una probabilidad de erupción del 36%, el grupo GR2 del 68% y el grupo GR3 del 97%, con diferencia estadísticamente significativa entre estos porcentajes, siendo por tanto los grupos de pacientes adecuados para caracterizar el patrón de erupción (<50%, entre el 50-85%, mayor del 85%). Analizando el patrón de cada uno de estos grupos, se puede observar que la inclinación inicial del canino y el sector donde están situados son factores pronóstico importantes ya que, a mayor angulación y a mayor sector, también se produce una mayor probabilidad de necesitar una fenestración. De hecho, estos resultados también se ponen de manifiesto si se analiza simplemente una comparación

de medias entre los valores de las medias de los pacientes con fenestración de los que no lo han necesitado. Pero la metodología que se ha empleado permite añadir a estos dos factores la valoración del resto de variables que conforman el patrón, algunas de las cuales presentan diferencias estadísticamente significativas en función de la probabilidad de necesitar fenestración. La dependencia de estas otras magnitudes no aparece si se realiza una estadística habitual de comparación de medias entre 2 grupos.

### **5.3. Elección del método estadístico según AUC**

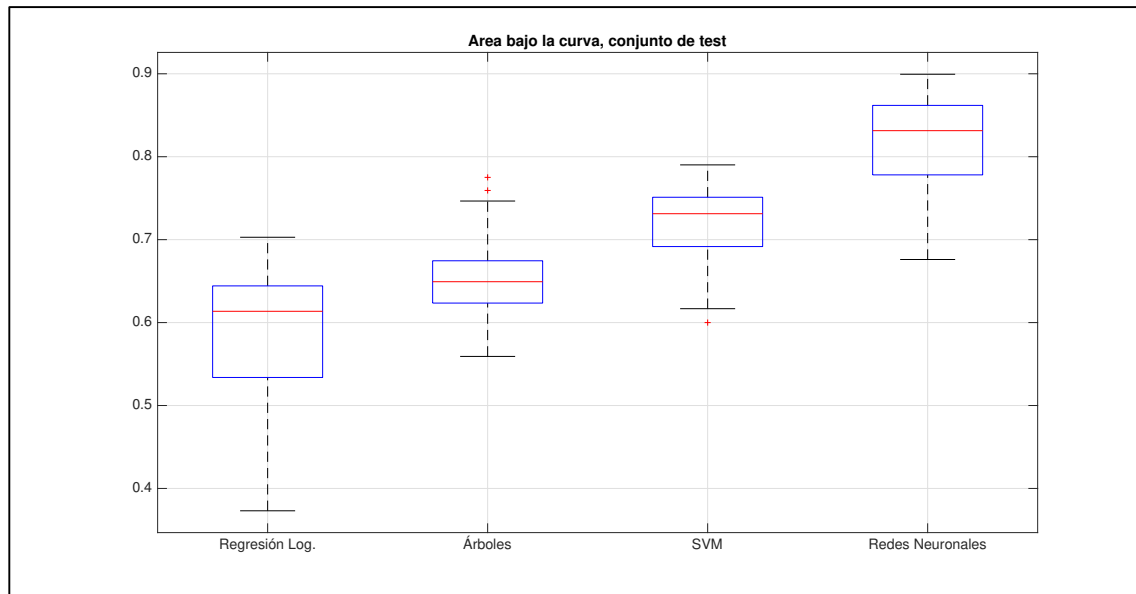
En la tercera parte, la elección de los casos que formaban parte del grupo de test y de validación se realizó de forma aleatoria y para dar consistencia al estudio se realizaron 50 elecciones de grupo test y de grupo de validación. Por tanto disponíamos de 50 grupos de estudio.

Los resultados de las AUC correspondientes a los 50 grupos de estudio en cada una de los test indicados se muestra en la figura 5.19 valores para el entrenamiento y figura 5.20 valores para la validación (o test)



**Figura 5.19.- Diagrama de cajas de los valores obtenidos del área bajo la curva (AUC) tras la aplicación de los métodos de cálculo indicados: (regresión logística, árboles de decisión, máquinas vectores soporte (SVM) y redes neuronales).**

Se han utilizando para el cálculo los datos correspondientes a los grupos de pacientes seleccionados aleatoriamente para el entrenamiento de estos métodos



**Figura 5.20.- Diagrama de cajas de los valores obtenidos del área bajo la curva (AUC) tras la aplicación de los métodos de cálculo indicados: (regresión logística, árboles de decisión, máquinas vectores soporte (SVM) y redes neuronales).**

Se han utilizado para el cálculo los datos correspondientes a los grupos de pacientes seleccionados aleatoriamente para la validación de estos métodos.

Estadísticamente se comprueba que no todos los métodos se comportan igual de bien para el estudio propuesto y concretamente las redes neuronales son las más adecuadas para este estudio.

Centrándonos ya en las redes neuronales se realizó como en el caso anterior una separación de los casos de estudio, utilizando una parte para el entrenamiento y el resto de pacientes del estudio para la validación. La elección de casos para entrenamiento o validación se realice de forma aleatoria y se formaron 30 selecciones diferentes.

Las 10 redes con mayor área bajo la curva ROC se muestran en la tabla siguiente Tabla x.

Variables más representativas según las redes neuronales

#### **5.4 Variables más representativas**

Las variables más representativas según las redes neuronales ordenadas en función del lugar que ocupan en la red son:

	REDES EN LAS QUE APARECE						
	PRIMER LUGAR	2º LUGAR	3ER LUGAR	4º LUGAR	5º LUGAR	6º LUGAR	7º LUGAR
INC_13	4	2	1	1			1
INC_23	3	3	3	0	1		
AGE	1	2	2	2	1	1	
NOLLA	1	2			2	2	
SECTOR13	1	1	1	1	1		2
SECTOR23			1	1	2	2	1
POSITION23			1	1			
DLI			1	1		2	1
POSITION13				2	1	2	1
TOOTH_LENHT				1	2		3
TREAT				1	1	3	1
FAN							1

<b>SEX</b>							
<b>EXFOL c+</b>							
<b>EXFOL +c</b>							
<b>Uni/bi</b>							

**Tabla 12.- Variables más representativas según las redes neuronales**

Las variables que ocupan los primeros lugares son más importantes y las que ocupan los lugares más bajos son las menos importantes.

Para poder determinar que variables son más representativas y poder elegir la mayor red neuronal se ha determinado para cada variable en cuantas de estas 10 redes neuronales ocupaba el primer lugar, el segundo lugar y así sucesivamente hasta el número de veces que ocupaba el lugar 16 y posteriormente se ha determinado la valoración total de cada variable pesando las veces que había ocupado el primer lugar con 16 puntos, el número de veces que ocupaba el Segundo lugar con 15 puntos y así sucesivamente de forma que las veces que ocupaba el último lugar era pesado con 1 punto.

De esta forma la valoración de las variables y su relativización a 100 puntos se muestra en la Tabla 13.

<b>INCLINATION 23</b>	<b>147</b>	<b>100</b>
<b>INCLINATION 13</b>	<b>140</b>	<b>95,24</b>
<b>INITIAL AGE</b>	<b>128</b>	<b>87,07</b>
<b>SECTOR 13</b>	<b>117</b>	<b>79,59</b>
<b>NOLLA</b>	<b>113</b>	<b>76,87</b>
<b>SECTOR 23</b>	<b>104</b>	<b>70,75</b>
<b>POSITION13</b>	<b>99</b>	<b>67,35</b>
<b>DLI</b>	<b>96</b>	<b>65,31</b>
<b>TOOTH LENGHT</b>	<b>89</b>	<b>60,54</b>
<b>POSITION 23</b>	<b>82</b>	<b>55,78</b>
<b>FAN</b>	<b>67</b>	<b>45,58</b>
<b>TREATMENT DURATION</b>	<b>62</b>	<b>42,18</b>
<b>SEX</b>	<b>35</b>	<b>23,81</b>
<b>EXFOLIATION C+</b>	<b>35</b>	<b>23,81</b>
<b>EXFOLIATION +C</b>	<b>34</b>	<b>23,13</b>
<b>UNI/BILATERAL</b>	<b>13</b>	<b>8,84</b>

**Tabla 13.- Valoración de las variables más representativas según las redes neuronales**



La agrupación en colores muestra los grupos de variables que consideramos que tienen una importancia similar ya que entre cada grupo hay un salto importante en la valoración obtenida. La importancia de cada grupo va en orden decreciente de arriba a abajo.

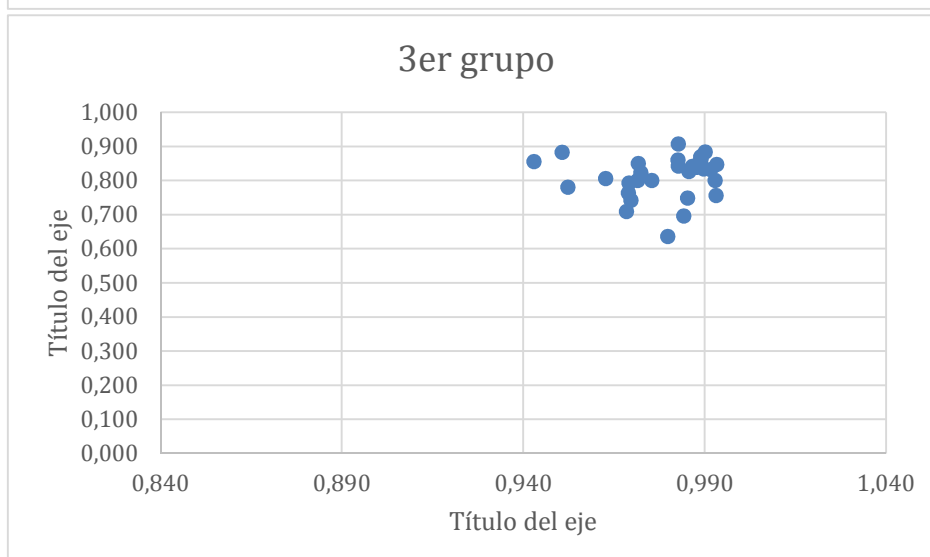
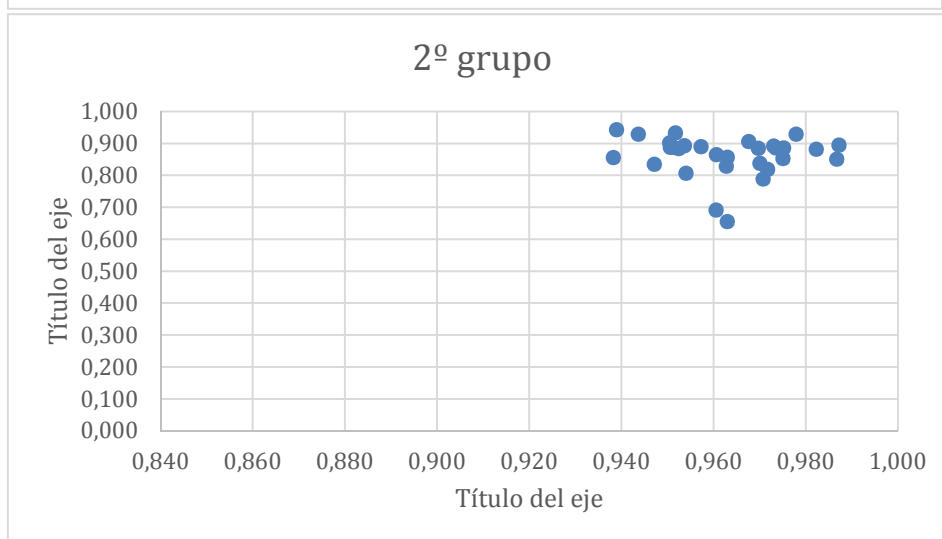
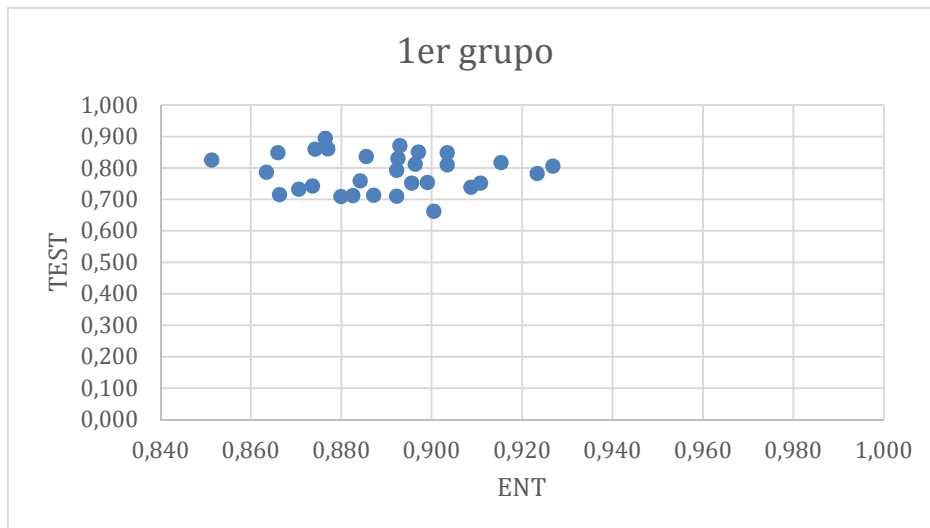
Con esta información se han ido generando redes neuronales que incorporaban en primer lugar sólo las 2 primeras variables (verde) y se valoraba el AUC obtenido posteriormente se añadían a estas variables las 4 marcadas en beige y se valoraba la variación de AUC obtenida y así sucesivamente con los grupos marcados.

<b>PRIMER GRUPO</b>		<b>SEGUNDO GRUPO</b>		<b>TERCER GRUPO</b>	
<b>ENT</b>	<b>TEST</b>	<b>ENT</b>	<b>TEST</b>	<b>ENT</b>	<b>TEST</b>
<b>0,876</b>	<b>0,894</b>	<b>0,954</b>	<b>0,807</b>	<b>0,985</b>	<b>0,748</b>
<b>0,882</b>	<b>0,712</b>	<b>0,982</b>	<b>0,882</b>	<b>0,984</b>	<b>0,696</b>
<b>0,927</b>	<b>0,806</b>	<b>0,973</b>	<b>0,893</b>	<b>0,993</b>	<b>0,800</b>
<b>0,903</b>	<b>0,849</b>	<b>0,952</b>	<b>0,933</b>	<b>0,952</b>	<b>0,781</b>
<b>0,866</b>	<b>0,715</b>	<b>0,939</b>	<b>0,944</b>	<b>0,983</b>	<b>0,907</b>
<b>0,851</b>	<b>0,825</b>	<b>0,972</b>	<b>0,820</b>	<b>0,971</b>	<b>0,800</b>
<b>0,871</b>	<b>0,733</b>	<b>0,954</b>	<b>0,894</b>	<b>0,987</b>	<b>0,841</b>
<b>0,874</b>	<b>0,860</b>	<b>0,978</b>	<b>0,930</b>	<b>0,969</b>	<b>0,763</b>
<b>0,877</b>	<b>0,861</b>	<b>0,961</b>	<b>0,866</b>	<b>0,951</b>	<b>0,883</b>
<b>0,900</b>	<b>0,663</b>	<b>0,960</b>	<b>0,692</b>	<b>0,963</b>	<b>0,806</b>
<b>0,874</b>	<b>0,743</b>	<b>0,987</b>	<b>0,895</b>	<b>0,993</b>	<b>0,848</b>
<b>0,923</b>	<b>0,783</b>	<b>0,975</b>	<b>0,854</b>	<b>0,993</b>	<b>0,756</b>
<b>0,892</b>	<b>0,793</b>	<b>0,971</b>	<b>0,789</b>	<b>0,988</b>	<b>0,844</b>
<b>0,903</b>	<b>0,810</b>	<b>0,987</b>	<b>0,851</b>	<b>0,970</b>	<b>0,742</b>
<b>0,892</b>	<b>0,830</b>	<b>0,944</b>	<b>0,929</b>	<b>0,975</b>	<b>0,801</b>
<b>0,911</b>	<b>0,752</b>	<b>0,947</b>	<b>0,836</b>	<b>0,972</b>	<b>0,822</b>
<b>0,899</b>	<b>0,754</b>	<b>0,951</b>	<b>0,889</b>	<b>0,943</b>	<b>0,855</b>
<b>0,886</b>	<b>0,836</b>	<b>0,963</b>	<b>0,656</b>	<b>0,969</b>	<b>0,793</b>
<b>0,880</b>	<b>0,709</b>	<b>0,951</b>	<b>0,889</b>	<b>0,983</b>	<b>0,843</b>
<b>0,915</b>	<b>0,817</b>	<b>0,952</b>	<b>0,884</b>	<b>0,980</b>	<b>0,636</b>
<b>0,892</b>	<b>0,710</b>	<b>0,970</b>	<b>0,839</b>	<b>0,989</b>	<b>0,869</b>
<b>0,909</b>	<b>0,738</b>	<b>0,950</b>	<b>0,902</b>	<b>0,992</b>	<b>0,832</b>
<b>0,896</b>	<b>0,812</b>	<b>0,968</b>	<b>0,906</b>	<b>0,990</b>	<b>0,883</b>

0,896	0,752	0,963	0,857	0,988	0,838
0,893	0,872	0,957	0,891	0,990	0,834
0,884	0,759	0,970	0,885	0,972	0,850
0,863	0,787	0,973	0,887	0,989	0,863
0,866	0,849	0,975	0,887	0,968	0,709
0,897	0,851	0,938	0,856	0,986	0,826
0,887	0,714	0,963	0,829	0,983	0,861

**Tabla 14.- Valores del área bajo la curva (AUC) correspondientes a utilizar una red neuronal con únicamente las variables del grupo 1 (INCLINATION 13, INCLINATION 23), del grupo 1+grupo 2 (INCLINATION 23, INCLINATION 13 INITIAL AGE, SECTOR 13, NOLLA, SECTOR 23) y del grupo1+grupo2+grupo3 (INCLINATION 23, INCLINATION 13 INITIAL AGE, SECTOR 13, NOLLA, SECTOR 23, POSITION13, DLI, TOOTH LENGHT, POSITION 23)**

Si representamos los valores de la AUC de la validación en función de la AUC del entrenamiento para cada uno de estos grupos de variables (Figura 5.21) se muestra que únicamente con las variables del grupo 1 (INCLINATION 13, INCLINATION 23) ya se obtiene valores significativos del AUC (valor medio para el entrenamiento de 0,889 y de 0,786 para la validación)



**Figura 5-21.- Representación gráfica de los valores del área bajo la curva (AUC), para los grupos de validación (TEST) en función de los valores para los grupos de**

**entrenamiento (ENT), considerando en cada caso grupos de variables: (a) 1º grupo: (INCLINATION 23, INCLINATION 13); (b) 2º grupo: (las variables del grupo 1º más, INITIAL AGE, SECTOR 13, NOLLA, SECTOR 23); (c) 3º grupo: (las variables del grupo 2º más POSITION13, DLI, TOOTH LENGHT, POSITION 23).**

Al incorporar a éstas 2 variables iniciales, el segundo grupo de variables (INITIAL AGE, SECTOR 13, NOLLA, SECTOR 23) se observa una mejoría significativa en el valor del AUC, (valor medio para el entrenamiento de 0,963 y de 0,862 para la validación). Esto implica un gran mejora en la determinación diagnóstica. Sin embargo la incorporación a este conjunto de variables de las recogidas en tercer grupo, (POSITION13, DLI, TOOTH LENGHT, POSITION 23) no produce aumento de los valores de AUC (valor medio para el entrenamiento de 0,862 y de 0,811 para la validación) y por tanto consideramos que esas variables ya no incorporan mejoría en el diagnóstico y por supuesto el resto de grupos tampoco tienen influencia.

Por tanto las variables decisivas para el diagnóstico precoz de la posibilidad de necesidad de fenestración son las correspondientes a los dos primeros grupos indicados.



## **DISCUSSION**





## 6. DISCUSION

Aunque es muy complicado predecir con absoluta seguridad qué pacientes van a necesitar una fenestración para conseguir la erupción del canino, con el enfoque realizado en este trabajo presentamos el patrón de los pacientes en función de su probabilidad de necesitar o no una fenestración para conseguir la erupción del canino tras un tratamiento interceptivo.

Encontramos un “patrón de baja probabilidad de lograr la erupción del canino con solo el tratamiento interceptivo” (1º columna de la tabla correspondiente a  $< 50\%$ ) con los siguientes valores:

- a) Valores del sector superior a 2,5.
- b) Escaso Desarrollo del incisivo lateral.
- c) Estadio de Nolla superior a 8.
- d) Inclinación del canino superior a  $112^\circ$ .

En nuestra muestra sólo el 36% de los pacientes con este patrón tuvieron éxito en la erupción del canino utilizando únicamente tratamiento interceptivo.

Por el contrario, encontramos un “patrón de alta probabilidad ( $>85\%$ ) de no necesitar una fenestración final” para acabar el tratamiento. Dicho patrón corresponde los siguientes valores:

- a) Valores del sector del 13 y 23 inferior a 1,7.
- b) Incisivo lateral muy desarrollado.
- c) Estadio de Nolla inferior a 7,6.
- d) Inclinaciones del canino inferior a  $107^\circ$ .

Aunque la mayor parte de los estudios se enfocan sobre la posibilidad de impactación o no del CSP y para explicar esta alteración se han presentado numerosas variables, no todas ellas resultan significativas a la hora de explicar la necesidad de un ulterior complemento quirúrgico para llevar el CSP a su correcta ubicación final. Así, por ejemplo, la alteración del CSP que se muestra como más frecuente para las chicas, no significa que en este colectivo se vaya a precisar un mayor porcentaje de fenestraciones. De forma análoga otras variables de interés en los estudios de caninos impactados tales como la edad de inicio del tratamiento, desarrollo coronal del incisivo lateral, DLI, la posición palatina o vestibular del canino y la exfoliación del canino deciduo que algunos consideran efectivo (Ericson y Kuroi, 1988, 1987; Olive, 2002; Power y Short, 1993; Jacobs, 1998,1999; Bishara,1998; Sigler y cols., 2009 ) para nuestro estudio, sin embargo, no tienen esa importancia a la hora de predecir si se va a necesitar fenestración o no.

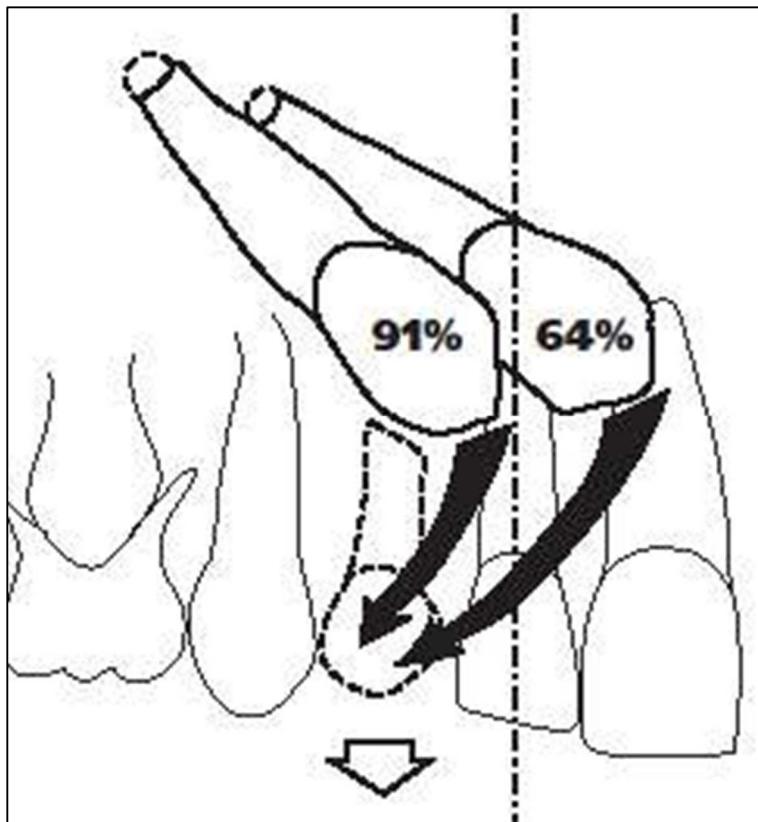
En muchos estudios se ha propuesto como primer paso en el tratamiento de la impactación de caninos maxilares la exfoliación temprana del canino temporal, ya que lo consideran efectivo siempre y cuando las condiciones de espacio normal en la arcada estén presentes (Ericson y Kuroi,1988, 1987; Jacobs,1998; Bishara,1998)

En 1988 Ericson y Kuroi basándose en el diagnóstico con una radiografía panorámica, estudiaron el efecto, a 18 meses vista, de la extracción de los caninos temporales, como medida preventiva en la impactación de caninos maxilares cuando éstos sufrían una desviación en su vía eruptiva y obtuvieron estos resultados:

-La extracción temprana de caninos temporales puede normalizar la erupción ectópica de los caninos maxilares.

-Antes de que el niño tenga 11 años, el 91% normalizan su trayectoria si la corona está a distal a la línea media de la raíz del incisivo lateral y la tasa de éxito se reduce al 64% si la

corona del canino está mesial a la línea media del incisivo lateral (Figura 6, Ericson y Kurol, 1988)



**Figura 6.- Probabilidad de erupción del canino según la edad y localización. (Ericson y Kurol, 1988)**

Olive en 2002 observó que con la extracción de caninos temporales y tratamiento ortodóncico de apertura de espacio, el 75% de los caninos erupcionaron con éxito y en el 94% de los casos se redujo la severidad de la impactación. (Olive, 2002)

Sigler, Baccetti y Mc Namara (2009) estudiaron el efecto de una expansión rápida maxilar y terapia del arco transpalatino combinado con la extracción de caninos deciduos. Concluyeron que el tratamiento de pacientes en dentición tardía mixta con caninos desplazados a palatino es efectivo.

En el estudio de Leonardi y Baccetti en 2004 se demuestra que la extracción de caninos

deciduos como medida preventiva aislada para interceptar impactación palatina de caninos no es efectiva, ya que la tasa de éxito conseguida es del 50%, lo cual es considerablemente menor que los datos previos de estudios longitudinales. Además la tasa de éxito en los cuales se extrajeron los caninos temporales no difieren significativamente de la tasa de erupción espontánea en el grupo no tratado. Sin embargo, si se combina con tracción extraoral la tasa asciende a 80% y además se observa una mejoría en la posición intraósea del canino definitivo. (Leonardi y cols., 2004)

Baccetti en 2011 realizó un estudio prospectivo longitudinal randomizado en el que investigaba la efectividad del uso de barra palatina combinada con la extracción del canino temporal, precedida o no de la realización de una expansión maxilar como tratamiento interceptivo en dentición mixta tardía. Obtuvo los siguientes resultados:

-La prevalencia de erupción del canino en el grupo de expansión maxilar+ barra palatina+ extracción del canino temporal fue 80%.

-La prevalencia de éxito en el grupo tratado con barra palatina y extracción del canino temporal fue de 79%.

-La prevalencia en el grupo tratado con la extracción del canino exclusivamente fue de 62,5%.

-La prevalencia en el grupo control fue 28%.

Los resultados muestran claramente la efectividad de este tratamiento y se observa que los resultados son similares realizando o no una expansión previa, por eso estos autores proponen como alternativa efectiva de tratamiento el uso de barra palatina asociada a extracción de canino temporal, ya que mantiene el espacio sin colaboración del paciente, es mínimamente invasiva para el paciente y conduce a una tasa de éxito similar al tratamiento más complejo que implica expansión maxilar o uso de tracción extraoral.

Incluso la duración del tratamiento, que sí que muestra diferencia estadísticamente significativa entre los grupos como se muestra en la Tabla 3, no es representativa para nuestro estudio al no existir diferencia en los casos de alta y baja probabilidad.

Sin embargo, las variables “sector, inclinación, abanicamiento, estadío de Nolla” sí que resultan predictivas acerca de la necesidad o no de fenestración (Schour,1941;Broadbent, 1941 ;Dewell, 1949; Newcomb 1959; Sachan 2013; Nolla, 1960). También son estas variables las que muestran una mayor relación con la impactación de caninos en los distintos estudios revisados. Así, en 1992 Lindauer utilizó los mismos sectores que en el artículo de Wardford para poder identificar de forma temprana la impactación de caninos. Según estos autores el 78% de los caninos impactados estaban en los sectores II, III y IV , es decir, que la corona del canino estaba , por lo menos, en contacto o traspasando el eje longitudinal de la raíz del incisivo lateral adyacente. Wardorf (2003) concluyó que la variable “sector” es el mejor método de predicción en la impactación de caninos en palatino y que la angulación no aumenta la predicción de impactación. En este estudio el 82% de las impactaciones se localizaban en los sectores II,III y IV. En nuestro estudio podemos constatar que en el patrón con alta probabilidad de necesitar fenestración esta variable presentaba un valor medio de 3, considerando el canino derecho e izquierdo, frente al valor de 1,5 para los casos de baja probabilidad. Cabe señalar en este punto que aunque presentamos valores promedios de los dientes contralaterales, en nuestro estudio no se comporta igual la parte derecha e izquierda: el CSP derecho se desvía más frecuentemente y con más intensidad que el CSP izquierdo.

Warford también establece que la angulación media para los caninos impactados es 63,2° que se corresponden con nuestro ángulo de medida a 116,8°. En nuestro estudio puede observarse que el patrón de mayor probabilidad de necesitar una fenestración corresponde a valores elevados de este ángulo, 117,2° de media frente a los 107,5° en el patrón de baja probabilidad.

El desarrollo del incisivo lateral y el estadio de Nolla también han resultado de interés en nuestro estudio, siendo estas variables referenciadas en muchos estudios de impactación de caninos (Fernández y cols., 1998; Nolla, 1960). En nuestro caso, la necesidad de una fenestración va asociada con incisivos laterales poco desarrollados y estadios de Nolla más bajos. Jacobs y, Becker y Chaushu también sostienen esta teoría eruptiva en su artículo de 2015, ya que Observaron que la mitad de los pacientes con caninos impactados en palatino presentaban un desarrollo tardío de la dentición (de media 1,5 años), lo cual se asocia con unos estadios de Nolla inferior a 7,6 e incisivos poco desarrollados (Becker y Chaushu, 2000; Jacobs, 1999). Sin embargo algunos autores establecen que la edad en que debería erupcionar el canino maxilar es 13 años en niños y 12 años y 3 meses en niñas (Bishara, 1992). Según Baccetti en 2003, el momento más apropiado para mejorar la longitud de arcada es en dentición mixta tardía. (Baccetti, 2003)

Becker y Chaushu en 2000, usaron criterios de calcificación dental para comprobar si existe relación entre la impactación de caninos por palatino y el desarrollo dental tardío. Observaron que la mitad de los pacientes con caninos impactados en palatino presentaban un desarrollo tardío de la dentición (de media 1,5 años) y que la otra mitad presentaban una edad dental de acuerdo a la cronológica.

Sin embargo, en los casos de caninos impactados por vestibular, no existe una relación significativa con denticiones tardías, no existen diferencias con el grupo control. Por lo que concluyen que la impactación de caninos por palatino sí está relacionado con el desarrollo tardío de la dentición.

Becker y Chausu, 2003 sostienen que la edad es la principal causa de fracaso en el tratamiento de los caninos impactados (Becker y Chausu, 2003). En nuestro estudio la edad viene determinada por el estadio de Nolla. Existen otras formas de valorar el estado de desarrollo del diente como el método Demirjian. (Demirjian y cols., 1973)

En 2013, se llevó a cabo un estudio en Lucknow, India, para evaluar la fiabilidad de la edad dental y encontrar su comparación con la edad cronológica utilizando los estadios de Nolla.

Se registró una media ligeramente superior en la edad estimada ( edad dental ) en comparación a la edad real ( edad cronológica ). Las mujeres estaban más avanzadas en la maduración dental que los hombres. La edad cronológica mostró correlación inconsistente con la edad dental . Se concluyó que las etapas de calcificación del canino también se pueden utilizar para evaluar la madurez esquelética.

Los caninos impactados en adultos no solo tienen un pronóstico que empeora con la edad sino que también son tratamientos que son más largos comparándolos con pacientes jóvenes

Una variable que sin embargo ha tenido poca repercusión en los estudios de caninos impactados, el “abanamiento” (del incisivo lateral) ha resultado representativa en nuestros resultados. (Schour y Massler, 1941; Broadbent,1941; Dewell,1949; Newcomb, 1959).

Broadbent, ya en 1941 describió el mecanismo de la erupción y alineación de los dientes anteriores superiores. Este arreglo temporal de los incisivos abanicados lo calificó como la etapa de "patito feo", mediante la cual los incisivos adquieren esa posición abanicada (ápices juntos y por tanto coronas diastemadas o separadas) hasta que se corrige conforme acaban de erupcionar los caninos.





## **CONCLUSIONES**



## 7. CONCLUSIONES

Las conclusiones de nuestro estudio son:

- 1) El tratamiento interceptivo es eficaz en la erupción de canino superior impactado.
- 2) Las variables más representativas a la hora de valorar la predicción de la impactación del canino superior impactado son: 1. Inclinación 23; 2. Inclinación 13; 3. Initial age; 4. Sector 13; 5. Nolla; 6. Sector 23; 7. Position 23; 8. DLI; 9. Tooth length; 10. Position 23; 11. Fan; 12. Treatment duration; 13. Sex; 14. Exfoliation C+; 15. Exfoliation +C; 16. Uni/bilateral.
- 3) El Patrón de alta probabilidad (>85 %) de no necesitar una fenestración final para acabar el tratamiento es: 1. Valores del sector del 13 y 23 inferior a 1,7; 2. Incisivo lateral muy desarrollado; 3. Estadío de Nolla inferior a 7,6. 4. Inclinaciones del canino inferior a 107°.
- 4) El Patrón de baja probabilidad (<50 %) de necesitar una fenestración final para acabar el tratamiento es: 1. Valores del sector superior a 2,5; 2. Escaso desarrollo del incisivo lateral; 3. Estadío de Nolla superior a 8; 4. Inclinación del canino superior a 112°; 5. En nuestra muestra sólo el 36% de los pacientes con este patrón tuvieron éxito en la erupción del canino utilizando únicamente tratamiento interceptivo.



## **BIBLIOGRAFIA**



## 8. BIBLIOGRAFIA

- Arellano DL, Briceño Castellanos JF, Escobar Leguízamo DN. (2013). Etiología de los canino superiores impactados: una visión histórica. Artículos de reflexión. Acta Odontológica Colombiana; 3(1): 153-163.
- Baccetti T, Leonardi M, Armi P. (2008). A randomized clinical study of two interceptive approaches to palatally displaced canines. European Journal of Orthodontics; 30: 381–385.
- Baccetti T, Sigler L, McNamara JA Jr. (2011). An RCT on treatment of palatally displaced canines with RME and / or a transpalatal arch. European Journal of Orthodontics; 33: 601-607.
- Becker A, Chaushu S (2003). Success rate and duration of orthodontic treatment for adult patients with palatally impacted maxillary canines. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics; 124: 509–514.
- Becker A, Chaushu S. (2000). Dental age in maxillary canine ectopia. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics; 117(6): 0657–0662.
- Becker A, Chaushu S. (2015). Etiology of maxillary canine impaction: A review. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics; 148(4): 557–567.
- Becker A, Smith P, Behar R. (1981). The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids. The Angle Orthodontist; 51(1): 24–29.
- Becker A, Zilberman Y, Tsur B. (1984). Root length of lateral incisors adjacent to palatally-displaced maxillary cuspids. The Angle Orthodontist; 54(3): 218-225.
- Becker A. (1995). In defense of the guidance theory of palatal canine displacement. The Angle Orthodontist; 65(2): 95-102.

- Bishara SE. (1992). Impacted maxillary canines: A review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 101(2): 159–171.
- Bishara SE. (1998). Clinical management of impacted maxillary canines. *Seminars in Orthodontics*; 4(2): 87–98.
- Bishara SE. (1998). Clinical management of impacted maxillary canines. *Seminars in Orthodontics*; 4(2): 87-98.
- Bonetti GA, Zanarini M, Danesi M, Parenti SI, Gatto MR. (2011). Preventive treatment of ectopically erupting maxillary permanent canines by extraction of deciduous canines and first molars: A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 139(3): 316–323.
- Borkowska EM, Kruk A, Jedrzejczyk A, Rozniecki M, Jablonowski Z, Traczyk M, Kaluzewski B. (2014). Molecular subtyping of bladder cancer using Kohonen self-organizing maps. *Cancer Medicine*; 3(5): 1225–1234.
- Breiman L, Friedman JH, Olshen RA. (1984). *Classification and regression trees*. Monterey, CA: Wadsworth
- Broadbent BH. (1937). The face of the normal child. *The Angle Orthodontist*; 7(4): 183–208.
- Broadbent BH. (1941). Ontogenic development of occlusion. *The Angle Orthodontist*; 11(4): 223–241.
- Chalakkal P, Thomas AM, Chopra S. (2011). Displacement, location, and angulation of unerupted permanent maxillary canines and absence of canine bulge in children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 139(3): 345-350.



- Chalakkal P, Thomas AM, Chopra S. (2011). Displacement, location, and angulation of unerupted permanent maxillary canines and absence of canine bulge in children. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 139(3): 345-350.
- Cristianini N, Shawe-Taylor J. (2000). *An Introduction To Support Vector Machines (and other Kernel-Based Learning Methods)*; Cambridge University Press.
- Dekang LV, Xiang W, jun D, Yan Z, Shuyu H, Binbin M, Puxiang C, Xiaodong L, Bo Z, Zhiguang L, Bilian J. (2016). Systematic characterization of lncRNAs cell-to-cell expression heterogeneity in glioblastoma. *Oncotarget*; 7(14): 18403-18414.
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. (1973). A new system of dental age assessment. *Human Biology*; 45(2): 211–227.
- Dewell BF. (1949). The Upper Cuspid- Its Development and Impaction. *The Angle of Orthodontist*; 19(2): 79-90.
- Ericson S, Kurol J. (1987). Incisor resorption caused by maxillary cuspids. A radiographic study. *The Angle Orthodontist*; 57(4): 332-346.
- Ericson S, Kurol J. (1988). Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *European Journal of Orthodontics*; 10(4): 283–295.
- Ericson S, Kurol J. (1988). Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines. A clinical and radiographic analysis of predisposing factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 94(6): 503–513.
- Fernández E, Bravo L, Canteras M. (1998). Eruption of the permanent upper canine: a radiologic study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 113(4): 414-420.
- Haykin S. (2009). *Neural Networks and Learning Machines*; Prentice Hall.

- Higuera C, Gardiner KJ, Cios KJ. (2015). Self-organizing feature maps identify proteins critical to learning in a mouse model of Down syndrome. *PloS One*; 25: 10(6): e0129126.
- Jacobs SG. (1998). Reducing the incidence of unerupted palatally displaced canines by extraction of deciduous canine. The history and application of this procedure with some case reports. *Australian Dental Journal*; 43(1): 20-27.
- Jacobs SG. (1999). Localization of the unerupted maxillary canine : How to and when to. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 115: 314–322.
- Jacoby H. (1983). The etiology of maxillary canine impactions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 84(2): 125–132.
- Kass GV. (1980). An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data. *Journal of Applied Statistics*; 29: 119-127.
- Kowalski CH, Da Silva GA, Godoy HT, Poppi RJ, Augusto F. (2013). Application of Kohonen neural network for evaluation of the contamination of Brazilian breast milk with polychlorinated biphenyls. *Talanta*; 116: 315–321.
- Kumar S, Mehrotra P, Bhagchandani J, Singh A, Garg A, Kumar S, Sharma A, Yadav H. (2015). Localization of impacted canines. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*; 9(1): 11-14.
- Kumpula LS, Mäkelä SM, Mäkinen VP, Karjalainen A, Liinamaa JM, Kaski K., AlKorpela, M. (2010). Characterization of metabolic interrelationships and in silico phenotyping of lipoprotein particles using self-organizing maps. *Journal of Lipid Research*; 51(2): 431–439.
- Langberg B, Peck S. (2000). Tooth-size reduction associated with occurrence of palatal displacement of canines. *The Angle Orthodontist*; 70(2): 126-128.

- Leonardi M, Armi P, Franchi L, Baccetti T. (2004). Two interceptive approaches to palatally displaced canines: A prospective longitudinal study. *The Angle Orthodontist*; 74(5): 19–24.
- Lindauer S, Rubenstein L, Hang W, Andersen C, Isaacson R. (1992). Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *Journal of the American Dental Association (JADA)*; 123: 91-97.
- Litsas G, Acar A. (2011). A review of early displaced maxillary canines: etiology, diagnosis and interceptive treatment. *The Open Dentistry Journal*; 5:39–47.
- Manni F, Coppa A, Candilio F. (2014). Kohonen self-organizing maps to unravel patterns of dental morphology in space and time. *Archeologia e Calcolatori Supplemento*; 6: 231–242.
- McNamara JA Jr, Baccetti, T, Franchi L. (2003). Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: A long-term evaluation of changes in arch dimensions. *The Angle Orthodontist*; 73: 344–353.
- McSherry P. (1998). The ectopic maxillary canine: a review. *British Journal of Orthodontics*; 25(3): 209-216.
- Newcomb M. (1959). Recognition and interception of aberrant canine eruption. *The Angle Orthodontist*; 29(3): 161-168.
- Nolla CM. (1960). The development of permanent teeth. *Journal of Dentistry for Children*; 27: 254–266.
- Olive J. (2002). Orthodontic treatment of palatally impacted maxillary canines. *Australian Orthodontic Journal*; 18(2): 64–70.
- Peck L, Kataja M. (1994). The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic. *The Angle Orthodontist*; 64(4): 249-256.

- Peck S, Peck L, Kataja M. (1996). Site-specificity of tooth agenesis in subjects with maxillary canine malpositions. *The Angle Orthodontist*; 66(6): 473–476.
- Pitt S, Hamdan A, Rock P. (2006). A treatment difficulty index for unerupted maxillary canines. *European Journal of Orthodontics*; 28(2): 141-144.
- Power SM, Short MBE. (1993). An investigation into the response of palatally displaced canines to the removal of deciduous canines and a assessment of factors contributing to favorable eruption. *British Journal of Orthodontics*; 20: 215–223.
- Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM. (2008). *Ortodoncia Contemporánea*. 4ª Edición. Elsevier España S.L, Barcelona, España.
- Rebellato J. (1995). Two-couple orthodontic appliance systems: transpalatal arches. *Seminars in Orthodontics*; 1(1): 44–54.
- Rutledge MS, Hartsfield K Jr. (2010). Genetic factors in the etiology of palatally displaced canines. *Seminars in Orthodontics*; 16(3): 165–171.
- Sachan K, Sharma V, Tandon P. (2013). Reliability of Nolla's dental age assessment method for Lucknow population. *Journal of Pediatric Dentistry*; 1(1): 8.
- Sajjani AK, King NM. (2012). Early prediction of maxillary canine impaction from panoramic radiographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 142(1): 45–51.
- Schour I, Massler M. (1941). The development of human dentition. *Journal of the American Dental Association (JADA)*; April: 1153–1160.
- Sigler LM, Baccetti T, McNamara JA Jr. (2011). Effect of rapid maxillary expansion and transpalatal arch treatment associated with deciduous canine extraction on the eruption of palatally displaced canines: A 2-center prospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 139: 235-244.

- Simms RA. (1977). Management of orthodontic treatment when first premolars are substituted for canines. *The Angle Orthodontist*; 47: 239–248.
- Warford JH Jr, Grandhi RK, Tira DE. (2003). Prediction of maxillary canine impaction using sectors and angular measurement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*; 124(6): 651-655.
- Weiss B, Jacobs BJ, Rafel S. (1953). A surgical-Orthodontic approach to the treatment of unerupted. *Archives of Orthodontics*; 203: 201–211.



# **ANEXOS**





## **ANEXO 1**

**D. José María Montiel Company**, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 6 de junio de 2016, una vez estudiado el proyecto de tesis doctoral titulado:

*“Comportamiento del canino superior permanente (CSP) desviado tras el tratamiento interceptivo”, número de procedimiento H1462653247069,*

cuyo responsable es D. Vicente José Gandía Aguiló, dirigido por D. José Luis Gandía Franco y D. Juan Cobo Plana,

ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a ocho de junio de dos mil dieciséis.



A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

## **ANEXO 2**

## COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo \_\_\_\_\_ con DNI no he sido ampliamente informado del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo Jordi Gascón Pellicer (colegiado no 4600-2675) tutorizado por los Drs. José Luis Gandía Franco, Rosa Cibrián Ortiz de Anda y Vanessa Paredes Gallardo y consiento libremente que todos mis datos y registros diagnósticos sean utilizados exclusivamente con fines de investigación.

Asimismo, se me comunica el **derecho a acceder a la información** generada en el presente estudio. □ Todos mis datos y registros diagnósticos recogidos serán tratados con absoluta **confidencialidad** por parte del personal encargado de la investigación. Asimismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarían datos personales de los pacientes que han colaborado en esta investigación, tal y como contempla la **Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, de 13 de**

\_\_\_\_\_ **diciembre (LOPD), podrá ejercer su derecho a acceder, rectificar o cancelar sus datos contactando con el investigador principal de este estudio.**

Valencia a , de de 20

## **ANEXO 3**

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo con DNI no\_\_\_\_\_ **RECONOZCO** haber sido informado de los pormenores del estudio, en la hoja de información al paciente del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo Jordi Gascón Pellicer (colegiado no 4600-2675) tutorizado por los Drs. José Luis Gandía Franco, Rosa Cibrián Ortiz de Anda y Vanessa Paredes Gallardo que lleva por título Predicción de la Inclusión del Canino Superior en una Población Infantil.

**DECLARO** que he entendido dicha información y ha podido pedir las aclaraciones oportunas.  **DECLARO** que se me ha informado de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

\_\_\_\_\_

En virtud con DNI no  en este estudio.

Valencia a , de

de tales condiciones, Y o , **CONSIENTO** participar libremente

de 20

\_\_\_\_\_

Firma paciente/padre/madre o tutor Firma investigador/a

## **ANEXO 4**

## **CONSENTIMIENTO PARA EL PACIENTE □ HOJA DE ÍNFORMACIÓN AL PACIENTE (SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN)**

□ Yo con DNI no \_\_\_\_\_ he sido ampliamente informado del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo Jordi Gascón Pellicer (colegiado no 4600-2675) tutorizado por los Drs. José Luis Gandía Franco, Rosa Cibrián Ortiz de Anda y Vanessa Paredes Gallardo que lleva por título “Predicción de la Inclusión de Caninos Superiores en una Población Infantil” y que tiene como objetivos principales estudiar la evolución de la erupción del canino superior con el paso del tiempo en una población infantil. □ Para dicho estudio se requiere un consentimiento informado que se adjunta a continuación. El paciente puede decidir no participar y retirarse en este estudio en cualquier momento del mismo. Este estudio realizado en la Unidad Docente de Ortodoncia del Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia, no está financiado por ningún organismo público ni privado.

---

La participación o no en el estudio no tiene ningún tipo de consecuencias ni de riesgos asociados para el paciente, ya que únicamente se van a utilizar sus registros diagnósticos. Se trata de un estudio cuya participación es gratuita y no remunerada.

En caso de necesitar aclaraciones o consultas al respecto, se me han facilitado datos de contacto (incluyendo teléfono) del investigador principal.

Valencia a , de de 20

Firma paciente/padre/madre o tutor Firma investigador/a



## **ANEXO 5**



## CERTIFICADO PÓSTER

Gandía Aguilo, Vicente; Gandía Aguilo, José Luis; Aguilo Muñoz, Luz;  
Cibrián, Rosa

Han participado como autores del Póster titulado: CANINO SUPERIOR PERMANENTE DESVIADO: ANÁLISIS DE SU TRAYECTORIA ERUPTIVA CON TRATAMIENTO INTERCEPTIVO, presentado en el **62 Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia** celebrado en el Centro de Convenciones del Hotel Barceló Sevilla Renacimiento del 1 al 4 de junio de 2016, y declarado de interés sanitario por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

Se certifica para que conste a los efectos curriculares oportunos.

Sevilla, 4 de junio de 2016

Eduardo Espinar Escalona  
Presidente del Comité Organizador



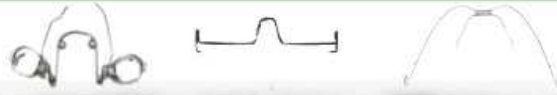
Juan Carlos Pérez Varela  
Presidente de la Comisión Científica

## **ANEXO 6**

# CANINO SUPERIOR PERMANENTE DESVIADO: ANALISIS DE SU TRAYECTORIA CON TRATAMIENTO INTERCEPTIVO



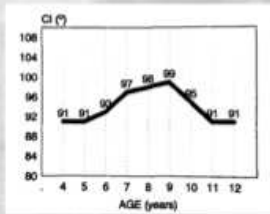
Gandía Aguiló, Vicente; Cibrián Ortiz De Anda, Rosa ; Gandía Franco, Jose Luis  
62º Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia  
Junio de 2016  
Número: 39



ORIGINAL ARTICLE  
*Eruption of the permanent upper canine: A radiologic study*  
Enrique Fernández, MD, PhD,\* Luis Alberto Bravo, MD, DDS, MS, PhD,\* and Manuel González, MD, PhD\*  
Madrid, Spain

Pacientes con caninos desviados hacia línea media entre los 6 y 13 años, a los que se aplicó tratamiento interceptivo.

Patrones eruptivos de los caninos permanentes superiores desde los 4 a los 12 años



EDAD	N	NORMA	max	min	N	inclinación can inicial	si	inclinación can final
6	80	93	110	81	4	100		
7	86	97	114	85	3	110		
8	68	98	115	87	4	115		
9	64	99	120	85	9	108		
10	64	95	115	81	10	110	2	94
11	37	91	106	76	2	106	5	96
12	31	91	105	80	2	110	8	91
13					1	110	10	91
14						111	6	89
15							2	84
16							1	90
17							1	91
MEDIA	430	94.9			35	108.6	55	91

Nuestra hipótesis de trabajo es que este tipo de tratamiento mejora la posición alterada de los caninos permanentes y, por tanto, evita las complicaciones potencialmente asociadas.

## OBJETIVOS

- Determinar la distribución de alteraciones del CSP respecto:
  - Sexo
  - Unilateral o bilateral
  - Izquierdo o derecho
- Determinar si existe relación entre la duración del tratamiento y la corrección del CSP
- Determinar si el tratamiento interceptivo es eficaz en la normalización de la angulación desviada del CSP.

## MATERIAL Y METODOS

### CRITERIOS DE SELECCION

Angulación de CSP

Norma para cada edad

> 100°

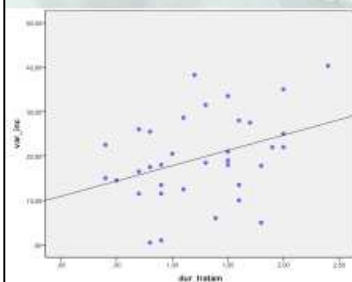
Tabla 6. Caninos desviados en diferentes años

Edad	N	Max (°)	Min (°)	N	Max (°)	Min (°)
6	80	110	81	4	100	94
7	86	114	85	3	110	92
8	68	115	87	4	115	95
9	64	120	85	9	108	97
10	64	115	81	10	110	94
11	37	106	76	2	106	96
12	31	105	80	2	110	91
13				1	110	91
14					111	89
15						84
16						90
17						91

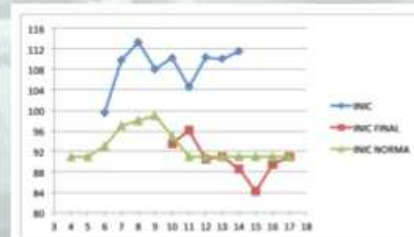
## CONCLUSIONES

- Desviaciones del CSP en mujeres (60%) , en varones (40%)
- Casos de CSP bilaterales (66%)
- NO hay diferencia significativa entre prevalencia de la desviación del CSP izquierdo o derecho.
- Existe una relación directa entre la duración del tratamiento y la cantidad de corrección de la angulación del CSP.
- La detección precoz de las alteraciones de la angulación del canino y el establecimiento de un tratamiento interceptivo, puede ser un método eficaz para disminuir la probabilidad de retención del CSP evitando tratamientos más agresivos y costosos que impliquen cirugía.

## Relación de la duración del tratamiento y la corrección de la angulación



## RESULTADOS Y DISCUSION



1 Fernández E, Bravo L A, and Carreira M. Eruption of the permanent upper canine: A radiologic study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1198 Apr; 113(4):414-20. 2 Bustamante M E, Prato R J. Etiopatogenia y terapéutica de caninos ectópicos e incluidos. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Ortodoncia en edición electrónica junio 2010. 3 Aguiar, Cohen K, Padrón L, Lucía B. Diagnóstico de Caninos retenidos y su importancia en el tratamiento Ortodóncico. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Ortodoncia en edición electrónica junio 2011. 4 Pick S, Poca L, Kojima M. The partially displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. Angle Orthod 1994;64(2):249-256. 5 Mendonça MR, Vermo C, Martins CP, Fialho AF, Coughlin DA. Invisive approach to treatment of impacted maxillary canines. J Craniofac Surg. 2012 Jan;23(1):14-9. 6 Roberts T. Risk Indicators and Interceptiv Treatment Alternatives for Partially Displaced Canines. Semin Orthod 2010;20:162-166. 7 Sigler L M, Baccetti T, McNamara J A. Effect of rapid maxillary expansion and transpalatal arch treatment associated with deciduous canine extraction: A 2-center prospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. March 2011; 139(3): 236-244. 8 Baccetti T, Maestri M, Lovatari M, Cozza F. Interceptiv Treatment of partial impaction of maxillary canines with rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. November 2009; 136(5): 567-661. 9 Litas G, Anar A. A Review of Early Displaced Maxillary Canines: Etiology, Diagnosis and Interceptiv Treatment. The Open Dentistry Journal. 2011; 5: 384-10. Bishara S E. Impacted maxillary canines: A review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101:159-171. 11. Gato M R, Bonetti J A, Zanetti M, Darnesi M, Parenti S I. Percentiles relative to maxillary permanent canine inclination by age. A radiologic study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. October 2009; 136(4): 466-471.

## **ANEXO 7**



## CERTIFICADO PÓSTER

Gandía Aguiló, Vicente; Gandía Franco, José Luis; Aguiló Muñoz, Luz;  
Cibrián, Rosa; Soria, Emilio

Han participado como autores del Póster titulado: MAPAS AUTOORGANIZADOS (SOM) PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CANINOS DESVIADOS HACIA LÍNEA MEDIA BAJO TRATAMIENTO INTERCEPTIVO, presentado en el **62 Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia** celebrado en el Centro de Convenciones del Hotel Barceló Sevilla Renacimiento del 1 al 4 de junio de 2016, y declarado de interés sanitario por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

Se certifica para que conste a los efectos curriculares oportunos.

Sevilla, 4 de junio de 2016

Eduardo Espinar Escalona  
Presidente del Comité Organizador



Juan Carlos Pérez Varela  
Presidente de la Comisión Científica

## **ANEXO 8**

# MAPAS AUTOORGANIZADOS (SOM) PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS CANINOS DESVIADOS HACIA LÍNEA MEDIA BAJO TRATAMIENTO INTERCEPTIVO

Gandía Aguiló, Vicente; Cibrián Ortiz De Anda, Rosa ; Aguiló Muñoz, Luz; Gandía Franco, Jose Luis  
 62º Congreso de la Sociedad Española de Ortodoncia  
 Junio de 2016  
 Número: 40



## OBJETIVOS

- Buscar una metodología que permita analizar de forma conjunta todas las variables implicadas en el tema del canino impactado y desviado hacia línea media, y su erupción mediante tratamiento interceptivo.
- Determinar que variables asociadas con la impactación del canino pueden resultar predictivas del mayor o menor éxito de un tratamiento interceptivo para conseguir la erupción del canino superior impactado hacia línea media.

## HIPÓTESIS DE TRABAJO

El tratamiento de los caninos superiores permanentes desviados es aconsejable aunque no definitivo en todos los casos atendiendo a una erupción completa con esta intervención interceptiva.  
 El conjunto de características clínicas de cada caso es lo que determinará si la evolución va a ser más o menos favorable.

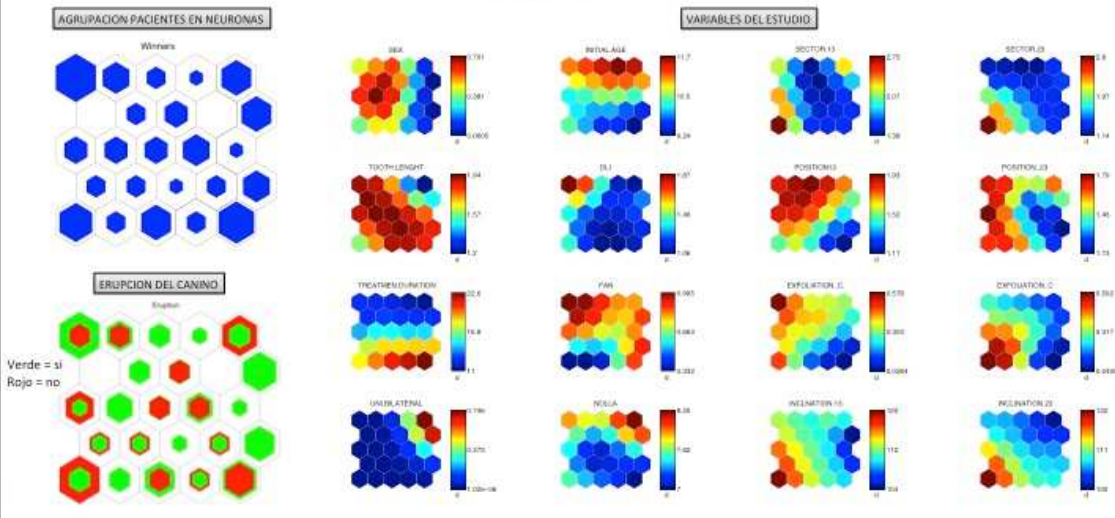
## MATERIAL Y METODOS

**REQUISITO INCLUSION:** Inclínación canino > 100°.  
 78 pacientes con caninos desviados hacia línea media entre 6 y 13 años, a los que se les aplicó tratamiento interceptivo.

VARIABLE	DESCRIPCION	VALORACION
SEX	Mujer / Hombre	0= mujer, 1= hombre
INITIAL AGE	Edad inicial del tratamiento	Edad decimal (años)
SECTOR 13 SECTOR 23	Ubicación de la corona del canino derecho (13) o izquierdo (23) entre la línea media y la línea de contacto entre el 1º PM y el canino temporal (Fig. 1)	1 a 5
TOOTH LENGHT	Desarrollo del incisivo lateral	0= agenesia, 1= microdoncia, 2 = diente completo
DLI	Desarrollo radicular del incisivo lateral	0= agenesia, 1= incompleto, 2 = completo
POSITION 13 POSITION 23	Ubicación del canino derecho e izquierdo, entre vestibular y palatino	0= vestibular, 1= normal o medial; 2 = palatino
TREATMENT DURATION	Duración del tratamiento completo contando exclusivamente los tiempos en que se ha llevado el tratamiento	Edad decimal (meses)
21+12 FAN	Incisivos laterales abanicados desde el ápice (Fig. 2). Esta variable puede influir en el sector en el que se consideraba que está la corona del canino SECTOR 13/23	0=no, 1=sí
EXFOL C+ EXFOL +C	Extracción voluntaria del canino de leche	0=no, 1=sí
UNIBI	Impactación de los dos caninos o sólo uno de ellos	0=bilateral, 1=unilateral
NOLLA	Grado o nivel de formación del diente (Fig.3)	escala del 1 al 10
INC 13 INC 23	Angulo externo formado por un plano tangente a las escotaduras suborbitarias y el eje longitudinal de los caninos superiores permanentes. (Fig.4)	En grados



## RESULTADOS



## SELF ORGANIZING MAPS (SOM)

Podemos valorar la repercusión de cada una de las variables sin necesidad de atenernos a datos concretos y absolutos sino determinando qué conjunto de variables aparecen asociadas en mayor proporción para cada situación clínica en nuestro caso.  
 De esta forma podemos predecir con más fiabilidad diferentes tipos de pronóstico de tratamiento y, por tanto, un diagnóstico más seguro para futuras situaciones similares

## CONCLUSIONES

- Encontramos un "patrón de alta probabilidad (>85 %) de erupción del canino".  
 Dicho patrón corresponde con los siguientes valores:
- Valores del sector del 13 y 23 < a 1,7.
  - Incisivo lateral muy desarrollado.
  - Estadio de Nolla inferior a 7,6.
  - Inclínaciones del canino < a 107°.

1.Fernández E, Bravo L.A. and Carreras M. Eruption of the permanent upper canine: A histologic study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986 Apr; 113(4):416-25. 2.Bustamante M.E., Prato R.J. Etiopatogenia y terapéutica de caninos ectópicos e incluídos. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Ortodoncia y Odontopediatría electrónica junio 2010. 3.Aguilar, Cohen K., Patrón L., Lucía B. Diagnóstico de Caninos retenidos y su importancia en el tratamiento Ortodóncico. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. Ortodoncia y Odontopediatría electrónica junio 2011. 4.Park S., Park L., Kubota M. The partially displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. Angle Orthod. 1994;64(4):248-256. 5.Menzel MG, Venn AC, Marzari LP, Palmer AF, Cozart DA. Interceptive approach to treatment of impacted maxillary canines. J Craniofac Surg. 2012 Jun;23(1):16-9. 6.Baccetti T. Risk indicators and interceptive treatment approaches for Partially Displaced Canines. Semin Orthod. 2015;21:16-20. 7.Sigler L.M., Saccoccia T, McSherrara J.A. Effect of rapid maxillary expansion and transpalatal arch treatment associated with deciduous canine extraction: A 2-center prospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. March 2011. 139(3): 235-244. 8.Baccetti T, Maccedo M., Leonard M., Cozza P. Interceptive Treatment of palatal impaction of maxillary canines with rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. November 2009. 136(5): 557-601. 9.Lucas G., Acar A. A Review of Early Displaced Maxillary Canines: Etiology, Diagnosis and Interceptive Treatment. The Open Dentistry Journal. 2011. 5: 39-4. 10. Barbara S.E. Impacted maxillary canines: A review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;101:155-171. 11. Gallo M.R., Sonati J.A., Zanetti M., Danesi M., Pavesi S.L. Parámetros relativos to maxillary permanent canine inclination by age. A radiologic study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. October 2006. 130(4): 486-491.



