



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESTUDIO DE CARACTERES MORFOLÓGICOS DENTALES COMO  
ESTIMADORES DE ANCESTRÍA PARA IDENTIFICACIÓN HUMANA EN  
POBLACIÓN MEXICANA CONTEMPORÁNEA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
CIRUJANA DENTISTA

P R E S E N T A

MARÍA SADAHI GARCÍA NOLASCO

TUTOR: Dr. MIRSHA QUINTO SÁNCHEZ

ASESORA: Dra. IVET GIL CHAVARRÍA

ASESORA: Dra. NERY SOFIA HUERTA PACHECO

Vobo  
TESIS ~~TERMINADA~~  
MIRSHA QUINTO SÁNCHEZ  
17- SEPTIEMBRE-2021

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.17 DE SEPTIEMBRE 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Financiamiento: La presente tesis se desarrolló en el marco de los proyectos: PAPIIT-DGAPA Proyecto IA206020 "Determinación De Estándares De Identificación Humana A Partir De Muestras Dentales Para Uso Forense En México" y del programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE216318.







# Agradecimientos

Esta tesis nace de un interés por las Ciencias Forenses, que a pesar de todos los caminos por lo que he pasado, inconscientemente la meta siempre ha sido la misma, sin embargo, ha evolucionado de manera significativa, dejando el ego de querer ser reconocido por los logros que se acumulen, y evaluar la trascendencia de los trabajos e investigaciones, por los aportes a la sociedad. Si bien ha sido un camino difícil, el apoyo ha sido indispensable para que todo culminará en este trabajo, gracias:

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Odontología, por aportar las bases de mis conocimientos.

Al Laboratorio de Antropología y Odontología Forense por todo lo aprendido durante el servicio social y la elaboración de esta tesis, a todas las personas que lo conforman por su calidad humana y profesional.

A la Dra. Ivet Gil, quien desde el primer momento, me ha brindado su apoyo, procurado oportunidades, conocimientos y reconocimiento, por su asesoría en esta investigación, gracias.

Al Dr. Mirsha Quinto-Sánchez, por contagiar tu pasión por la investigación, por incrementar de manera exponencial mi interés por la antropología, por tu compromiso constante como mi tutor, por alentar la exigencia a la perfección y al saber, por esa disposición y paciencia de enseñar y guiar, sin todo eso este trabajo nunca habría visto la luz, nos vemos en la maestría, gracias Doctor.

A la Dra. Sofía Huerta, por esa excelente cátedra de estadística, y el uso de R (ya somos uno mismo), por su asesoría, sin la cual no podría haber desarrollado este trabajo, y por su pasión por compartir y aportar sus conocimientos.

A la Escuela Nacional de Antropología e Historia, por permitir el análisis de las colecciones osteológicas Danghu- Hidalgo y San Andrés. Con especial agradecimiento y admiración al Dr. Jorge Gómez Váldez, citado a lo largo de esta investigación, que si bien esta pandemia redujo el tiempo que trabajé en su laboratorio, fue de las mejores experiencias y aprendizajes que he tenido.

A la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, que por estar enfocada en otro objetivo, no aprecié en un 100% mi estancia en ella, pero siguió alimentando mi gusto por la investigación.

A todas las personas con las que he compartido y aprendido a lo largo de la carrera.

A todos mis pacientes.

A mis padres, Javier que nunca ha escatimado en alimentar mis sueños, decisiones y personalidad fluctuante y Silvia.

A mi hermano y primer paciente de la carrera.

A mis pingüis, esperando algún día los inspire en su vida académica.

A mis abuelos, Teresa, Juana, Goyo, Jesús y a José porque la distancia solo es física, este trabajo es una apología a ti, a tu manera de pensar, a tu constante superación, a tu bondad tus enseñanzas y cariño.

A mi tía la Dra. Maribel García, mi primera inspiración en el camino de la investigación, sigo con gran cariño y admiración tus pasos.

A mi tía la Mtra. Elizabeth García gran ejemplo del querer es poder, toda mi admiración.

A mi compañero incondicional Jonatan, por estar en cada parte del proceso, por apoyarme hasta en los mas utópicos sueños, por tu manera de escuchar, y por querer a todas mis variables. Te Amo Dandelion, y sabes que tú también puedes contar conmigo "No hasta dos o hasta diez, sino contar conmigo".

*En memoria de todas las personas victimas de desaparición forzada.*

*La lucha no para.*

# Índice

Resumen .....	1
Capítulo I	4
Introducción .....	4
Planteamiento del problema .....	5
Justificación .....	7
Hipótesis .....	8
Objetivos .....	9
Marco teórico .....	10
Órganos dentales .....	10
Origen y evolución .....	10
Desarrollo .....	13
Morfología .....	17
Tipología de las cúspides .....	18
Expresión y herencia .....	20
Bases genéticas .....	23
Influencias del desarrollo en la morfología .....	25
Nomenclatura .....	25
Identificación humana .....	26
Odontología forense .....	27
Antropología forense .....	27
Perfil biológico .....	27
Sexo .....	28
Edad .....	29
Estatura .....	29
Ancestría .....	30
Estimación de ancestría en contexto forense .....	32
Antecedentes .....	35
Contexto histórico de estudio de caracteres dentales .....	35
Estudio de caracteres dentales en población mexicana .....	36
Antecedentes de la muestra .....	40
Colección Odontológica Nacional de Interés Forense CDMX .....	40
Muestra del Hospital General de San Andrés CDMX .....	41
Cementerio de Danghu, Tasquillo, Hidalgo .....	42

Metodología .....	44
Muestra .....	44
Criterios de selección de la muestra .....	46
Registro y documentación de la muestra .....	47
Fenotipado .....	49
Observación de caracteres .....	49
Protocolo de observación .....	52
Proceso de observación .....	52
Diseño experimental .....	53
Error intra-observador .....	55
Kappa de Cohen .....	55
Procedimiento experimental de la prueba de error .....	57
Prueba de error 1 .....	57
Prueba de error 2 .....	57
Análisis de frecuencias relativa y absoluta .....	58
Caracterización de la variación dental por estadística multivariada: modelo de biodistancia y de agrupación. .....	58
Protocolo de análisis multivariado para la caracterización poblacional. .....	59
Procesamiento de datos: Análisis previo de los datos .....	59
Valores perdidos .....	60
Multicolinealidad .....	61
Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA) .....	62
Modelo de agrupación: análisis de cluster .....	62
Algoritmo de agrupación UPGMA .....	63
Análisis comparativo interpoblacional .....	64
Evaluación interpoblacional de los caracteres dentales: tiempo rASUDAS .....	64
Aplicación del software rASUDAS .....	66

Resultados .....	69
Error intra-observador .....	69
Prueba de error 1 .....	69
Prueba de error 2 .....	70
Análisis de frecuencias .....	71
Caracterización de la variación dental por estadística multivariada: modelo de biodistancia y de agrupación. (PCA)	72
Modelos: dentales Análisis previo de los datos	72
Valores perdidos .....	72
Colecciones osteológicas Danghu-San Andrés: Análisis previo de los datos	73
Valores perdidos .....	73
Multicolinealidad .....	75
Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA)	77
Morfoespacio de datos por grados de expresión	77
Morfoespacio de datos dicotomizados	80
Análisis comparativo interpoblacional	83
Evaluación interpoblacional de los caracteres dentales: tiempo	83
Caracterización, procesamiento de datos: Análisis previo de los datos	85
Valores perdidos .....	85
Multicolinealidad .....	85
Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA) interpoblacional	87
Análisis cluster UPGMA .....	90
Validación de rASUDAS .....	95

Discusión .....	101
Conclusiones .....	113
Referencias bibliográficas .....	114
Bibliografía .....	120
Anexos .....	129
<b>Anexo A</b> .....	130
Especificaciones del sistema ASUDAS	
<b>Anexo B</b> .....	143
Cédula utilizada, modificada de Turner	
1991	
<b>Anexo C</b> .....	145
Tabla completa de concordancia de las	
muestras 1,2,3,4,5 de las 5 observaciones	
<b>Anexo D</b> .....	148
Graficas desglosadas de error prueba 1	
<b>Anexo E</b> .....	149
Base de datos completa del error prueba 2	
<b>Anexo F</b> .....	150
Frecuencias dicotómicas y por grados de	
las tres colecciones	
<b>Anexo G</b> .....	158
Tabla de PCA completos de Modelos	
Dentales	
<b>Anexo H</b> .....	159
Tabal de probabilidades de pertenecía a un	
grupo rASUDAS, de 50 modelos dentales	
<b>Anexo I</b> .....	160
Cédula para identificación de caracteres	
morfológicos dentales	

## Resumen

La morfología dental permite generar información útil para la elaboración de bases de datos y resolución de diversos objetivos, por lo cual ha sido estudiada con diferentes fines a lo largo del tiempo, debido a su naturaleza perdurable y a los múltiples métodos bajo los que pueden ser analizados, así como los buenos resultados que se obtienen.

El estudio clínico de la morfología de los órganos dentales radica principalmente en su comprensión para su identificación dentro de todos los grupos dentales, realizar planes de tratamiento, óptima restauración, mejor conservación en cavidad oral con el fin de aportar en una buena, estética, funcionalidad y durabilidad, tanto a las restauraciones como a los órganos dentales.

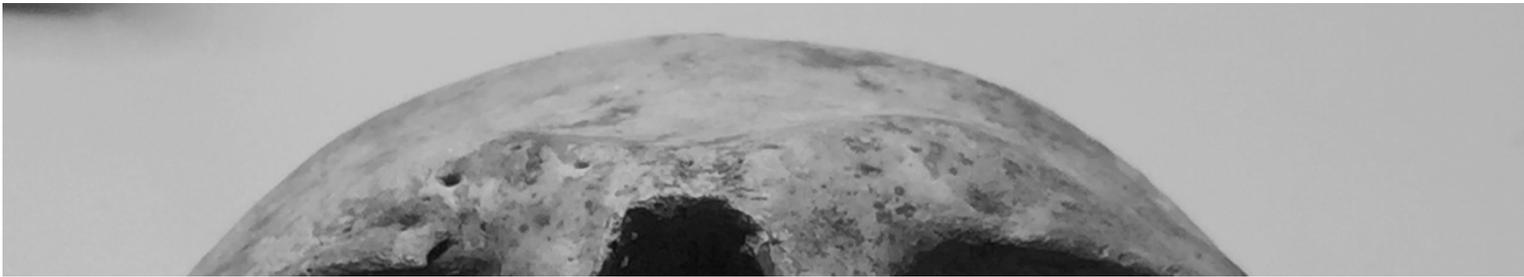
Sin embargo, en el caso de la odontología forense y la antropología dental, los órganos dentales sustentan una identificación humana ya sea positiva o negativa y aportan elementos y pruebas para la impartición de justicia. Al ser datos que son características, atributos o variables únicas presentes en cada individuo, permiten una individualización de cada persona y altas tasas de éxito en la resolución de los objetivos planteados en cada investigación.

En la antropología dental particularmente, la interpretación de la morfología dental contribuye a la estimación de ancestría, sexo, edad y altura, elementos que conforman el perfil biológico. Enfocándonos en la ancestría, la evolución de la morfología dental ha permitido separar a las poblaciones que comparten el mismo grupo de caracteres y esto puede explicar las implicaciones de regionalización geográfica, lo que nos permite estimar el lugar de nacimiento y residencia de una persona, esto debido a que la expresión de los caracteres dentales depende de la herencia genética y de igual manera a la influencia del ambiente. Un dato importante es que la mayoría de los estudios sobre morfología dental han sido aplicados en poblaciones prehispánicas, con la finalidad de conocer su ancestría y sus dinámicas poblacionales, sin embargo, en la actualidad, debido a la alta crisis de violencia y muertes, se presenta la necesidad de la implementación de métodos con alto grado de asertividad, eficacia y de fácil aplicación que puedan ser de utilidad para la identificación humana y resolución de casos jurídicos.

A lo largo del tiempo diversos autores (Turner, 1981, 1983, 1991; Scott 1997, 2000, 2018; Cucina, 2003, 2013, 2016; Gomez-Valdés, 2008) han elaborado y aplicado métodos que permitan reconocer y evaluar los caracteres dentales; y en 1991 con el propósito de homogeneizar todos los métodos propuestos y estudios realizados, Turner y colaboradores desarrollaron el sistema ASUDAS (Por sus siglas en inglés) el cual aporta elementos para la observación de caracteres dentales y permite la asignación de un grado de desarrollo o expresión.

Este método aplicado a una población o muestra específica, y analizados mediante estudios estadísticos, permite la segregación de los individuos, agrupándolos de tal forma que cada grupo o morfoespacio comparta características similares.

Basada en estos principios, la presente investigación utiliza una muestra contemporánea, conformada por modelos dentales y material óseo, que analizadas con el método ASUDAS y estadística multivariada, tiene el objetivo de contribuir a la caracterización poblacional, debido a que, por la complejidad del análisis morfológico dental, cada población de manera utópica tendría que tener una caracterización estable para su correcta identificación. Así también aportar una guía rápida y la contribución de un apartado para la estimación de ancestría geográfica, que pueda ser incluida en los dictámenes periciales para la identificación de personas, que si bien como se mencionó antes, es el comienzo de una caracterización, el uso cédulas que permitan la recogida de datos morfológicos dentales, que se realice de forma pasiva y pueda crear bases de datos y culminar en una base de datos mexicana extensa, que permita desarrollar o adecuar métodos específicos para nuestra población.



# Capítulo I

## Introducción

El estudio de los órganos dentales tiene como sustento sus características morfológicas y estructurales. Debido a que contiene esmalte dental, que por su naturaleza y procesos de desarrollo es el tejido con mayor dureza y resistencia a modificaciones del cuerpo. Dichas propiedades son proporcionadas por la configuración química del esmalte dental, el cual es casi completamente de material inorgánico, un 99% (Moradian, 2013). Esta característica resulta conveniente para el estudio de órganos dentales que han estado bajo situaciones adversas, así como después de un tiempo prolongado del deceso de una persona ya que mantienen sus características. Por este motivo es que el estudio de la forma y la estructura de los dientes ha sido ampliamente estudiada.

Una de las disciplinas que analizan los dientes es la antropología dental, rama de la antropología biológica, la cual se encarga del estudio de las características morfológicas, funcionales, evolutivas y de interacciones de poblaciones prehispánicas y modernas (Scott y Turner, 2000). En estos estudios utilizan las características asociadas a la corona y la raíz dental (41 variables aproximadamente) para analizar relaciones biológicas entre poblaciones en un contexto antropológico (Turner, 1983; Hanihara, 2003; Gomez-Valdés, 2008; Irish, 2003; Cucina, 2013). Cabe mencionar que las investigaciones históricas ocupan un mayor porcentaje en los estudios de antropología dental, que, si bien no se enfocan en la individualización de una persona, si en la caracterización de una población y en los cambios que han tenido morfológicamente, debido a la dinámica entre poblaciones y factores ambientales en su territorio.

Los caracteres dentales morfológicos no son expresados exactamente igual por todos los individuos de una población de estudio, pero, cumplen constantes de aparición, las cuales pueden ayudar a la caracterización de la población estudiada (Cucina, 2003,2013, 2016; Bollini, 2006; Fonseca, 2016; Gómez-Váldez, 2008).

Por otro lado, un grupo más reducido de rasgos morfológicos dentales han sido usados para identificación forense, como son el tubérculo de Carabelli y el diente en pala; que, si bien se piensa que son los más discriminantes, el uso de otros caracteres nutre de manera positiva la individualización, caracterización y categorización de una población.

Los investigadores forenses toman los datos del perfil biológico (edad, sexo, ancestría y estatura), así como las condiciones o características individuales de la persona sin identificar (traumatismos *antemortem*, rehabilitación dental, condiciones patológicas,

etc.) para confrontarlos con la información conocida de la posible víctima o buscar en registros de personas desaparecidas que compartan estas características, esto es denominado confronta de datos *antemortem-postmortem* (DAP).

En relación con la ancestría, los órganos dentales presentan características particulares en cada población, por lo que los caracteres morfológicos dentales, permiten estimar la ascendencia de un individuo, esto sustentado en que la expresión de estos caracteres está influida por el genotipo y de igual manera por las condiciones ambientales a las que es sometido el desarrollo dental.

En Odontología Forense los órganos dentales son utilizados principalmente en métodos de identificación comparativos, donde se realiza una confronta entre los datos obtenidos de registros *antemortem*, ejemplo de ello: radiografías, registros de restauraciones, modelos dentales, fotografías intraorales, y las características observadas *postmortem*. Por otro lado, la antropología forense utiliza los remanentes óseos y dentales, para la construcción del perfil biológico y datos encontrados en restos sin tejido blando, por ejemplo, fracturas, intervenciones quirúrgicas, anomalías del desarrollo que puedan individualizar a una persona (Fonseca, 2013).

La individualización de una persona basada en la morfología dental ha llevado a la resolución de distintos casos de identificación positiva, basadas en la confronta de elementos, así como en la observación de características dentales únicas de cada individuo, evidencia, que demuestra que puede obtenerse la individualización a partir de otros métodos, cuando las pruebas de ADN no son viables en alguna circunstancia (Cole, 2014).

## Planteamiento del problema

Existen múltiples causas por las cuales no se puede llegar a la culminación de los casos en una identificación, una de ellas son los métodos utilizados para la recolección, análisis e interpretación de datos que contribuyen a la identificación. En este sentido la creación de nuevas metodologías es de suma importancia. Una de éstas es la estimación de la ancestría, rubro del perfil biológico que ha sido relegado de la praxis forense, por conocerse poco sobre su aplicación, la complejidad de la evaluación de los caracteres, su entrenamiento para ello y el uso de estadística.

En el proceso de identificación, como se ha mencionado, durante la elaboración del perfil biológico, la estimación de ancestría, se realiza principalmente por medio de rasgos morfológicos craneales en la antropología forense, y subutilizando los caracteres dentales como proxy de las relaciones ancestro-descendencia es decir que contienen

información sobre la proximidad biológica de los individuos y que por esto se pueden aportar información importante para la estimación de ascendencia.

Por otro lado cuando la ancestría es considerada las principales muestras utilizadas son datos morfológicos craneales, la distancia intraorbital, las características de huesos nasales, apertura nasal, prognatismo alveolar ,proyección de malares etcétera y hablando de la morfología dental solo se considera la presencia o ausencia de incisivos en forma de pala y en algunas ocasiones el tubérculo de Carabelli, que si bien logra clasificar a los individuos en los grupos mas tradicionales caucasoide, negroide y mongoloide, la diversidad de poblaciones es mas compleja, por lo que la integración de mayor número de caracteres dentales, sería provechoso para la resolución de casos, así como para la caracterización de nuestra población y el estudio de la variabilidad biológica. Las pruebas aplicadas en un caso de identificación humana deben tener un principio científico que sustente su eficacia y veracidad, para poder ser admitidas como evidencia.

Desde hace algunas décadas el uso del sistema ASUDAS en poblaciones prehispánicas ha mostrado resultados satisfactorios en poblaciones mexicanas principalmente del sur y centro del país, para dinámicas poblacionales y estimación de ancestría, supuesto por el cual en los últimos años se ha empleado en algunos análisis de poblaciones contemporáneas en investigaciones antropológicas (Fonseca, 2016; Aragón 2008; Bollini, 2006; Flores, 2008) y en menor número en investigación forense (George 2015; Edgar, 2005, 2013, 2016 ), sin embargo en el medio odontológico forense, los datos son escasos y mucho menores para el caso de poblaciones mexicanas.

Es así que esta tesis pretende dar una solución a este problema caracterizando la población cosmopolita del centro de México, mediante las muestras provenientes del Hospital General de San Andrés de la Ciudad de México, muestras del Cementerio de Danghu, Tasquillo, Hidalgo y muestras de la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense que resguarda registros dentales de individuos de la Ciudad de México.

## Justificación

En la última década la cantidad de personas desaparecidas o sin identificar suman una cifra mayor a 36 mil personas hasta 2018 este dato obtenido del trabajo de Data Cívica, quienes analizaron e integraron los registros obtenidos de las bases de datos del SESNSP, la antigua PGR, el INE, la SRE y de distintos colectivos de búsqueda. Motivo por el cual, las dependencias encargadas de la búsqueda, localización y reconocimiento de personas desaparecidas con vida o sin vida, se encuentran en una situación vulnerable que no les permite realizar sus actividades de identificación, de una manera eficiente, ante el alto número de personas sin identificar. Ello caracteriza una situación de emergencia forense en el país ya que las capacidades normales de respuesta se encuentran rebasadas.

El parámetro de la ancestría dentro del perfil biológico es el menos considerado por los protocolos de identificación humana; sin embargo, es un elemento relevante y que aporta de manera positiva a la identificación que en muchos casos puede ayudar a crear hipótesis o reducir universos de búsqueda. Por lo que introducir esta práctica mediante un método estandarizado y de fácil manejo, aplicable a población mexicana, aportará datos relevantes en el proceso de identificación y como antecedente para futuras investigaciones. De ahí la importancia, de la creación y actualización de métodos y técnicas aplicables y sustentadas para una población específica, de fácil implementación y que tengan un porcentaje alto de efectividad, que contribuyan a la identificación positiva de personas de nuestro país.

El aporte de un apartado sobre estimación de ancestría a partir de caracteres dentales morfoscópicos (Anexo J), en los protocolos de identificación, que actualmente se incluye de manera general en el “Protocolo para el tratamiento e identificación forense” (FGR, 2015) vigente, el cual contenga los principales caracteres dentales que pueden expresarse en individuos de nuestra población, y una guía fácil de identificación de dichos caracteres, puede proporcionar información adicional que contribuya en identificación de una persona y aunado a esto se mantiene un registro pasivo de información para la caracterización de la población, para esto la comprensión que sustente el método, su proceso práctico así como su interpretación, es necesaria la divulgación de estos métodos que contribuyen a la identificación y pueden ser llevados a cabo con muestras dentales.

Como último punto cabe señalar que la identificación de los caracteres dentales puede utilizarse en métodos comparativos de datos *antemortem* y *postmortem*, lo que resalta la importancia de la toma y resguardo de registros dentales, expedientes clínicos y su constante actualización, que si bien son usados como una prueba que sustenta legalmente la realización y evolución de un tratamiento; también pueden ser utilizadas en la impartición de justicia e identificación de personas (Moreno, 2007).

## Hipótesis

1.Utilizando el método ASUDAS, se espera que las frecuencias y los grados de expresión de los rasgos analizados, de los modelos dentales y las muestras óseas, presenten un patrón de aparición, de mayor frecuencia en el rasgo de diente en pala y tubérculo de Carabelli con base en los análisis previos de caracteres dentales en población mexicana (Cucina, 2013; George, 2015; Gómez-Valdés, 2008; Flores, 2012) .

2.Con respecto a las muestras evaluadas aquí se espera que la distancia fenotípica entre cada muestra y para cada grupo de individuos en el morfoespacio sea homogénea y/o proporcional, debido a que provienen de la misma región del país.

3.Respecto de la evaluación con muestras bioarqueológicas, se evalúa la dinámica de cambio entre poblaciones respecto del tiempo, donde se espera que la comparación de las frecuencias presente un patrón de igualdad entre las muestras.

4.Los modelos dentales sometidos al análisis de rASUDAS, como forma de validación, se espera, conforme al modelo de ancestría genética americana-europea, que las muestras presenten una mayor cantidad de asignaciones de grupos americanos nativos, europeos, y/ o derivados de Asia.

# Objetivos

## General

Identificar y asociar los caracteres morfoscópicos dentales de las muestras, de modelos dentales (Colección Odontológica Nacional de Interés Forense, UNAM) y de material dental (Colección Danghu- Hidalgo y San Andrés, ENAH), para la estimación de ancestría geográfica en población mexicana contemporánea.

## Particulares

1. Obtener y dicotomizar, los grados de expresión de los caracteres morfoscópicos dentales, utilizando la metodología ASUDAS.

2. Obtener la frecuencia relativa de los grados de expresión de los caracteres morfoscópicos dentales.

3. Realizar el análisis de error intraobservador e identificar el acuerdo observado en las muestras de modelos dentales.

4. Comparar los resultados de las frecuencias de modelos y material dental, para determinar los caracteres con mayor presencia.

5. Realizar una caracterización poblacional de las muestras por medio de la aplicación de un modelo de biodistancias y de agrupaciones, empleando estadística multivariada.

6. Explorar las relaciones interpoblacionales de los caracteres dentales evaluados para las muestras de modelos dentales, material óseo contemporáneas y poblaciones externas prehispánicas aplicando el modelo de biodistancias como una forma de validar el cambio de dichos caracteres en función del tiempo.

7. Validar el método rASUDAS, utilizando a los individuos de la muestra de modelos dentales.

### Órganos dentales

Para comprender e interpretar los caracteres morfológicos dentales (también llamados, morfoscópicos, no-métricos, epigenéticos o cuasicontínuos) es necesario reconocer su origen, evolución y desarrollo, así como la dinámica genética y ambiental que rige su fenotipo. Estas características proporcionan datos para sustentar los resultados de una investigación de caracteres dentales, así como el entendimiento de este sistema de gran complejidad, morfológica y estructural, que nos permita ampliar el panorama y conocer el resultado del proceso de desarrollo. Por otro lado, al trabajar en conjunto las disciplinas de la antropología dental y la odontología clínica, resulta necesaria la homogeneización en un solo sentido de la información y nomenclaturas utilizadas por cada una y hacer eficiente el trabajo interdisciplinario.

### Origen y evolución

Debido a las características de resistencia y perdurabilidad de los dientes, son elementos muy bien descritos en el registro fósil, por lo que se tiene una gran diversidad de información que muestra la gran variedad de formas y las adaptaciones que han sufrido en el transcurso del tiempo (Fig. 1).

El sistema dental, ha sido estudiado con el objetivo de analizar, su desarrollo, número y morfología para poder identificar las modificaciones en su evolución y relacionarlas con los procesos de adaptación característicos de cada grupo. (Pérez-Pérez, 2010). El origen del sistema dental de los vertebrados tiene lugar en un mismo origen, el cual es el resultado de la interacción de dos tejidos, que originan el esmalte y la dentina. Pero por el contrario existen varias teorías sobre el origen de la morfología de los dientes.

Los peces y los primeros animales terrestres son considerados las primeras especies con dientes especializados, cuyas funciones eran sujetar y contener el alimento; poseían en la forma de los dientes una variación conocida como rasgo protodonte: que se refiere a dientes puntiagudos con un solo tubérculo (protocono), razón por la que se denominan monotuberculados o haplodontes (Gómez-Valdés, 2008). Lo que sustenta la aceptación de la teoría propuesta por Cope en 1887 y Osborn en 1907. Teoría que establece que los dientes provienen de un protocono y mediante procesos evolutivos, culminaron con la formación de dientes multituberculados por la complicación del ambiente y por ende para su adaptación. Plantea que los dientes fueron en un principio de morfología poco compleja, presentando una forma de cono (semejante a los órganos dentales de reptiles o peces) y su compleja morfología actual no se debe a la fusión de varios dientes simples, sino a la adición de nuevas variantes (Rodríguez, 2001), principalmente a la

adición de dos cúspides accesorias una mesial y una distal, que forman un patrón de tres cúspides lineales (Fig.1). Al evolucionar, estas cúspides accesorias migraron a la cara lingual en la mandíbula y hacia vestibular en el maxilar, teniendo como referencia el cono principal, de esta forma se establece el patrón tritubercular, con el protocono en molares maxilares hacia cara palatina y en molares mandibulares el protocónido hacia la cara vestibular (Kielan-Jaworowska et al., 2004). Las cúspides secundarias al patrón triangular principal, tiene su desarrollo en la cara distal del molar, lo que tiene como resultado el aumento de la superficie oclusal de los molares, característica que les permite moler los alimentos, lo que permitió la especialización dental, en forma y función, Figura 1. (Pérez-Pérez, 2010).

Osborn (1907) también propuso una nomenclatura para las cúspides y los elementos dentales. Esta terminología se basa en un sistema de prefijos y sufijos (tri, proto, para, meta, meso, hipo, ecto, ento), que asignan un concepto a el tipo y localización de elementos dentales. (Hershkovitz, 1971). Con lo que el modelo tribosfénico, los molares de los mamíferos actuales, está constituida en el maxilar por el protocono, paracono, metacono e hipocono, y en la mandíbula, por el protocónido, metacónido, hipoconido, entocónido e hipoconúlido. En los molares inferiores pueden aparecer crestas extras, como el entoconúlido y el metaconúlido (Pérez- Pérez, 2010).

Desde el punto de vista del desarrollo, en los mamíferos se forman dientes con múltiples cúspides por la aparición repetida de los centros de señalización epitelial, conocidos como nudos de esmalte. Las cúspides pueden tener forma de protuberancias individuales, pero también pueden tener formas alargadas. En muchas especies, las cúspides se unen para formar patrones de los surcos complejos (Jernvall y Thesleff, 2012).

Esta complejidad y las formas de los dientes han evolucionado principalmente en los mamíferos, así como una disminución general en el número de dientes, los mamíferos han desarrollado una dentición especializada por regiones, conocida como heterodoncia (Luo, 2007). Los procesos de cambio se pueden explicar, a partir de la evidencia morfológica, la evolución puede observarse en distintos grados o niveles: entre especies, con una distancia biológica mayor (macroevolutivamente), y dentro de especies, con variaciones reversibles de corto plazo, o con una distancia genética menor (microevolutivamente) (Gómez-Váldes, 2008). Las variantes de forma, tamaño y número en las fórmulas dentales reflejan cambios evolutivos mayores, por lo que puede considerarse, que lo que se observa sería el efecto de la selección natural. También las variantes morfológicas dentales permiten observar variaciones dentro de una misma especie y que describe una serie de polimorfismos dependientes de múltiples mecanismos evolutivos. (Gómez-Valdes, 2008).

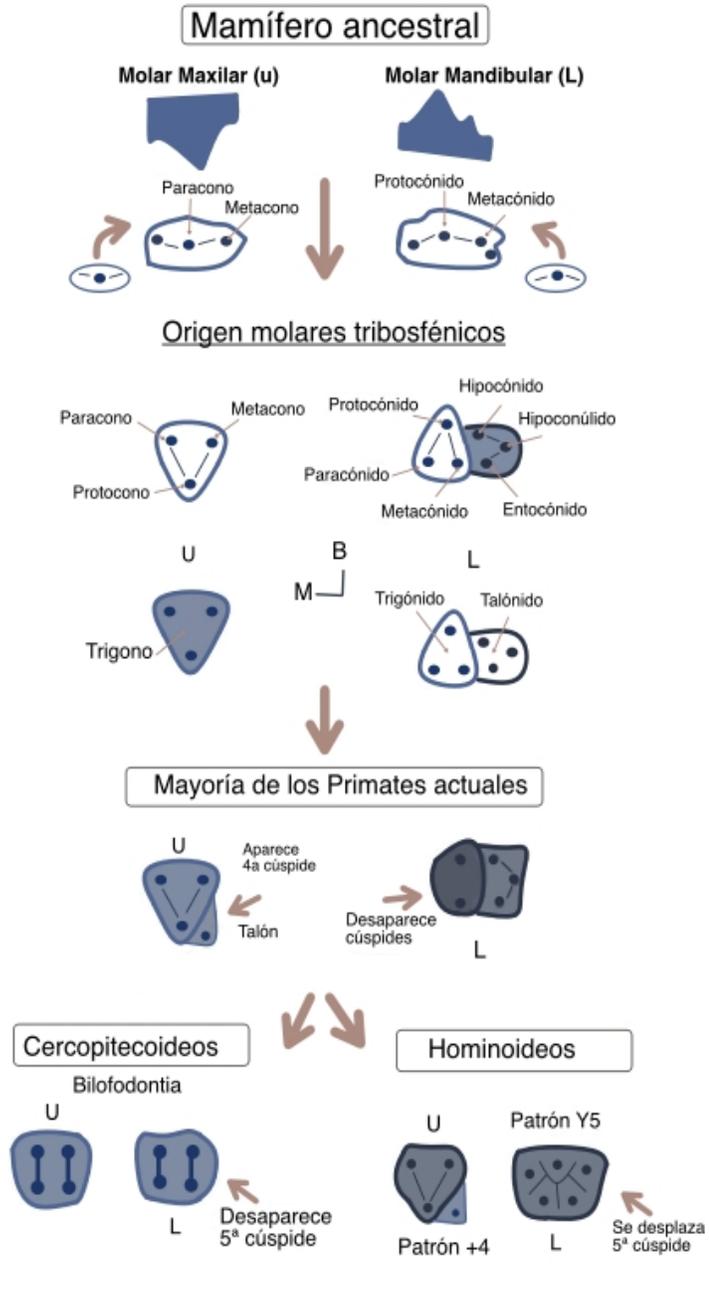


Fig. 1. Evolución de dientes multituberculados.  
Tomada de Pérez- Pérez 2010

# Desarrollo

Una de las principales características de los dientes es que no tienen capacidad de auto-reparación específicamente el tejido del esmalte, por su constitución principalmente inorgánica, compuesto por aproximadamente 96% de mineral (principalmente hidroxiapatita (HA) carbonatada) y 4% de material orgánico (1% de proteína y 3% agua) (Bajaj, 2009). Al contrario de otros tejidos del cuerpo (v.g. esquelético y muscular).

En el momento del desarrollo dental y una vez constituida la corona, permanece estructuralmente estable en su morfología, principal característica estructural que fundamenta este estudio. Por lo que la pérdida de material en el esmalte o la dentina origina en las piezas dentales de cada individuo un detallado registro de los procesos en los que se involucró el aparato masticatorio durante su vida, el cual no se verá modificado por mecanismos de reparación o remodelación (Bollini, 2006).

Estas atribuciones corresponden al resultado de formación y desarrollo dental. Cada estructura que conforma la boca tiene un desarrollo especializado. La formación dental, esta es originada de la lámina dental de ectodermo que delimita la mesénquima adyacente (Flores, 2015), dando paso a una serie de estadios en los que se lleva a cabo la constitución general, estructural y morfológica de los dientes. Los dientes se desarrollan a partir de brotes epiteliales, los cuales comienzan a formarse en la parte anterior del proceso maxilar y mandibular, los cuales gradualmente van migrando en dirección posterior, cada brote contiene la información genética de la morfología correspondiente a cada diente que dará origen y la ubicación precisa. En la formación de los dientes, interactúan dos placas germinativas para el inicio de la odontogénesis, el ectodermo que origina el esmalte y el ectomesénquima que forma los tejidos restantes, dentina, pulpa, cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar. El proceso de odontogénesis inicia en la 6ª semana de vida intrauterina.

Este proceso comienza con la diferenciación de la lámina dental, que se origina del ectodermo, el cual también recubre el estomodeo (boca primitiva). Posteriormente en la octava semana de vida intrauterina se forman los brotes epiteliales en el maxilar y la mandíbula, que corresponden a los dientes primarios, y posteriormente en el 5º mes de gestación origina los dientes de la dentición permanente, los cuales se observan como extensiones de cada uno de los brotes de dientes deciduos, extensiones que representan los incisivos, caninos y premolares. Debido a que los molares permanentes no tienen predecesores, la lámina dental se extiende distalmente, lo que permite el desarrollo de los molares permanentes. (Gómez de Ferraris, 2019).

El ciclo de desarrollo dental, llamado odontogénesis consta de eventos y secuencia de etapas; sin embargo no se llevan a cabo de forma aislada y muestran superposición una de otra (Daris, 2002; Gómez, 2019), las cuales son separadas para su estudio en diferentes etapas..

**1. Crecimiento:** se divide en cuatro etapas principalmente (Fig. 2).

a) Iniciación (Estadio de brote o yema). Formación de engrosamientos resultado de la mitosis de algunas células de la capa basal del epitelio, en el lugar potencial de aparición del diente

En esta etapa de brote, se forma un nudo primario de esmalte en la punta del brote del diente, y las células no divisorias del nudo comienzan a expresar varias moléculas de señalización, estos incluyen miembros de las familias FGF, proteína morfogenética ósea (BMP). En los dientes con una sola cúspide, no se forman nudos de esmalte adicionales; sin embargo, en dientes con múltiples cúspides, aparece un nudo secundario de esmalte en la ubicación futura de cada cúspide. La secuencia de aparición de nudos y cúspides de esmalte secundarios individuales se corresponde estrechamente con la altura relativa de las cúspides individuales y el orden en que comienzan a mineralizarse (Jernvall y Thesleff, 2012).

b) Proliferación (Estadio de casquete). Las caras laterales del brote determinan una concavidad central que contiene una porción del ectomesénquima que lo rodea, formando el órgano del esmalte estructurado por un epitelio externo, un epitelio interno y el retículo estrellado, la papila dentaria y el saco dentario iniciales (Osborn, 2003).

c) Histodiferenciación y morfodiferenciación (Estadio de campana). Presenta dos fases:

*Fase inicial*, donde se aprecian preodontoblastos en el epitelio interno, se origina un nuevo estrato de células denominado estrato intermedio y en el saco dental el inicio de la formación fibrilar y vascular.

*Fase avanzada*, presenta cambios en el órgano del esmalte, el epitelio externo es discontinuo por la aparición de los capilares en el saco, el retículo estrellado es engrosado lateralmente, el estrato intermedio muestra un mayor posicionamiento en la zona de cúspides y borde incisal, el epitelio interno es sustituido por ameloblastos jóvenes.

En la papila dentaria comienza la diferenciación odontoblástica, para la formación de la dentina como resultado de la acción de los ameloblastos jóvenes sobre ella. El saco dentario en este estadio se muestra más claramente, presenta una división en dos capas una interna con contenido vascular y una externa o superficial con fibras de colágeno, envolviendo el germen dental. La lámina dental, que es la unión del germen dental y el

epitelio de bucal se desintegra por la proliferación de la mesénquima dejando un extremo libre en el sitio del brote del diente permanente, degradando la lámina dental a restos epiteliales conocidos como perlas de Serres. (Daris, 2002).

d) Aposición (estadio terminal o folículo dentario) este proceso conocido también como crecimiento aditivo, inicia en las zonas donde se desarrollarán las cúspides y el borde incisal, comienza un periodo de actividad con el depósito de la matriz del esmalte sobre la dentina en desarrollo, seguido de periodos de descanso, periodos que se alternan en intervalos. La matriz extracelular del esmalte y dentina es secretada por los ameloblastos y odontoblastos respectivamente (Gómez de Ferraris, 2019).

**2. Mineralización:** para continuar con la formación de la corona se segregan las matrices de dentina y esmalte, comenzando desde las puntas de las cúspides más altas y avanzando hacia la base de la corona desde donde comienzan a desarrollarse las raíces. Estas láminas de dentina las cuales cumplen la función de sostén a la capa de esmalte, en las cúspides y bordes incisales y se extiende hacia abajo sobre la superficie y los lados de la corona hacia cervical.

En este periodo las cúspides se arrollan simultáneamente, pero de manera independiente, por la acción de doblamiento del epitelio interno, para después unirse entre sí, dando como resultado la presencia de surcos, fosas, crestas, en la cara oclusal. (Gómez de Ferraris, 2019).

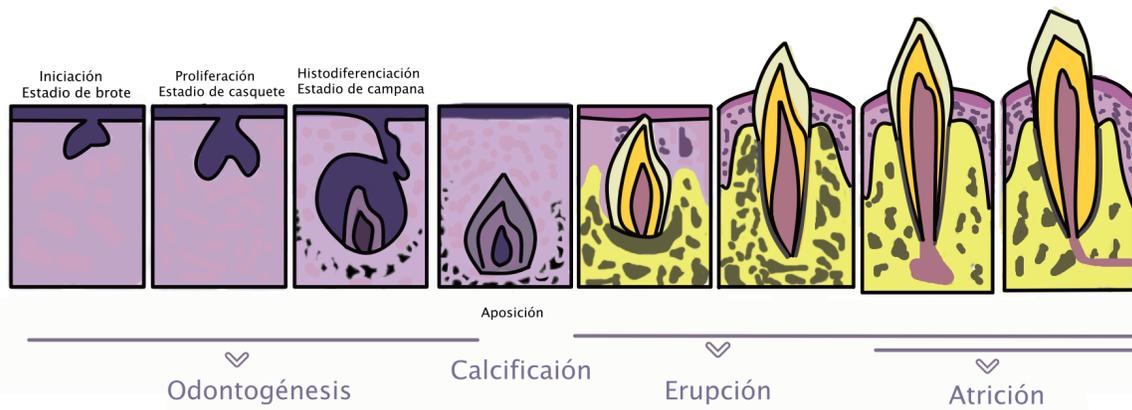


Fig. 2. Etapas de la odontogénesis (Iniciación: Estadio de yema o brote, Proliferación: Estadio de casquete, Histodiferenciación: Estadio de campana. Calcificación: Aposición de elementos estructurales, Fases de órganos dentales después del desarrollo: Erupción de los órganos dentales y atrición (desgaste por contacto con el órgano dental antagonista) Elaboración propia.

**3. Erupción:** la erupción dental es un proceso dinámico, que comienza con la formación del germen dentario asociado al desarrollo, por el cual el diente se desplaza desde su posición original en el proceso alveolar hasta su posición final en la cavidad bucal, en oclusión con sus antagonistas.

En el ser humano, el proceso de la erupción dental se produce dos veces, primero con la aparición de los dientes temporales y posteriormente con la erupción de los dientes permanentes (Ayala, 2018).

**4. Desgaste:** El desgaste fisiológico de los tejidos duros de la corona dentaria también conocido como atrición dentaria, este proceso que ocurre como consecuencia de la masticación. El fenómeno afecta tanto a las superficies oclusales e incisales de dientes posteriores y anteriores. (García, 2014). Durante el desarrollo dental, se lleva a cabo conjuntamente la histogénesis, que consiste en la diferenciación para la formación de los tejidos dentales; esmalte (amelogénesis), dentina (dentinogénesis), cemento (cementogénesis) (Daris, 2002).

La estructura del esmalte es el producto de la amelogénesis, un proceso regulado por células epiteliales especializadas, llamadas ameloblastos, que involucra la secreción, el autoensamblaje y el procesamiento de las proteínas de la matriz del esmalte extracelular (*Extracellular Matrix Protein*, EMP) que controlan el tamaño, la forma y la organización de cristales minerales dentro de prisma, unidad formador del esmalte.

Haciendo énfasis en el proceso de mineralización del esmalte, tejido que resulta indispensable para este estudio. Como se mencionó en el ciclo de vida del ameloblasto, ocurren en la unión amelodentinaria, donde los odontoblastos forman dentina y estimula la diferenciación de los ameloblastos, para que posteriormente sean formados los cristales que forman los prismas del esmalte. En esta unión se localiza la sialofosfoproteína destinaría (*Dentin Sialoprotein*, DSP) y la tuftelina, proteínas capaces de unirse a componentes minerales por lo que son encargadas de iniciar el proceso de mineralización. Los cristales iniciales se encuentran protegidos y guiados por esferas de 20nm constituidas por amelogenina, estas formaciones esféricas también funcionan como una contención que impide un crecimiento lateral, así como la fusión o fractura de los cristales, por lo que de igual manera regulan la morfología y tamaño del cristal (Gómez de Ferraris, 2019). El ordenamiento de las esferas deja la porción superior del cristal libre, sitio donde se lleva a cabo el aporte de calcio Ca (+2) y fosfatos PO<sub>4</sub>(-3) proveniente de los ameloblastos. Al mismo tiempo se ejerce una acción enzimática donde participan las metaloproteasas y posteriormente las proteasas de serina, las cuales tiene la función de degradar el componente orgánico. El proceso de mineralización continúa con la sustitución progresiva de agua y materia orgánica, hasta alcanzar un 95% de material inorgánico (Gomez de Ferraris, 2019).

En la última fase de mineralización interviene la ameloblastina, la cual es secretada por la porción lisa del proceso de Tomes, la cual marca el límite de los prismas. Al finalizar los procesos para la conformación del esmalte, este adquiere características estructurales, físicas y químicas que lo distinguen de los demás tejidos dentales y permiten comprender su comportamiento biológico, que es principalmente estructural y de soporte, para las fuerzas de masticación, siendo el tejido con mayor dureza y al mismo tiempo por su alto grado de mineralización frágil, lo que lo hace propenso a microfracturas (Moradian, 2013). Al finalizar los procesos de formación y desarrollo se tiene como resultado estructuras específicas que contienen información importante tanto de estos procesos como los factores externos que los influyen.

## Morfología

Los dientes y su morfología en diferentes grupos humanos muestran una variación relacionada a su adaptación alimentaria, fonética y estética entre el organismo y el ambiente en que se desarrollan (White, 2005).

Las variaciones métricas y morfológicas permiten clasificar y sistematizar a las poblaciones humanas más recientes desde un enfoque global (Schnutenhaus y Rösing, 1998). El tamaño de los dientes generalmente responde a red de señales moleculares y ambientales, que generan variación de incremento o disminución en sus medidas generales, clasificándolos por sus diámetros mesio-distal y vestibulo-lingual en microdónticos, mastodónticos y megadónticos. (Harris y Rathbun, 1991). Por otro lado, la morfología, hace notar que las variaciones entre poblaciones son significativas. Estos datos están asociados a la ubicación geográfica. La anatomía de los dientes se determina por una serie de características denominadas rasgos morfológicos dentales tanto coronales como radiculares. Los cuales son constantes en estructura general; sin embargo, pueden presentarse variaciones, cambios que responde a una naturaleza epigenética. La estructura dental al erupcionar, no cambia por acción propia ni se remodela, por lo que los cambios que el diente sufre son causados por acción mecánica.

Existen cuatro tipos de dientes en el arco dental humano: incisivos, caninos, premolares y molares. Esta clasificación tiene su base en la morfología específica, que refleja también la función: incidir, desgarrar y triturar respectivamente de cada uno de los tipos dentarios. Como se mencionó anteriormente los dientes se contribuyen de tres principales porciones, corona, cuello y raíz o raíces (Fig. 3). En la corona dental se localizan más estructuras anatómicas del diente que constituyen su morfología. Presenta depresiones (surcos, fosas, fisuras) y eminencias (cúspides, tubérculos y crestas, a las cuales se les ha asignado un nombre específico para facilitar su estudio (Gómez-Valdés, 2008).

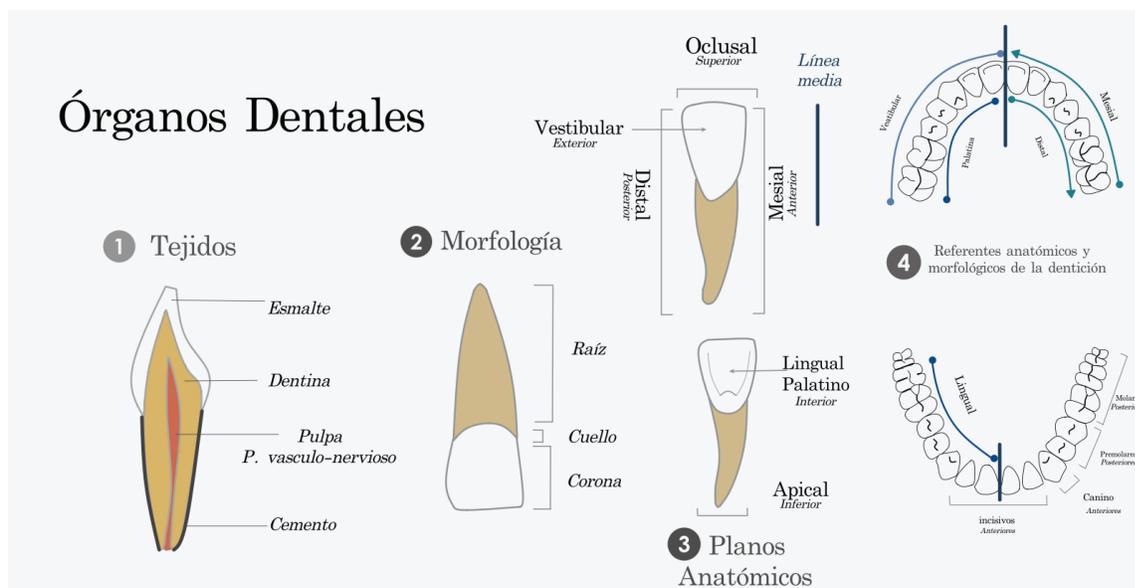


Fig. 3. Infografía conformación de los órganos dentales, tejidos, morfología, elementos anatómicos estructurales y de localización. 1) Muestra los principales tejidos del diente (Esmalte, dentina, pulpa, cemento) 2) Principales elementos anatómicos encontrados en todos los dientes (Corona, cuello raíz) 3) Planos anatómicos o caras observables en un órgano dental, superior u oclusal, vestibular (labial o anterior, mesial (vista desde su cara anterior o superior se encuentra mas cerca de la línea media), cara distal se encuentra mas alejada de la línea media, la cara posterior es denominada para dientes superiores como palatina y en dientes inferiores lingual, por sus aproximaciones anatómicas) 4) Referencias anatómicas de la dentición. Elaboración propia.

## Tipología de las cúspides

En los molares son utilizados diferentes sinónimos para nombrar cada cúspide, los cuales salen ser diferentes en cada área de estudio. Las cúspides en el ser humano son clasificadas por el sistema tribosfénico de Osborn (1907), basada en su teoría tritubercular que explica la adición de cúspides en la evolución de los dientes de los vertebrados, propuso la terminología que utiliza los prefijos tri, proto, para, meta, meso, hipo, ecto, ento, para la localización de cada cúspide o cono. Este sistema se usa principalmente en paleontología y ha sido utilizado y adaptado por la Antropología dental, quien asigna un número a cada cúspide. En odontología se le asigna una denominación a la cúspide de acuerdo con el lugar que ocupa en sentido, mesial, distal, lingual, palatino o vestibular, (Tablas 1 y 2), (Fig. 4).

Sistema tribosfénico	Número	Localización
Protocono	1	Mesio-palatino
Paracono	2	Mesio-vestibular
Metacono	3	Disto-vestibular
Hipocono	4	Disto-palatino
Metacónulo	5	Distal marginal
Sin asignación	Tubérculo de Carabelli	Base de la cara palatina de la cúspide mesio-palatina
Paristilo	Tubérculo Paramolar	Base de la cara vestibular de la cúspide mesio-vestibular

Tabla 1. Localización y nomenclatura de cúspides molares maxilares

Sistema tribosfénico	Número	Localización
Protocónido	1	Mesio-vestibular
Metacónido	2	Mesio-lingual
Hipocónido	3	Disto-vestibular
Entocónido	4	Disto-lingual
Hipoconúlido	5	Disto-vestibular
Entoconúlido	6	Disto-lingual
Metaconúlido	7	Entre las cúspides mesio lingual y disto lingual
Protostílido	8 ó Tubérculo Paramolar	Base de la cara vestibular de la cúspide mesio-vestibular

Tabla 2. Localización y nomenclatura de cúspides molares mandibulares

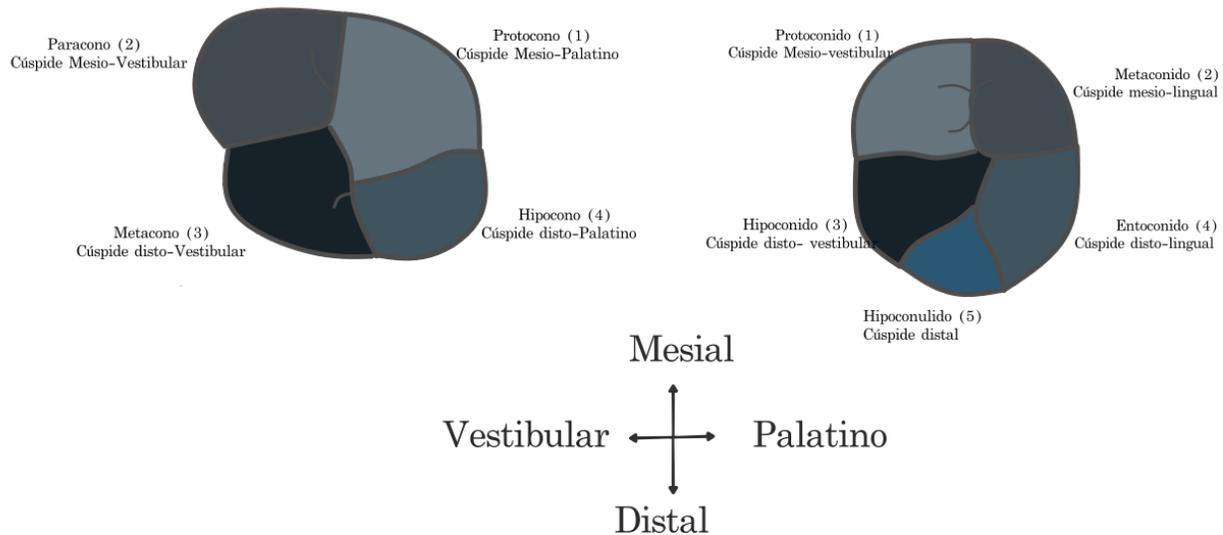


Fig. 4. Ubicación, ordenamiento y nombre de las cúspides. Elaboración propia.

## Expresión y herencia

Los rasgos morfológicos dentales o caracteres dentales no métricos pueden ser definidos como las características fenotípicas del esmalte, expresadas en un órgano dental, los cuales poseen una carga genética y un grado de herencia, como ejemplo de, puede observarse, crestas y tubérculos altamente desarrollados cúspides supernumerarias, patrones de surcos, microdoncia o agenesias etcétera. Estas variaciones morfológicas dentales responden en parte a la regulación epigenética.

Este tipo de regulación de la expresión genética contribuye a explicar la diversidad morfológica y funcional de las células con un mismo genoma, depende del llamado componente epigenético de la estructura del ADN, es decir no consiste en su secuencia (Luque, 2006). El componente epigenético se refiere a la interacción de factores genéticos durante el proceso de desarrollo. Por lo que se considera una variable epigenética a cualquier característica resultante del desarrollo del individuo. Para la identificación de los genes involucrados en la expresión de rasgos epigenéticos, se utiliza un análisis de segregación compleja (Nichol, 1989).

Los dientes tienen un patrón de desarrollo único lo cual ocurre de manera alométrica; lo que se explica porque los gradientes varían en el desarrollo y esto depende de factores de control genético (Dhalberg, 1971). El desarrollo de los dientes está sujeto a mecanismos de morfodiferenciación desde los primeros estadios, hasta el momento de su erupción; una vez que se forma el diente no presentan ningún cambio en su

morfología, esta expresión y conservación fenotípica de los caracteres, es lo que sustenta los estudios de poblaciones (Pompa, 1991). El fenotipo de los rasgos morfológicos, en un principio fue considerado una expresión discontinua, lo que permitió su asociación a modelos de herencia cualitativos o simples, o de herencia Mendeliana; sin embargo, por el contrario, su expresión fenotípica está regulada por varios factores, como el ambiente, los mecanismos de desarrollo y una gran cantidad de genes. Por lo que se considera que el fenotipo de los caracteres dentales no métricos cuando presentan grados marcados o moderados de expresión tienen una forma de herencia poligénica o compleja (Bodmer y Cavalli-Sforza, 1976), por lo que sus valores fenotípicos son atributos o caracteres, pero el modo de herencia es como el de una variable continua (se describe mediante una medición cualitativa). Razón por la que se han denominado variables cuasi-continuas (Gruneberg, 1952). Las variantes normales de la anatomía de la dentición tienen límites de variación, lo que ha permitido su identificación y estudio. Morfológicamente, entre poblaciones que comparten características se reconocen patrones afines que por su penetración y grado de expresión aportan datos para el estudio de los procesos de desarrollo y filogenia. Los grados de expresión de las variantes morfoscópicas y morfométricas en grupos humanos relacionados, se pueden explicar basadas en patrones de desarrollo que son regulados bioquímicamente por enzimas y genes que inducen la expresión de tamaño y forma, sin embargo, no permite conocer los mecanismos genéticos que lo determinan (Dahlberg, 1971). El modelo más acertado que explica la heredabilidad de los rasgos codificados por múltiples genes es el modelo de umbral (Fig. 5), que diferencia los rasgos continuos de los que tienen modos simples de herencia (Scott y Turner, 1997). Las variables cuasicontinuas, responden a su comportamiento con dos distribuciones normales, un solapamiento y un umbral. La distribución tiene dos escalas: una visible y una oculta. La escala visible es discontinua y está representada por un valor fenotípico, observable directamente y valorados dicotómicamente, como ausente o presente, asignándole un valor numérico (0 y 1). La escala oculta es continua y está determinada por factores genéticos y ambientales. En un punto, las dos escalas se encuentran (se solapan) y marcan un umbral que determina el límite de discontinuidad, lo que provoca que una porción de la variación genotípica se expresa en el fenotipo y otra porción permanece inactiva, lo que explica su naturaleza de expresión discontinua; Por ejemplo en dos individuos que no expresan un rasgo, estos pueden estar cercanos o no al umbral genético, sin embargo son idénticos en fenotipo, aunque no se conoce cual es la penetrancia del gen que se expresa, pero cuando un individuo tiene un genotipo dentro de la distribución continua presenta un fenotipo visible al que puede valorarse como ligero, moderado o pronunciado, según su distancia al umbral que se traduce en los grados de expresión. Los individuos con genotipos por debajo del umbral no exhiben ninguna manifestación de rasgo visible, lo que se observa como la ausencia de rasgo, pero hay también una variabilidad fenotípica que oculta la ausencia del genotipo según su posición relativa hacia el umbral, cabe mencionar que el límite del umbral, donde ocurre

el solapamiento puede estar en cualquier punto a lo largo de las dos escalas, esto producto de las variantes externas (Scott y Turner, 1997). Este modelo evidencia que en las poblaciones el desarrollo y expresión de rasgos característicos, no sólo dependen de la tendencia hereditaria individual, sino también a los elementos externos, lo que sustenta de igual forma que la posibilidad de la expresión del rasgo depende de la posición del individuo en el umbral; si un individuo se encuentra en circunstancias ambientales características, la variación individual del rasgo depende de la carga de genes que codifican para el desarrollo de ese rasgo (Hauser y De Stefano, 1989). Lo que explica que la posibilidad de que un rasgo se presente puede heredarse, sin embargo, su expresión fenotípica depende de la suma de los factores genéticos y ambientales (Bodmer y Cavelli-Sforza, 1976). Retomando el modelo del umbral, se entiende que, en las dos escalas de variación, los rasgos se comportan de manera distinta, una continua y otra discontinua, por o que se considera que el parámetro para caracterizar poblaciones sea la frecuencia total de los rasgos fenotípicos; y en teoría, cualquier grado de expresión en la escala visible indica la presencia de cierta información, es decir, representa la distribución genotípica discontinua. Pero en estudios de corte genético poblacional, lo importante es definir una unidad de variación sensible susceptible de comparación y que indique básicamente la porción genética más o menos estable ante los efectos del ambiente (Gómez-Váldes, 2008). Una segunda posibilidad para entender el control genético de los caracteres morfológicos es que los genes responsables de la expresión de las variables son aditivos respecto de los efectos del ambiente (Scott y Turner, 1997). Lo que concluye que la superposición de la distribución genética y la influencia del ambiente (interna y externa), sobre un individuo genéticamente situado ligeramente debajo del umbral en un ambiente particularmente característico puede sobrepasar el umbral, por un lado y por el contrario los efectos del ambiente pueden influir para dejarlo fuera del área del umbral y evitar la expresión del rasgo (Hauser y De Stefano, 1989), que sustenta la carga poligénica determina la posición de un individuo en la distribución poblacional y es posible dividir la varianza en la posibilidad para desarrollar un rasgo dentro de un componente genético y no genético (Hauser y De Stefano, 1989).

Por lo que la estimación de la heredabilidad ( $H_e$ ) de un rasgo no se basa en un componente genético, sino en el valor específico dentro de una población, lo que es influido por la cantidad de genes y el tamaño de la población; una población con frecuencias genéticas estables puede expresar diferentes grados de  $H_e$  conforme a las generaciones (Scott y Turner, 1997). Lo que permite concluir que en la expresión de un rasgo intervienen múltiples genes, de los cuales se localizó a un grupo de genes principales presenten un atributo aditivo y que el ambiente influye en la  $H_e$  (Gómez-Valdés, 2008).

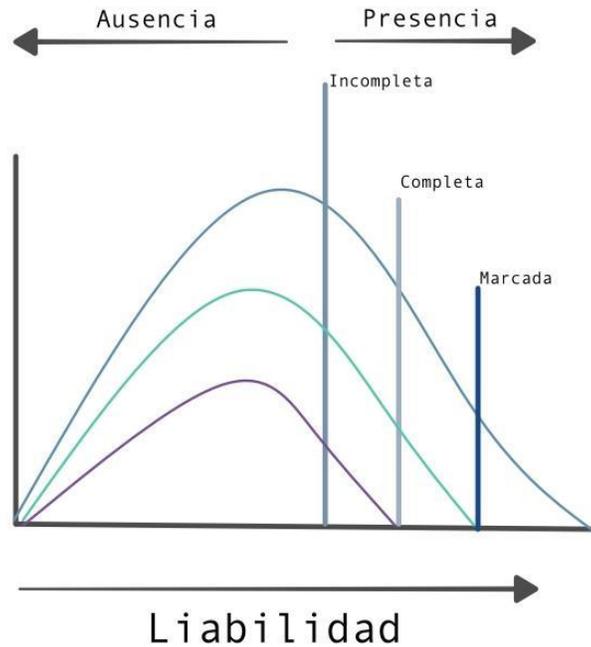


Fig. 5. Modelo general de umbrales múltiples y la potencial intervención del medio ambiente. Basado en Gomez Valdés 2008, Hauser y De Stefano 1989

## Bases genéticas

En las últimas décadas se han realizado diferentes estudios de la genética de los dientes, en los que se han identificado los genes reguladores de transcripción (proceso donde la molécula de ADN, transfiere su información a una molécula de ARN, para iniciar el proceso de traducción, donde la molécula de ARN transfiere esa información genética a una proteína para especificar la secuencia de aminoácidos (Pierce, 2014) conocidos como genes *Homeobox* (HMG), los genes *Homeobox* son un grupo de factores de transcripción conservados que funcionan como reguladores clave durante los procesos de desarrollo embrionario (Ramanathan, 2017) y que controlan el desarrollo temprano de los dientes (Tucker y Sharpe, 1999) donde establecen que estos genes son responsables de las interacciones principales de la diferenciación de la cresta neural donde comienza el desarrollo dental, activando la cascada de regulación genética, encargada de la especialización morfológica de los dientes. (Weiss, 1998). Los genes HMG en el genoma humano, forman las familias HOX que se encuentran en los cromosomas 2, 12, y 17 y se denominan HOXA, HOXB, HOXC y HOXD, respectivamente (Quinonez y Innis, 2014).

Los HMG están contenidos en una pequeña región de ADN que consta de 180 pares de bases de nucleótidos y funcionan sintetizando proteínas que se unen al ADN de los genes posteriores, regulando así su expresión (Burglin y Affolter, 2016; Gehring, 1985). Las actividades de transcripción de estos genes durante la morfogénesis regulan las capas germinativas donde coordinan la división celular, migración celular, diferenciación, proliferación y apoptosis a través del proceso de comunicación de célula a célula (Sánchez-Herrero, 2013).

La influencia de los genes en la morfología dental es fundamental para el desarrollo de sus variaciones existen más de 300 genes involucrados en la odontogénesis (Thesleff, 2006) los cuales intervienen en momentos específicos del desarrollo general, forma, tamaño, número de cúspides, y morfología final del órgano dental y pocos son los genes implicados directamente en la presencia de variantes dentales específicas; el promotor de polimorfismo C de PAX9 se ha demostrado que está relacionado en las formas autosómicas dominantes de la agenesia dental (Bianchi, et al., 2007). Como parte de los estudios genéticos los análisis de larga escala en la diversidad genómica de los humanos se ha detectado variaciones genéticas, que presentan un grado alto de diferenciación entre poblaciones y genes que codifican para fenotipos específicos de manera específica poblacional. Una de las variantes no sintonizadas predominantes en poblaciones del este de Asia es el polimorfismo rs3827760 (T1540C) del gen receptor -A de la ectodisplasia (EDAR, *Ectodysplasin-A receptor*) (Kimura, et al., 2009); su estudio ha permitido identificar a la familia EDAR como reguladores del desarrollo de órganos principalmente los de origen ectodérmico (cabello, uñas, glándulas, dientes), también ha sido asociado en Asia al grosor del cabello (Fujimoto, et al., 2008) y de los dientes en forma de pala (Kimura, et al., 2009).

En población mexicana, en 2013, Tabita Hünemeier y colaboradores realizaron una investigación del análisis de la presencia del gen EDAR y la expresión del carácter en forma de pala en dos poblaciones totonacas de la Sierra Norte de Puebla y mestizos de la Ciudad de México, los resultados que obtuvieron demuestran la alta frecuencia del alelo derivado T1540C (rs 3827760) en población totonaca y en la población mestiza se observa una frecuencia intermedia. En la población mestiza se presentan casos que poseen el alelo derivado 1540, sin expresar el rasgo dental (Grados 0-1) y numerosos casos que presentan el rasgo dental a pesar de la poca presencia del alelo (grados 2 -4), en la población totonaca el alelo rs3827760 presenta una mayor frecuencia a lo largo de toda la distribución del rasgo, presentando una distribución modal el grado 3 del diente en pala. Esto rectifica el modelo de expresión del umbral y heredabilidad aditiva.

# Influencias del desarrollo en la morfología dental

El desarrollo dental como lo hemos planteado sustenta la afirmación de que los factores genéticos, epigenéticos y ambientales que dan forma a la morfología dental es imprescindible en estadios de las relaciones demográficas, así como para los análisis forenses. Muchos fenotipos dentales, como el tamaño y la forma están interrelacionados (Brook, 2013), por ejemplo que el número de cúspides es proporcional al resultado de la interacción entre el tamaño de los dientes y el tamaño de las cúspides, estos determinados por una interacción de los tejidos básicos de la morfogénesis (epitelio dental y el ectomesénquima) esto basado en que las cúspides se desarrollan a partir de los nodos del esmalte utilizando la misma combinación de genes y procesos de desarrollo (modelo de cascada de patrones; Jernvall y Jung, 2000 ), como se mencionó anteriormente no existe ningún gen único responsable de la presencia o ausencia de un rasgo, sin embargo la probabilidad de que se formen nuevas cúspides aumenta debido a la naturaleza nodular del esmalte.

La hipótesis sobre la formación del desarrollo de las cúspides plantea que la formación de cúspides no está controlada por variantes del gen alélico, si no que se pueden desarrollar nuevas cúspides debido la interacción entre el espacio inhibido de formación cúspides que rodea a las cúspides ya existentes y el tamaño total de los dientes (Jernvall, 2000), este mecanismo podría explicar como ejemplo la presencia del tubérculo de Carabelli en los seres humanos y la evolución del hipocono en diversa especies de mamíferos ( Jernvall y Jung, 2000).

También se ha analizado que la morfología dental cambia lentamente (evidencias de microevolución), observado que algunos rasgos observados en los humanos contemporáneos tienen homólogos en otros primates (Skinner y Gunz, 2010; Irish, et al., 2014). También se cree que los rasgos dentales son selectivamente neutrales, ya que muchos de los rasgos no presentan cambios métricos, con algunas excepciones como el diente en forma de pala, y por que a lo largo de la historia han sido desgastados por el uso normal de los dientes (Pillou y Hefner, 2016).

## Nomenclatura

Existe un modelo de dentición considerada como típica, la cual consta de incisivos, premolares y molares que, en cada especie, presentan una variación de la forma, tamaño y número de dientes que presenta en las arcadas dentales, datos que permiten diferenciarlas. En la dentición permanente del *Homo sapiens* se observa normalmente por cuadrante, observados de distal a mesial, tres molares, dos premolares, un canino y dos incisivos, constante repetida en maxilar como en mandíbula (Gomez-Valdés, 2008).

Para la descripción dental, se han elaborado diferentes sistemas de clasificación, los cuales, facilitan y homogeneizan la ubicación y reconocimiento de un órgano dental, evitando confusiones y logrando un lenguaje universal. Todos los sistemas asignan números o letras, así como símbolos, que siguen un comportamiento asignado específico que proporciona un orden y una fácil compresión (Tabla 3). De manera que se seleccionó el sistema de la Federación Dental Internacional (FDI), para el presente trabajo.

<b>Antrop.</b>	M <sup>3</sup>	M <sup>2</sup>	M <sup>1</sup>	PM <sup>2</sup>	PM <sup>1</sup>	C	I <sup>2</sup>	I <sup>1</sup>	I <sup>1</sup>	I <sup>2</sup>	C	PM <sup>1</sup>	PM <sup>2</sup>	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sup>3</sup>
<b>Universal</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Palmer</b>	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>F.D.I.</b>	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>maxilar derecho</b>								<b>maxilar izquierdo</b>								
<b>mandíbula derecha</b>								<b>mandíbula izquierda</b>								
<b>F.D.I.</b>	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
<b>Palmer</b>	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Universal</b>	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
<b>Antrop.</b>	M <sub>3</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	PM <sub>1</sub>	C	I <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	C	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>

Tabla 3. Nomenclaturas más usadas. Tomada de Udo Krenzer 2005

## Identificación Humana

La identificación humana depende de un proceso donde se vincula un objeto o material biológico (un cuerpo completo, un esqueleto, una huella digital, un fluido biológico, etc.) a una persona de identidad conocida. Donde los órganos de gobierno tienen la responsabilidad legal y la autoridad judicial para identificar a la persona de identidad desconocida, y quienes deben contar con profesionales que sustenten las pruebas realizadas y por tanto la identificación. Pruebas y exámenes realizados principalmente por antropólogos y odontólogos forenses, por medio de métodos que evalúan la información biológica sobre el individuo, incluida su edad, sexo, ancestría o ascendencia y estatura, conjunto de datos llamados también perfil biológico. (Angi, et al., 2014). Así como la búsqueda de características particulares que puedan ser comparadas con datos *antemortem* si fuera el caso de un deceso.

La identificación sustentada es importante por múltiples razones, por ejemplo, en caso de personas vivas, puedan ser reunidas con sus familiares, en el caso contrario que sea llevado a cabo el proceso de duelo, para la resolución de conflictos comerciales y personales, la investigación penal y resolución de casos de homicidio, así como la adjudicación de responsabilidades.

## Odontología forense

La odontología forense es una rama de la odontología que se encarga de aportar elementos para la impartición de justicia e identificación de personas, donde se aplican los conocimientos odontológicos, tanto clínicos, teóricos y normativos, por lo que su ejecución implica una eficiente aplicación de los métodos, así como su correcta interpretación, esto con la finalidad de presentar una prueba sustentada, para casos penales o procedimientos civiles. Cabe mencionar que la odontología forense no solo se basa en el reconocimiento dental, sino también incluye, la estimación de sexo, edad, ancestría, queiloscopía, rusgoscopia, el estudio de marcadores moleculares, análisis de marca de mordida, identificación de abuso y violencia, negligencia y mala praxis.

En el caso del reconocimiento dental, es un establecimiento de la individualidad de una persona ya sea viva o muerta; es decir el reconocimiento de su identidad, para su identificación. La identificación dental comparativa utiliza registros *antemortem* y *postmortem* para determinar una resolución positiva o negativa. Cuando no se tiene acceso a los registros dentales *antemortem*, se desarrolla un perfil dental, que esta integrado por los rasgos dentales morfológicos particulares, tratamientos dentales, edad, sexo y ancestría. En el protocolo de registros dentales de la ABFO (*American Board of Forensic Odontology*) se utilizan cinco métodos principales para la identificación de restos humanos, métodos visuales, dactilares, análisis de ADN, métodos antropológicos, radiológicos y de comparación dental.

## Antropología forense

### Perfil biológico

La antropología forense, pertenece a la ciencia forense y es definida como una rama de la antropología biológica, que está encargada de la identificación y diferenciación de restos humanos o personas vivas. Cabe mencionar, que en el ejercicio forense de la antropología intervienen, las disciplinas antropológicas en general, por lo que en el manual de procedimientos periciales se define como “la disciplina que se nutre de los métodos y técnicas de la antropología sociocultural, la arqueología y la bioantropología, aplicados a los procesos fiscales y judiciales con fines legales y/o humanitarios”. La antropología forense tiene sus raíces en investigaciones estadounidenses a cargo de Thomas Dwight, considerado el padre de esta disciplina.

El análisis de restos óseos, es el resultado de una serie de procedimientos bien delimitados, desde, la observación del lugar donde se encontraron los restos, donde se

pretende encontrar perturbaciones en el área, que insinúan fosas, que permitan hacer sondeos, y encontrar restos, para proceder a excavaciones, recorrido de superficie cuando los cuerpos no son enterrados, fijación o registro fotográfico del lugar donde se encuentran los indicios, llenado de cédulas óseas, todo esto para tener un contexto lo más objetivo posible, así como el embalaje de los indicios, con la medidas necesarias para una mejor preservación y una correcta cadena de custodia.

Los métodos empleados por los antropólogos, tiene el fin de definir el perfil biológico, este permite realizar la identificación de un individuo, fallecido desconocido, o de personas vivas que se encuentran relacionados con hechos delictivos, en ambos casos se lleva a cabo a través de sus características biológicas, antropomórficas, métricas y somatológicas, con el fin de contribuir a la resolución del caso. Debido a la variabilidad biológica de las poblaciones y las complejidades para la identificación de una persona, tanto con fines antropológicos o forenses, ha sido necesaria la estandarización del proceso, por lo que, basados en las características básicas de la población, se establece un perfil básico de identificación, que reúne las principales características biológicas que pueden lograr separar a un individuo o ubicarlo dentro de una población, con la finalidad de una identificación. Para la construcción del perfil biológico, es necesario obtener los datos del sexo, edad, estatura y afinidad biológica o ancestría, con el propósito de obtener datos que aporten a la individualización y caracterización, así como el comparar los datos *antemortem* y *postmortem*, para el cumplimiento de los objetivos (García-Barzola, 2015).

## Sexo

El diferenciar a un humano por su sexo es fundamental para la identificación, esto permite separar a la población en dos grupos homogéneos entre sí, lo que da lugar a una variabilidad total menor de la población (González, 2009; González A. 1999). El poder separar una población es posible debido a que la especie humana, se caracteriza por presentar un dimorfismo sexual (diferencias dependientes del sexo, como tamaño y morfología) (Gran, 1967) como resultado de la diferencia de los niveles hormonales entre los individuos masculinos y femeninos (Cox y Mays, 2000), lo que determina los caracteres morfológicos propios de cada sexo.

Los huesos del cráneo y la pelvis son los elementos óseos con mayores dimorfismos sexual, por otro lado, estructuras como la mandíbula, el órgano dental canino, así como la arcada dental, pueden proveer de información, útil para esta estimación (Alvares, 2017).

## Edad

La estimación de la edad al igual que todos los elementos del perfil biológico, es de suma importancia en la identificación. De esta estimación dependen las variables que puedan existir, tanto en sexo como en estatura. La estimación de la edad se basa en la observación de características morfológicas en los restos, la comparación de la información con los cambios registrados para poblaciones recientes de edad conocida y la estimación de cualquier fuente de variabilidad (Ubelaker, 1989).

Existen dos variantes para la edad, de ellas depende la veracidad de la estimación; la edad biológica (está representada por el grado de deterioro que sufre el cuerpo desde el nacimiento hasta la estimación, y no siempre coincide con la edad cronológica) y la edad cronológica (considerada a partir del nacimiento hasta la fecha de la estimación) (White, 2005). Existen métodos como los propuestos por Camerier, 2009 y Demirjian, 1973 .

## Estatura

La estimación de la altura para la conformación del perfil biológico se puede obtener a partir de diferentes tipos de huesos, entre ellos, la pelvis, huesos largos como el fémur, tibia, húmero, radio, vértebras cervicales, clavícula, esternón, costillas; esto debido a que para esta estimación se toman en cuenta los huesos que permiten permanecer regido a un ser vivo.

Por otro lado, para la correcta interpretación de la altura, es necesario tomar en cuenta los temas elementos del perfil biológico. Entre los métodos que se han desaforado para la estimación de la estatura, se encuentra la reconstrucción anatómica y la ecuación de regresión basada en los huesos largos, son utilizadas dependiendo el estado de conservación de los restos óseos que se presenten. La ecuación de regresión es una relación métrica de la longitud del hueso examinado respecto a la longitud total del individuo.

La odontología forense aportó un método matemático propuesto por Carrera en 1939, que permite calcular la estatura a partir de las dimensiones mesiodistales de un, incisivo central, lateral y canino inferiores, medidas que forman un radio-cuerda que forma parte de unas fórmulas establecidas, que puede estimar una estatura máxima y una mínima. Sin embargo, este método, ha sido comprobado por diversos autores, donde no se demuestra de manera significativa su eficacia, debido a que no puede ser utilizado en todas las poblaciones y presenta porcentajes bajos de eficacia, dejando un camino abierto para nuevas investigaciones.

## Ancestría

(Distancia biológica, afinidad biológica o ascendencia)

La evaluación de la ancestría es la asignación de un individuo a una denominación geográfica, basada en una combinación de variables métricas y no métricas, obtenidas de restos esqueléticos desconocidos.

Desde la antigüedad la necesidad de conocer, describir y comprender la diversidad de los seres vivos, han tenido como resultado el desarrollo de categorías. Esta división de grupos de una misma especie está basada en que los rasgos fisiológicos humanos se agrupan; por lo tanto, la especie humana puede subdividirse en un número limitado de grupos basadas en observaciones de conjuntos de rasgos agrupados. Uno de los trabajos más conocidos para la clasificación de especies fue el de Carl Linnaeus, padre de la taxonomía moderna que distingue cuatro subespecies de humanos basadas principalmente en características anatómicas compartidas, en cuanto a su enfoque, consideraba a cada grupo como estático, producto de una creación divina (Armélagos et al., 1982; McGee y Warms, 2012). Sin embargo, su enfoque particular posteriormente, fue una aseveración no aceptadas por todos los investigadores, ejemplo de ello Kant, Georges-Louis Leclerc, Buffon, Larson, analizaron que las diferencias entre las variaciones de los las poblaciones eran el resultado de las interacciones con el ambiente, la nutrición y los diferentes modos de vida (Pilloud y Hefner 2016), lo que dio la pauta a nuevas investigaciones.

En el ámbito de la antropología Johann Friedrich Blumenbach es llamado "el padre de la antropología física", su trabajo más conocido es el que involucra la clasificación de la especie humana en los cinco grupos más utilizados, como base para la tipología racial en las generaciones posteriores: negroide, mongoloide, caucasoide, indio americano y malayo (Kelso, 1974). Cabe mencionar que en las últimas décadas existe un gran debate en el uso el término raza, por un lado, ha sido reconocido como una limitante que no resuelve la interrogante de una clasificación homogénea y sustentada, aunado a esto el concepto científico de la raza suele usarse para el racismo cultural, es por ello, que ha sido descartado, utilizado actualmente modelo enfocado en la variabilidad biológica basada en la población, denominado afinidad biológica, distancia biológica o ancestría. Este modelo está sustentado por los rasgos anatomofisiológicos humanos los cuales dependen individualmente de los factores biológicos y ambientales. como se mencionó anteriormente, lo que demuestra que las poblaciones varían de una región a otra, por lo que no se pueden dividir en un número limitado de categorías (No. excepto de subcategorías). Todo esto gracias a la comprensión de los aspectos moleculares de la biología humana y a la implementación de métodos estadísticos más sofisticados. Sin embargo, el uso del término raza aún es empleado, principalmente en la antropología

forense, esto debido al desconocimiento o falta de apego al nuevo conocimiento aportado. (Gregory, 2014). Se hace mención no porque se tenga que eliminar el concepto y la práctica de la estimación de ancestría, sino por el renombramiento del concepto que permita englobar las características que se pretende analizar. El análisis de distancia biológica o biodistancia es una herramienta común en la biología de población, donde se han propuesto una serie de medidas para analizar la similaridad genética o fenotípica entre poblaciones (Sneath y Sokal, 1973), utiliza datos obtenidos de restos esqueléticos, huesos o dientes, para visualizar esa relación poblacional, sometidos a métodos de estadística multivariada, estos datos se obtienen principalmente de las variaciones de tamaño y forma, los cuales aportan información sobre la filogenia de un individuo o población, como se mencionó anteriormente presentan una herencia poligénica con umbrales de expresión influenciados por el ambiente (Hunter, et al., 2010).

Sustentando la hipótesis de que los grupos poblacionales que comparten características morfológicas similares comparten una ascendencia en común y proporcionar información sobre la estructura de la población y su historia (Pillou y Hefner, 2016).

Scott y Turner en 1997, en cinco poblaciones (Eurasia, África subsahariana, Sino América, Sunda del pacífico, Sahul pacífico) identificaron las frecuencias de los rasgos que cada una presentan, de mayor a menor aparición Eurasia Europa, región delimitada por norte de África, regiones de Asia Rusia europea, presenta frecuencias de aparición altas en hipocono, presentan 4 cúspides en los primeros molares inferiores, 2 raíces en los caninos inferiores, tubérculo de Carabelli, tres cúspides en los segundos molares superiores, frecuencias medias en surco de interrupción de laterales, patrón del surco en Y, 2 raíces en primer molar inferior, 3 raíces en el segundo molar superior, 2 raíces en el segundo molar inferior, en menores frecuencias rotación de los incisivos, pala, doble pala, cresta mesial canina, odontoma, cúspide 5 superior, cúspide 6, cúspide 7, pliegue acodado, 3 raíces en primer molar inferior. África subsahariana abarca el este de Asia (incluye Kenia y Sudán) grupos capoide y congoide, presenta frecuencias altas en, cúspide 7, cresta mesial canina, patrón del surco en Y, el segundo molar inferior presenta dos raíces, primer molar superior 3 raíces, frecuencias intermedias en cúspides 5, 6, 7, pliegue acodado, y frecuencias bajas en rotación, diente en pala, doble pala, surco de interrupción, odontoma. Sino-América desde el norte de Groenlandia, hasta la tierra del fuego, que son poblaciones indígenas americanas y norte de Asia.

Se pueden observar frecuencias altas en Pala, surco de interrupción, odontomas, cúspide 6, pliegues acodados, hipoconúlido. Frecuencias bajas en cresta mesial canina, cúspides 7, 4 cúspides en molares inferiores, patrón en Y. Sunda del pacífico, sureste de Asia, al este del archipiélago indio (Polinesia Micronesia) su frecuencia más alta la presenta la cúspide 6, frecuencias medias en rotación, pala, doble pala, surcos de interrupción, odontomas, cúspide 5, tres cúspides en el segundo molar superior, cuatro cúspides en el segundo molar inferior, pliegue acodado, secuencias bajas en cresta mesial

canina, cúspide 7, cuatro cúspides en molares inferiores. Sahul pacífico Australia, Nueva Guinea y Malanesia, con fecundas mayores en tubérculo de Carabelli, cúspide 5 y cúspide 6, frecuencias medias, en odontomas, cuatro cúspides en primer y segundo molar inferior, pliegue acodado, patrón del suco en Y, por otro lado, frecuencias bajas en, rotación, pala, doble pala, surco de interrupción, cresta mesial canina, cúspide 7, tres cúspides en el segundo molar superior, dos raíces en caninos inferiores, tres raíces en primer molar inferior.

## Estimación de ancestría en contexto forense

El objetivo principal del estudio de ancestría es proporcionar información de los orígenes ancestrales de un individuo, permitiendo determinar las proporciones de diferentes orígenes étnicos que conforman su ancestría. Basándonos en que las poblaciones humanas geográficamente separadas difieren en sus frecuencias genéticas y el rango de variación fenotípica, se asume que estos factores pueden usarse para estimar la probabilidad de que el área de ascendencia de un individuo sea más probable en un lugar que en otro.

Típicamente los encargados de realizar la estimación del perfil biológico de restos humanos desconocidos son los antropólogos forenses por su formación, quienes tienen el objetivo de estimar el perfil biológico más probable de un conjunto de restos óseos desconocidos basándose en los datos disponibles y las técnicas de su obtención (Ubelaker, 1996). Sin embargo, dentro de los componentes del perfil biológico, la estimación de la afinidad biológica es más probable que se estime de manera incorrecta.

Por lo que la necesidad de métodos de estimación específicos para cada población es cada vez más notoria (Hoppa, 2000). Esto debido a que los elementos para dicha estimación son los elementos morfológicos craneales y dentales, que por lo general pueden sufrir pérdidas y daños antemortem y postmortem, que limitan su buena interpretación.

La evaluación de la ancestría geográfica utilizando rasgos morfológicos craneales y dentales puede parecer sencilla en cuanto a las técnicas, que funcionan mediante la comparación entre un individuo desconocido y una base de datos de individuos cuyas categorías étnicas socioculturales son conocidas (Tabla 4). Sin embargo, su dificultad radica en la preparación y conocimiento del observador, así como en la interpretación que pueda proporcionar. Por otro lado, las muestras esqueléticas obtenidas, no siempre presentan las condiciones más óptimas para su análisis, por otro lado, esta estimación al no resultar tan sencilla como el sexo o la edad, la literatura con métodos prácticos es limitada. Otra de las principales limitaciones de las técnicas para la evaluación de la ancestría es que los modelos desarrollados en poblaciones específicas son mucho menos

efectivos cuando se aplican en otras poblaciones (Birkby, 1966; Ayers, et al., 1990; Fisher y Gill, 1990; Brues, 1990), aunado a esto las bases de datos disponibles son principalmente prehispanicas. Se ha demostrado que las mediciones y observaciones de los órganos dentales son útiles para estimar la ascendencia de un individuo desconocido (Pilloud, 2009) lo que ha permitido aceptar que la ancestría biogeográfica, es un elemento útil y necesario para la identificación forense.

Cuando se utiliza la biodistancia para resolver una interrogante y conocer la estructura demográfica de la población su origen e historia, se toma en cuenta el fenotipo como sustituto de los patrones de afinidad genética, por ejemplo, si se tiene tres poblaciones y dos poblaciones son fenotípicamente más similares es decir menos distantes, que con la tercera población. La similitud o afinidad de estas dos poblaciones podría tener como causa su ascendencia en común. Por lo general en estos estudios, el conjunto de datos de referencia es de carácter temporal y geográficamente limitados (Tabla 4). Debido a estas limitaciones uno de los principales objetivos de las investigaciones es ampliar las bases de datos de referencia para mejorar las evaluaciones de los casos forenses modernos, se utilizan principalmente análisis de funciones discriminantes, atributos de puntuación resumida (OSSA), clasificadores bayesianos entre otros (Hefner, 2014). La precisión de los métodos utilizados oscila entre el 70% y 95%, dependiendo de la muestra examinada. La heredabilidad de amplio espectro incluye todas las influencias genéticas en la variación incluidos los efectos aditivos, dominantes, epistasis y de interacción genética con el ambiente, en los estudios de hermanos gemelos, la heredabilidad incluye los efectos del entorno compartido. La heredabilidad en el sentido estrecho incluye solo los efectos aditivos de la variante y por lo tanto representa los resultados más predecibles cuando se presentan en los padres o en dos poblaciones, que intercambian genes (Falconer, 1989). Al estimar la heredabilidad del rasgo utilizando hermanos y principalmente gemelos que comparten entorno en común (covarianza ambiental) y efectos de dominancia hacen que los rasgos sean más similares, lo que permite discernir entre dominancia y efectos ambientales compartidos, que son efectos no aditivos. En el caso de nuestra población, hablamos de una población mestiza y lejos de ser una desventaja para los análisis, ha ayudado a comprobar las hipótesis planteadas anteriormente. La población mexicana desciende principalmente de poblaciones europeas, nativos americanos (estos últimos con descendencia de poblaciones asiáticas) y solo un reducido porcentaje de componente africano (Bonilla, et al., 2004; Klimentidis et al 2009. Este es un ejemplo de que los datos morfológicos dentales, reflejan la historia de una población y su mestizaje, y podrían utilizarse para discernir la pertenencia de un individuo desconocido a un grupo. Por otro lado, un inconveniente que se presenta con respecto a todas las poblaciones hispanas es que las variaciones no son tan perceptiblemente diferentes (Heather, 2013). Esto plantea nuevas hipótesis, ejemplo de ello si la suposición sobre la naturaleza genética aditiva de la variación del rasgo dental es incorrecta, si en lugar de efectos genéticos iguales y aditivos,

y evaluar si los rasgos dentales muestran predominio de ascendencia compartida, esa afirmación sería cierta si las expresiones con herencia dominante estuvieran asociadas con la ascendencia nativa americana o derivadas de Asia. Todas estas suposiciones que, si bien aportan mucha información, queda un gran panorama que analizar para realizar aseveraciones irrefutables. Por lo que se tiene que comprender las causas de la variabilidad, se han realizado de dos principales formas, por medio de enfoques biológicos del desarrollo evolutivo (evo-devo) para comprender los procesos y en segundo lugar se ha examinado la covariación de la variación alélica específica con frecuencias del rasgo dental, sin dejar a un lado las variables ambientales (Mizoguchi, 2013). Como se ha mencionado anteriormente las fuerzas genéticas y ambientales (como hormonas, enfermedades, dieta, estrés) afectan el resultado final de la morfología dental. Esto porque se puede afirmar que existe una correlación demostrable entre las condiciones sociales, morfológicas y la ascendencia. Concordancia que propiamente responde a la deriva genética y el patrón geográfico.

#### Estudios realizados con fines forenses estimando la ancestría con población mexicana

<i>Autor (s)</i>	<i>Año</i>	<i>Estudio</i>	<i>Conclusión</i>
Rebecca George	2015	Non-metric and metric dental assessment of ancestry in contemporary mexican individuals: an aid to identifying undocumented border crossers	A través de una variedad de aplicaciones estadísticas tanto para los rasgos no métricos como para las medidas del polígono oclusal, se encontró que la dentición mexicana se podía distinguir de la de los hispanos del suroeste
Ross Ann, H. Slice, Dennis E. Ubelaker Douglas, H.	2014	Population Affinities of Hispanic Crania Implications for Forensic Identification	Exponen la diversidad biológica existente dentro de las poblaciones "hispanas"
M. Katherine Spradley, Ph.D.; and Richard L. Jantz, Ph. D	2016	Ancestry Estimation in Forensic Anthropology: Geometric Morphometric versus Standard and Nonstandard Interlandmark Distances	la aplicación de biodistancias dan como resultado mejores estimaciones de ancestría para poblaciones actuales
Leo Ortiz Ruiz	2020	Variación craneofacial en población mexicana: estimación de ancestría biogeográfica para la identificación forense	Generación de base de datos 3D con individuos de los 32 Estados de la República

Tabla 4. Estudios realizados con población mexicana contemporánea para la estimación de ancestría en contexto forense.

## Antecedentes

### Contexto histórico de estudio de caracteres dentales

El estudio de la morfología de los órganos dentales y la variación entre las poblaciones ha sido aplicado desde al menos mediados del siglo XIX, pudiendo situar a Osborn y sus estudios de comparación de poblaciones como precursor del estudio de la morfología y su evolución. (Gómez-Valdes, 2008). Por otro lado, el estudio de los caracteres morfoscópicos en un contexto antropológico fue iniciado por dos investigaciones principales, el tubérculo de Carabelli y el diente en pala, siendo fundamentales para los siguientes estudios. Hablando la variación morfológica dental, los rasgos morfológicos fueron en un inicio descritas como variantes anormales (Scott y Turner, 1997), concepto que ha ido cambiando con el paso del tiempo.

Entre los principales investigadores del siglo XIX destacan Von Carabelli (1842) y Tomes (1914) realizando principalmente análisis comparativos y descriptivos, los cuales prevalecieron debido a su capacidad para responder cuestiones filogenéticas y taxonómicas (Alt et al., 1998). En 1842 Georg Von Carabelli describió la cúspide accesoria mesio-lingual (tubérculo de Carabelli) encontrada en poblaciones europeas.

Posteriormente en 1920 Ales Hrdlicka, realizó la descripción de los incisivos superiores e inferiores en forma de pala, quien al observar las variables de tamaño que se pueden presentar, permitirá observar las diferencias entre poblaciones, estudio en el cual destaca que este rasgo tiene una frecuencia mayor de aparición de en poblaciones asiáticas y americanas nativas, y por otro lado asignó una gradación que permite evaluar la expresión del carácter, según su desarrollo, siendo antecedente de posteriores esfuerzos para estandarizar las observaciones. Posteriormente Thomson en 1903 presentó un estudio sobre la variación dental entre las poblaciones humanas modernas.

Estos estudios permitieron emigrar a las variaciones morfológicas de elementos meramente taxonómicos al reconocimiento de la variabilidad de las poblaciones (Alt et al 1995). Este es el punto de partida para las investigaciones de Campbell 1925, Shaw 1931 y Krogman 1927 y Hrdlicka 1911, 1920, 1921, 1924; quien realizó una de las principales aportaciones para el estudio del diente en forma de pala. A partir de la década de 1940, se adicionaron nuevos caracteres dentales y nuevas investigaciones sobre la variación poblacional como las de Albert Dahlberg y P.O. Pedersen (Scott et al, 2018). Posteriormente, Rhine en 1990 realizó una publicación donde identificaron características craneales y rasgos dentales. Útiles en la estimación de afinidad biológica; En "americanos o Caucásicos" la presencia del tubérculo de Carabelli presenta mayor frecuencia de

aparición. “Mongoloides del Suroeste” mostraron rasgos morfológicos dentales más característicos incisivos en pala, rotación de incisivos.

El interés de este estudio de la morfología dental desde la década de 1940 hasta 1970 Dahlberg y Pedersen formalizan el campo de la antropología dental, abriendo el panorama a investigadores como Hanihara 1954 y 1955, Kraus 1951 y 1959, Lasker y Lee 1957.

Varias décadas después, en 1991, se implemente el Sistema de Antropología Dental de la Universidad Estatal de Arizona (ASUDAS), con el fin de homogeneizar la obtención de la información de los caracteres dentales, se estandarizó 37 rasgos de corona y raíz, basándose en el trabajo de Dahlberg (Turner, et al., 1991). Una referencia clave del uso de caracteres dentales en identificación forense fue descrita por Lasker y Lee (1957) quienes explican que la variación de los rasgos morfológicos entre los grupos humanos, pueden usarse para la estimación de ancestría forense. Debido a que cada población presenta rasgos particulares y en algunas con mayor frecuencia de aparición.

## Estudio de caracteres dentales en población mexicana

Dentro de los antecedentes más claros o primeros estudios sobre morfología dental en población mexicana, se encuentran los de Alton Howard Thompson (1903), quien, basado en los caracteres observados, relaciona a la población con la *raza mongólica* (Pompa, 1990). Snyder y Colaboradores en 1969, realizan un estudio incluyendo un mayor número de caracteres, donde analizan principalmente la penetración y expresividad de los caracteres. A partir de ese año y hasta 1972 Crawford realizó estudios en poblaciones tlaxcaltecas, donde utilizaron caracteres macroscópicos (rasgos dentales) y marcadores genéticos (sistema ABO, RH), así como datos demográficos e históricos. Posteriormente Christy Turner, realiza los registros más extensos de la antropología dental. Donde analizó poblaciones de Asia (Turner, 1976), norte, centro y sur de América (Turner, 1981), entre estas incluyó poblaciones de México con muestras de Coahuila, Distrito Federal y Yucatán.

José Antonio Pompa y Padilla, es el primer investigador mexicano en estudiar la variabilidad morfológica dental en poblaciones de México, realizando análisis comparativos de una muestra del sur de Baja California, donde incluyó los caracteres hipocono, número de cúspides, patrón de los surcos, Carabelli y protostílido, y los comparó con diez poblaciones de América, Asia y Australia, esto en el año 1977 seguido de múltiples estudios. Andrés del Ángel, otro investigador mexicano que en 1992 realizó

una investigación con poblaciones mayas de Chiapas donde reúne datos de antropología dental, lingüística, arqueología e historia, para una interpretación integrada de la variabilidad humana.

A partir del 1997 y hasta el 2019 Andrea Cucina ha realizado investigación en población mexicana, principalmente maya, así como el Dr. Jorge Gomez Valdés en 2005 realiza un análisis dental de poblaciones del occidente de Mesoamérica, con el objetivo de caracterizar esta región que ha sido poco estudiada con respecto al sur del país, así como diversos autores han aportado datos importantes para la caracterización y comprensión de la población (Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Estudios realizados con población mexicana contemporánea para la estimación de ancestría en contexto

<i>Métodos</i>	<i>Año Autor</i>	<i>Título</i>	<i>Modificación Especificación</i>	<i>Población</i>	<i>Resultado</i>	<i>Sugerencias/ aportaciones</i>
ASUDAS –con modificaciones	Martha Pimentel Merlín, 2012	Afinidad biológica a través de la morfología dental de dos muestras de la Península de Yucatán, México.  Artículo	Evalúa el resultado del mestizaje en dos comunidades.  Muestras de Xpujil, Campeche y ciudad de Mérida, Yucatán	Mexicana	La muestra de Mérida, Yucatán, muestra un menor grado de mestizaje, acercándose más a las poblaciones europeas.	Aplicación de las modificaciones del sistema ASUDAS por Gallardo (2011)  La muestra mexicana fue comparada con: africanos subsaharianos , africanos del norte , europeos continentales, poblaciones sundadontes, poblaciones sinodontes y poblaciones españolas granadinas.
Análisis de Gen EDAR Sistema ASUDAS	Tábita Hünemeier 2013	Frecuencias de un alelo del gen EDAR en totonacos de la sierra Norte de Puebla y mestizos de la ciudad de México  Artículo	Se obtuvo la secuencia Gen EDAR número de referencia rs3827760. Evaluación del diente en pala con el sistema ASUDAS	Mexicana	El alelo derivado 1540C (rs3827760) muestra una alta frecuencia en la población totonaca de Tepango de Rodríguez, Puebla (.8791). Por otro lado, la presencia del gen no es garantía de la expresión fenotípica.	En la población indígena el alelo derivado 1540C es altamente frecuente a lo largo de toda la distribución del rasgo morfológico, siendo su distribución modal el grado 3 de diente en pala. Esto puede ser compatible con un modelo de herencia aditiva, considerando que en las dos poblaciones el genotipo homocigoto para el alelo derivado 1540C presenta en promedio un grado más marcado de diente en forma de pala, siendo este valor promedio de 3.73 en el caso de los totonacos de Tepango y de 2.90 en los mestizos de la ciudad de México.
ASUDAS	Andrea Cucina 2013	Libro Afinidades biológicas y dinámicas poblacionales entre los antiguos mayas. una visión multidisciplinaria Capítulo Variabilidad biológica en el área maya durante el clásico y posclásico a partir de la morfología dental	Registra 79 rasgos morfológicos con base en el sistema de placas de referencia ASUDAS	Mexicana	El análisis de la variabilidad morfológica interna a cada colección permitió observar la compleja dinámica poblacional de interacción político-económica y comercial de la región	Los rasgos morfológicos dentales (con algunas excepciones) no son rasgos mendelianos a herencia simple, más bien se expresan de acuerdo con una escala continua desde ausente hasta la expresión máxima del mismo rasgo. La elección de los rasgos a analizar y los niveles dicotómicos aplicados pueden producir resultados diferentes.
ASUDAS	Stanley Seraffín 2007	Investigación Bioarqueológica de la Estructura de la Antigua Población de Mayapán  Artículo	Se utilizaron 3 muestras de diferentes estratos sociales.	Mexicana	Los valores obtenidos identificaron importantes diferencias entre muestras, apoyando la hipótesis del estudio de que en la sociedad de Mayapán existieron grupos genéticamente diferentes.	Utiliza el esquema de dicotomización específico de Mayapán

Continuación. Tabla 4.1 Estudios realizados con población mexicana contemporánea para la estimación de ancestría en contexto

<i>Métodos</i>	<i>Año Autor</i>	<i>Título</i>	<i>Modificación Especificación</i>	<i>Población</i>	<i>Resultado</i>	<i>Sugerencias/ aportaciones</i>
ASUDAS	Andrea Cucina 2016	Oaxaca and its neighbors in Prehispanic Times: Population movements from the perspective of dental morphological traits	Se centra en las afinidades biológicas evaluadas a través de la morfología dental entre tres colecciones humanas prehispánicas del estado actual de Oaxaca, México, Monte Albán, Zaachila y Cerro Guacamaya	Mexicana	Cholula y Teotihuacán están separados de las muestras de Oaxaca, en el sentido de dinámica poblacional tal vez indicando que las interacciones de la población eran poco comunes entre estas dos regiones en el periodo de tiempo estudiado.	
ASUDAS	Alejandra Flores Serrano 2007	Morfología dental y mestizaje en una población contemporánea de Zimapán, Hidalgo. Rasgos morfológicos dentales.  Tesis	Muestra : 74 individuos  Se realizó un análisis comparativo poblacional de frecuencias con muestras prehispánicas europeas y africanas	Mexicana	La frecuencia dicotómica del diente en pala en población mestiza de Zimapán representa un 34.9% dato que no es alejado del observado en , Cholula, Monte Albán Tlatilco y Cuicuilco con un 51.5%	Los datos que resultan de los rasgos dentales nométricos, son herramientas aplicables para poder caracterizar grupos humanos, evaluando afinidad biológica y dinámica poblacional.

## Antecedentes de la muestra

### Colección Odontológica Nacional de Interés Forense CDMX

El Laboratorio de Antropología y Odontología Forense (LAOF) de la Licenciatura en Ciencia Forense de la Facultad de Medicina de la UNAM, ha creado la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense, con el apoyo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Odontología (UNAM), cuyo objetivo es generar una base de datos de la población mexicana y facilitar la identificación de cuerpos por medio de sus registros odontológicos.

Está conformada por modelos dentales y sus registros 2D y 3D, dientes extraídos y registros queiloscopicos. Se considera que su conformación es de personas mestizas de la ciudad de México, cosmopolitas actuales (Fig.6).

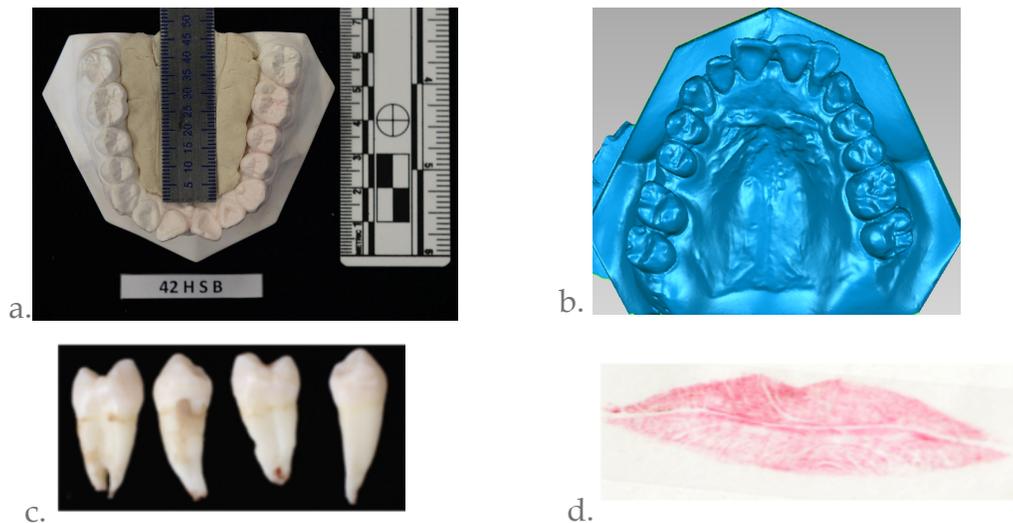


Figura 6.Registros odontológicos que conforman la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense. a. Registro fotográfico 2D de modelos dentales donados por el posgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología UNAM b. Modelo dental escaneado para su resguardo en 3D c. Dientes extraídos, donados por el posgrado de Periodoncia de la Facultad de Odontología UNAM d. Registro queiloscopico, parte de la Tesis de licenciatura de Cynthia San Juan Tesista del Laboratorio de antropología y odontología Forense de la licenciatura de Ciencia Forense .

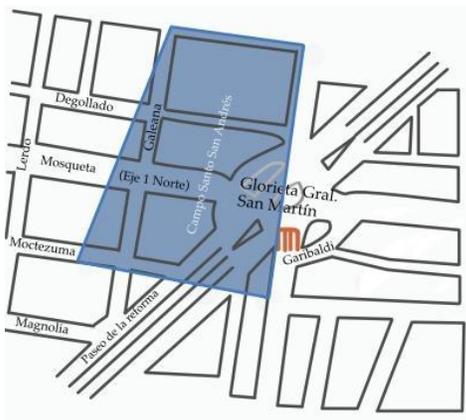
## Muestra del Hospital General de San Andrés, CDMX

Los habitantes de la época prehispánica, asignaban un simbolismo a cada proceso, en este caso la muerte como proceso biológico final, se expresaba en la forma de enterrar a sus muertos, los entierros de sus familiares se realizaban cerca de los lugares de trabajo o residencias, motivo por el cual no se requería un lugar específico para esta práctica.

Después de la conquista española, se construyeron iglesias para la evangelización, y dentro de ella cambiaron la percepción que tenían los habitantes de la vida después de muerte, asegurando que, para preservar la memoria de los fallecidos y su descanso, tendrían que descansar en tierra sagrada, asignando en las iglesias lugares específicos para los entierros. En años posteriores la elevación de las tasas de mortalidad provocada por las pestes y enfermedades, provocaron que los espacios resulten insuficientes tanto para la atención de enfermos como para las inhumaciones, por lo que se asignaron predios para este fin

Comenzado por la creación de hospitales entre estos el Hospital General de San Andrés situado en el edificio del antiguo Colegio Jesuitas de San Andrés Ubicado en la calle de Tacuba del centro histórico de la ciudad de México (Actualmente Museo Nacional de Arte), habilitado en 1779, para la atención de la peste de viruela al cual le pertenecía el camposanto de San Andrés, ubicado al noreste de la ciudad, a un lado la parroquia de Santa María la Redonda y donde posteriormente se establecería el panteón General de Santa Paula, nombre que correspondía al predio, en 1851 después de la muerte de Vicente García comenzó a decaer por descuido de los nuevos administradores, aunado a esto en 1858 ocurrió un terremoto que provoco grandes daños, y en 1871 se ordeno su clausura. Posteriormente debido a la urbanización se recuperaron los entierros para su resguardo.

Durante la construcción de la línea B del metro de la ciudad de México, entre las calles de Soto y Reforma (sobre eje 1 Norte, Mosqueta) así como la zona de amarre Mosqueta 42, se recuperaron entierros directos, indirectos y osarios, provenientes principalmente del Hospital de San Andrés, los cuales fueron resguardados para la conformación de la colección osteológica en y a cargo de la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Se consideran muestras de personas de la época colonial, mestizas de la Ciudad de México (Fig. 7).



a)

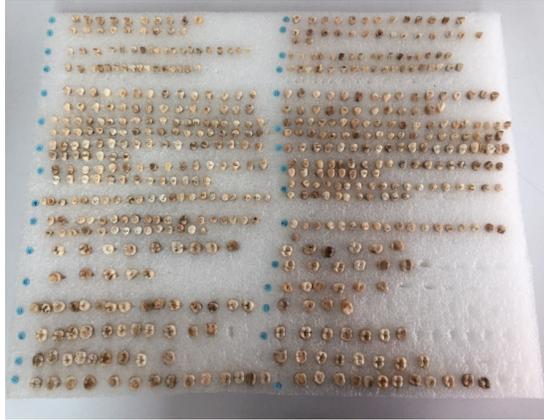


b)

Fig. 7. a) Mapa ilustrativo de la localización del Campo San Andrés elaboración propia b) Individuo recuperado del camposanto para su resguardo en el laboratorio de osteología del posgrado de antropología física ENAH identificado como: Mosqueta 42, San Andrés, Unidad12, Ent.12/26, fotografía propia.

## Cementerio de Danghu, Tasquillo, Hidalgo.

En año del 2006 se realizó una reubicación de restos óseos, provenientes del Cementerio San José ubicado en la localidad de Danghu, municipio de Tasquillo del Estado de Hidalgo, donde se obtuvieron 201 individuos que después de su análisis, fueron inhumados en un nuevo lugar; dentro de este mismo proyecto fue remodelado el osario que se encontraba en la capilla de Danghu, para volver a resguardar los restos óseos. Por otro lado, de ese mismo osario, fueron seleccionados 170 cráneos y elementos óseos corporales, completos, incompletos y fragmentos óseos, los cuales fueron trasladados a la Escuela Nacional de Antropología e Historia, en el laboratorio de osteología del posgrado de antropología física, para su resguardo y estudio, dentro de las observaciones de los antropólogos encargados del proyecto se establece que la colección corresponde a la época contemporánea. (Villegas Camposeco y Gomez Valdés 2018). Debido a la naturaleza de la sepultura, no se tiene un registro detallado de los individuos pertenecientes al osario y cabe mencionar que no todos los cráneos y mandíbulas presentan órganos dentales, sin embargo, se resguardaron también una gran cantidad de órganos dentales asociados, que pudieron ser clasificados y analizados (Fig. 8).



a)

b)

Fig. 8. Muestras de la colección San Andrés. a) Dientes Aislados asociados a los entierros recuperados del Camposanto San Andrés organizados por grupos dentales. b) Individuo recuperado del Osario de Danghu, para su resguardo en el laboratorio de osteología del posgrado de antropología física ENAH identificado como: Hidalgo- Danghu' Cráneos adulto 73-78, Osario C13 Craneo 76, fotografía propia

# Capítulo II

## Metodología

### Muestra

La muestra está constituida por individuos pertenecientes a la región centro del país, situados en una temporalidad contemporánea y divididas en muestras óseas y modelos dentales.

En el inicio de la investigación se estimó que la muestra cumpliera el objetivo de 150 individuos de tres colecciones, cifra dividida en 50 modelos de yeso de la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense, resguardada en el Laboratorio de Antropología y Odontología forense, de la Licenciatura de Ciencia Forense (UNAM) y 100 muestras óseas, que incluyen; 50 individuos de la Colección Danghu, Hidalgo y 50 de la Colección San Andrés, resguardadas en el laboratorio de Osteología de la Escuela de Nacional de Antropología e Historia (ENAH). La muestra planeada inicialmente tendría un total de 150 individuos y 4800 órganos dentales si todos los individuos presentaran los 32 dientes de la dentición permanente, sin embargo en la preservación de las colecciones osteológicas, los individuos en una gran mayoría sufren pérdida dental *postmortem* del maxilar o mandíbula, así como pueden presentar dientes asociados, por lo que el total de órganos dentales utilizados para esta investigación fue de 2963 cantidad formada por todos los grupos dentales y los dos tipos de muestras utilizadas (Tabla 5 y 6).

Colección	Material	Lugar de procedencia	Temporalidad	Autor
San Andrés	45 muestras óseas	México, D.F. (Valle de México)	México independiente (siglo XIX)	Esta tesis
Danghu – Hidalgo	35 muestras óseas 444 dientes aislados asociados	Hidalgo, México	Contemporáneo	Esta tesis
Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	50 modelo dentales	México, D.F. (Valle de México)	Contemporáneo	Esta tesis
Perú	1189 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Perú	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981

Arkansas	842 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Arkansas	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Alabama	1294 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Alabama	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Norte de Arizona	756 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Norte de Arizona	Prehispánica	Prehispánico
Coahuila	269 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Coahuila	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Tlatelolco	873 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Tlatelolco	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Cuicuilco	389 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Cuicuilco	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Yucatán	277 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Yucatán	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Panamá	161 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Panamá	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Ecuador	658 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Ecuador	Prehispánico	Christy G. Turner II 1981
Brasil	125 órganos dentales Para 14 Caracteres dentales	Brasil	Prehispánica	Christy G. Turner II 1981
Venustiano Carranza	24 individuos 24 órganos dentales	Michoacán	Prehispánica	Gomez-Valdés 2008
Zoocalco	13 individuos 7 órganos dentales	Jalisco	Prehispánica	Gomez- Valdés 2008
La Barca	6 individuos 5 órganos dentales	Jalisco	Prehispánica	Gomez- Valdés 2008
Cumatillo	7 individuos 5 órganos dentales	Michoacán	Prehispánica	Gomez- Valdés 2008
El Chanal	5 individuos 3órganos dentales	Colima	Prehispánica	Gomez- Valdés 2008

Tabla 5. Distribución de la muestra

Colección	Maxilar	Mandíbula	Dientes aislados	Total de órganos dentales
San Andrés	44	39		856
Danghu – Hidalgo	32	4	444	715
Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	50	50		1392
TOTAL	2963			

Tabla 6. Distribución total de las muestras principales: total de mandíbulas, maxilares dientes aislados asociados y total general de órganos dentales

## Criterios de selección de la muestra

El estado general de las muestras fue evaluado mediante criterios, que permiten la identificación de muestras con valor para la observación, las cuales deben tener un estado de conservación óptimo, así como mínimas alteraciones y desgaste que no interfieran en el análisis. Para este proceso señalaron los siguientes puntos para obtener el muestreo, que de forma generalizada excluye los órganos dentales con alteraciones físicas de naturaleza exógena en su morfología.

1. Los dientes utilizados corresponden a dentición permanente.
2. La delimitación de la muestra se restringe a la población del centro del país.
3. La temporalidad donde se sitúa la muestra corresponde a una temporalidad contemporánea para los análisis principales y prehispánica para los análisis complementarios.
4. Determinación del estado de conservación dental:
  - a) **Desgaste dental:** No utilizar órganos dentales con desgaste que involucra gran cantidad de esmalte dental de la cara oclusal (más de un tercio de la corona).
  - b) **Caries:** Las muestras pueden presentar hasta grado 3 de caries, si este mantiene la estructura del esmalte.
  - c) **Tratamientos dentales:** Las muestras seleccionadas no deben presentar restauraciones o intervenciones odontológicas que comprometan la integridad

de la morfología dental, como, por ejemplo; resinas, amalgamas, incrustaciones, coronas.

Debido a que los caracteres dentales no han mostrado un dimorfismo sexual significativo para el estudio de una población, el sexo no determina un criterio de exclusión (Garn, 1966; Scott, 1977; Smith y Shegev, 1988; Turner, 1991; Hanihara, 1993; Townsend y Martin, 1992; Moskona, 1996; Scott y Turner, 1997; Irish y Guatelli-Steinberg, 2003). Aunado a esto la cantidad de individuos utilizados en cada etapa del proceso de análisis varía para cumplir los objetivos establecidos. Las frecuencias relativas y absolutas se realizaron con todas las colecciones y los dientes aislados.

En el siguiente proceso aplicado a las bases de datos digitalizadas denominadas *dataframe*, se eliminaron algunos individuos, debido a que no presentan datos necesarios para que el análisis sea objetivo; basados en este principio en la aplicación de estadística multivariada, solo fue posible analizar 44 individuos de las tres colecciones, con las 94 variables, siendo estos pertenecientes a la Colección Odontológica Nacional de interés Forense, así como 19 poblaciones reportadas, donde se incluyen los caracteres más discriminativos en dientes focales, conformadas por las tres colecciones principales de este estudio y 16 pertenecientes a los estudios de Gómez Valdés, 2008 y Turner C., 1981. Para el análisis con rASUDAS se analizaron los 50 individuos de la Colección Odontológica Nacional de interés Forense, como se mencionó antes esto fue posible, debido a que el software puede trabajar con variables incompletas.

## Registro y documentación de la muestra

Para mantener un registro claro de las muestras se realizó la asignación de un folio de identificación y se mantuvo un registro fotográfico de las muestras con un protocolo básico que permita tener un respaldo básico (Fig.9).

Las muestras de las tres colecciones, ya cuenta con un número de identificación de la colección a la que pertenecen por lo que, el folio asignado para este estudio tiene el objetivo de homogeneizar nuestras muestras y se conserva en el registro interno los individuos. Los modelos dentales pertenecientes a la Colección Odontológica Nacional de interés forense cuentan con su respectiva fotografía la cual está capturada bajo un estricto protocolo de aplicación.

Las fotografías son tomadas con una cámara de formato completo (*full frame*, sensor FX) Nikon D4, con una resolución de 16.1mp, con un lente fijo de 50 mm (filtro UV de 52 mm) el cual presenta menos deformación de borde. El modelo dental se coloca en un fondo negro, y sobre el modelo la cámara a una altura de 50 cm y configurada con los parámetros de ISO -100, apertura f/5.6 y tiempo de exposición promedio de 1/4 de

segundo. El modelo es colocado con su número de identificación dos referencias métricas, una sobre el modelo y una más lateral al modelo sobre el fondo.

Las fotografías tomadas a las muestras óseas fueron de vista oclusal y laterales externas e internas, obteniendo aproximadamente siete fotografías por individuo y fueron capturadas con una cámara EOS Rebel T5 lente 50mm (filtro UV de 49mm), colocadas en una dona para su estabilidad, donde la muestra fue interceptada por una luz rasante, para la mejor apreciación de los caracteres.

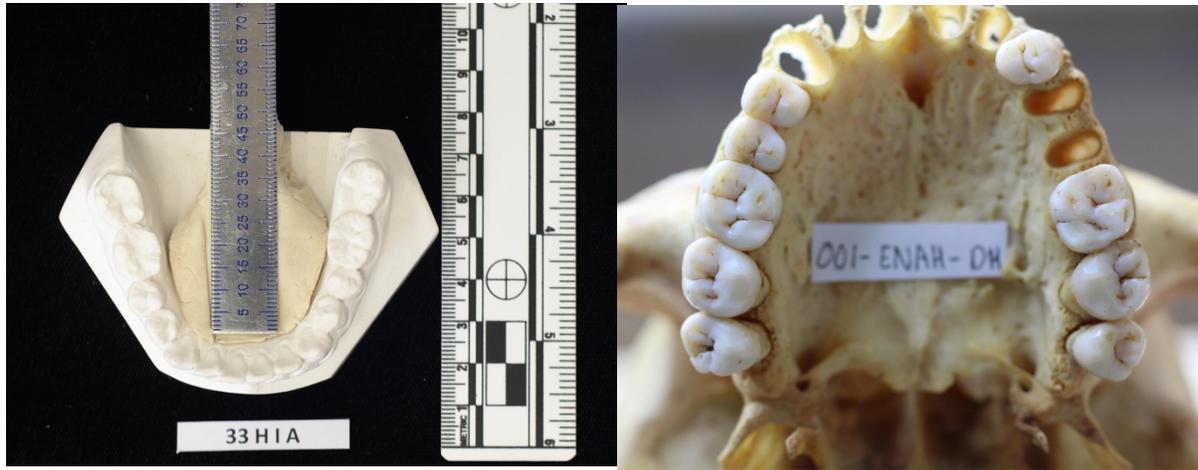


Fig. 9. A) Modelo dental de la Colección odontológica Nacional de interés Forense B) Maxilar de un individuo perteneciente a la muestra ósea de Danghu-Hidalgo. Fuente directa.

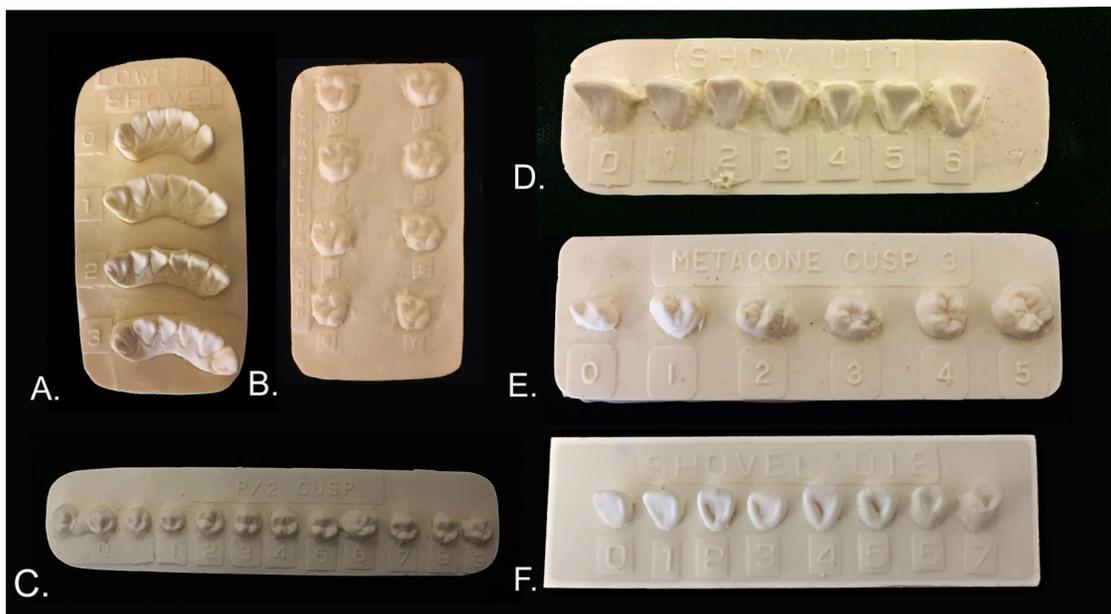


Fig. 10. Ejemplo de placas del sistema ASUDAS; A) Pala inferior, B) Tubérculo de Carabelli, C) Variación de cúspide lingual del segundo premolar inferior, D) Pala incisivo central, E) Metacono o Cúspide 3 Molares superiores, F) Pala incisivo lateral. Fuente directa.

## Observación de caracteres

El estudio de la variación morfológica y el uso de los caracteres dentales para el análisis de esos cambios, han sido analizados desde Osborn. Por lo que como se mencionó anteriormente se han descrito metodologías que puedan adaptarse y contribuir a la estandarización, para obtener valores estables de esa variabilidad estudiada. Siguiendo la metodología propuesta por Turner y colaboradores, la más utilizada hasta el momento, tanto para investigaciones prehispanicas, que ayudan a comprender dinámicas poblacionales y ancestría (Cucina, 2009; Gómez V., 2008; Irish, 1997; Dahlberg, 1963) , como contemporáneas de interés forense (George R.,2015), etc. Este sistema de análisis y registro de caracteres dentales, es denominado *ASUDAS* (por sus siglas en inglés) "Antropología Dental de la Universidad Estatal de Arizona" y lugar de elaboración, mediante este sistema es posible observar y asignar un grado de expresión al diente observado, fue desarrollado por Christy G. Turner y colaboradores en 1991 en la Universidad Estatal de Arizona, donde se llevó a cabo una investigación, en la cual registraron un amplio número de poblaciones de Asia y Americana y posteriormente, Christy Turner, Richard Scott y Christian R. Nichol colaboran en el artículo "*Scoring Procedures for Key Morphological Traits of the Permanent Dentition: The Arizona State University System*" (Turner *et al.*, 1991). En donde basados en el trabajo de Dahlberg; proponen la estandarización de la observación de 47 caracteres y condiciones dentales y una serie de 27 placas (Fig.10), mismos que se analizaran en este estudio, una placa por cada rasgo que sea apto para esa representación, estas placas o tablillas contienen las variantes morfoscópicas a las cuales se les ha asignado un grado de expresión, dependiendo del nivel de desarrollo de la variable. Por otro lado, para guiar y sustentar la elección del grado de expresión de la variable analizada, en el artículo se describe la característica particular para cada grado de expresión (Anexo A), lo que aumenta el asertividad del grado asignado. Dentro del mismo artículo proponen una cédula para el registro de los datos obtenidos, que contiene las variables morfológicas de los caracteres dentales no-métricos, variaciones biológicas o patológicas y de tratamientos culturales la cual fue modificada para este estudio (Anexo B).

Cabe mencionar que, al analizar todos los órganos dentales, se está contribuyendo a la caracterización de alguna población; sin embargo, por sus características, se han descrito un grupo de órganos dentales donde la variabilidad tiene un mayor poder de diferenciación, estos han sido denominados dientes focales (Tabla 7).

A)

Rasgo dientes superiores	OD examinados (FDI)	Diente Focal	Rango	Presencia
Rotación incisivos	11, 21	11, 21	0-4	1
Convexidad labial	11, 21	11, 21	0-4	1-4
Pala	11, 21, 12, 22	11, 21	0-7	2-7
Doble pala	11, 21, 12, 22	11, 21	0-6	2-6
Surco de interrupción	11, 21, 12, 22	12, 22	0-1	1
Tubérculo dental	11, 21, 12, 22	12, 22	0-6	1-6
Cresta mesial del canino	13, 23	13, 23	0-3	1-3
Cresta distal accesoria del canino	13, 23	13, 23	0-5	2-5
Cúspides accesoria mesial y distal	14, 24, 15, 25	14, 24, 15, 25		
Cresta disto-sagital	14, 24	14, 24	0-1	1
Metacono	Molares	18,28	0-6	5-6
Hipocono	Molares	17, 27	0-6	5-6
Cúspide 5	Molares	16, 26	0-5	1-5
Tubérculo de Carabelli	Molares	16, 26	0-7	2-7
Paristilo	Molares	18, 28	0-5	1-5
Molar en forma de clavija	18, 28	18, 28	0-1	2-3
Odontoma	14, 24, 15, 25	14, 24	0-1	1

B)

Rasgos dientes inferiores	OD examinados (FDI)	Diente focal	Rango	Presencia
Pala	31,41,32,42	*		
Cresta distal accesoria del canino	33,43	*		
Fóvea anterior	36,46	36,46	0-4	1-4
Variaciones de la cúspide lingual	34,44,35,45	35,45	0-4	3-4
patrón de surcos	36,46,37,47	37,47	Y/+ /XY	Y
Número de cúspides	36,46,37,47	37,47,38,48	0-6	5
Pliegue acodado	36,46,37,47	36,46	0-3	3
Protostílido	36,46,37,47	36,46	0-7	2-7
Cúspide 5	36,46,37,47	37,47	0-5	1-5
Cúspide 6	36,46,37,47	36,46	0-5	1-5
Cúspide 7	36,46,37,47	36,46	0-4	1-4

Tabla 7. Especificación de dientes examinados, diente focal, rangos presentes en la variable y grado a partir del cual se considera presente el rasgo A) Dientes Maxilares B) Dientes mandibulares.

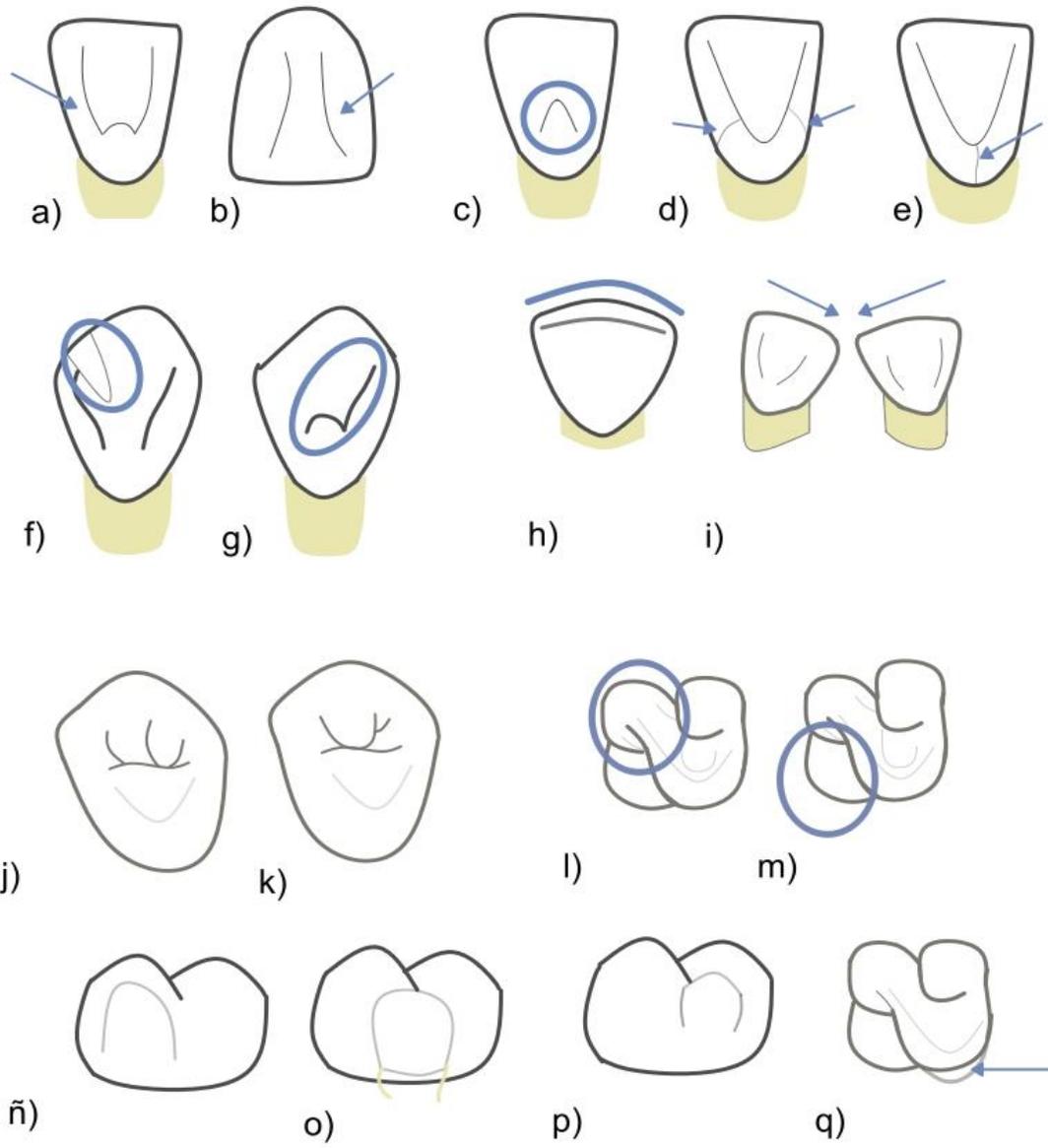


Fig. 11. Ejemplo de caracteres dentales a) Diente en Pala b) Doble Pala c) Tubérculo dental) d) Surco bilateral e) Surco medio f) Cresta mesial g) Cresta distal h) Curvatura labial i) Rotación dental j) MxPAR 3 k) MxPAR ( T) l) Metacono m) Hipocono ñ) Paristilo o) Paristilo grado 3 p) Tubérculo de Carabelli vista palatina q) Tubérculo de Carabelli vista oclusal.

## Protocolo de observación

Para la observación se utilizaron los caracteres y gradación del método ASUDAS mencionado anteriormente. Del cual se incluyeron 31 caracteres, aplicados tanto a maxilar como mandíbula, de acuerdo con sus respectivos rasgos para cada grupo dental, obteniendo un total de 94 variables.

Las muestras óseas fueron sometidas a las mismas condiciones y área de trabajo

1. Realizar las observaciones de cada individuo en el mismo lugar: Los Modelos dentales en el Laboratorio de Antropología y Odontología Forense de la Licenciatura de Ciencia Forense UNAM y las muestras óseas en el Laboratorio de Osteología de la Escuela Nacional de Antropología e Historia.
2. La hora del día que se realiza la observación debe aproximarse todos los días de la observación, para evitar variación de la luz natural.
3. Utilizar la misma fuente de iluminación. En la cual se utilizó una lámpara con iluminación de 56 Leds ultra-brillantes.
4. Todas las muestras deben ser observadas con un aumento, donde se implementó una Lupa estereotípica con cinco dioptrías.

## Proceso de observación

1. Elegir el individuo a analizar.
5. Colocar la muestra en un fondo contrastante para todas las muestras.
6. Comenzar a observar los dientes anteriores maxilares, desde su vista oclusal, continuar con la cara vestibular y por último la cara palatina; se continúa con premolares y molares, siguiendo la misma ruta se analizan todas las superficies de la corona dental.
7. Para la identificación y gradación de cada rasgo se utiliza como apoyo la tablilla dental y las especificaciones escritas de cada grado de expresión.

Posteriormente para el registro de cada carácter es un proceso que se realiza en paralelo a la observación, se utilizó una cédula de registro (Anexo B), la cual fue tomada y modificada del método ASUDAS, para optimizar nuestro trabajo. En esta cédula se coloca el grado de expresión observado en el órgano dental analizado. Esta cédula también contiene una ficha de identificación donde se coloca, el número de identificación,

colección a la que pertenece la muestras, temporalidad, procedencia de muestra (región geográfica donde proviene), edad y sexo si se tienen los datos.

El proceso de observación y registro se realiza de forma manual sin el apoyo de herramientas digitales, por toque resulta necesario para el resguardo y análisis posterior la elaboración de una base de datos digital. La cual se realizó trasladando la información de las cédulas de registro tanto a un archivo Excel como en *csv*. Para cada colección se realizaron dos bases de datos. En la primera se transcribieron exactamente los grados obtenidos y en la segunda, cada grado obtenido fue sometido a una dicotomización, bajo los conceptos de presente, ausente y valores perdidos (*Missing Values* (NA) reconocidos por el *software* R, que se utilizará posteriormente).

Cabe mencionar que existen una serie de factores no controlables o de ruido que pueden influir en la observación de la muestra, como, por ejemplo, la intensidad de la luz natural, las condiciones climatológicas, el estado de concentración y descanso del observador, así como su entrenamiento en el método, motivo por el que se realiza una prueba de validación.

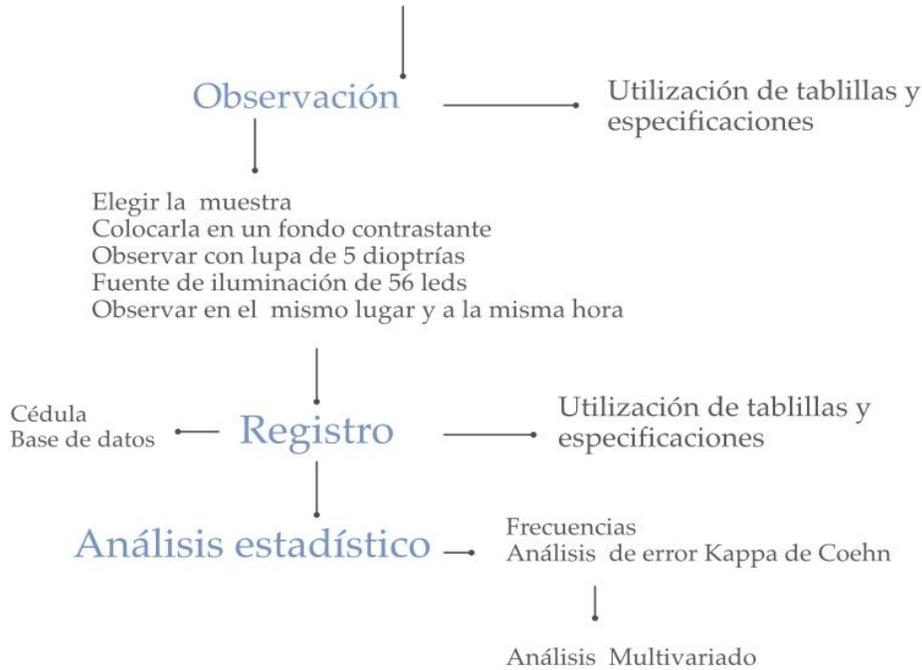
Este proceso fue realizado en todas las muestras utilizadas, así como repetido tres veces en cada muestra, con el propósito de obtener tres bases de datos por grado de expresión para cada población.

## Diseño experimental

Para el cumplimiento de los objetivos, la comprobación de las hipótesis y basados en el fundamento teórico de la naturaleza de los caracteres dentales, esta investigación es estructurada y definida como un estudio prospectivo, transversal, comparativo (de causa a efecto) y observacional de acuerdo al periodo en que se obtuvo la información en el estudio la evaluación del fenómeno estudiado, la comparación de las poblaciones y la interferencia del investigador en el fenómeno que se analiza (Fig. 12).

Fase 1

## Selección de muestras



Fase 2

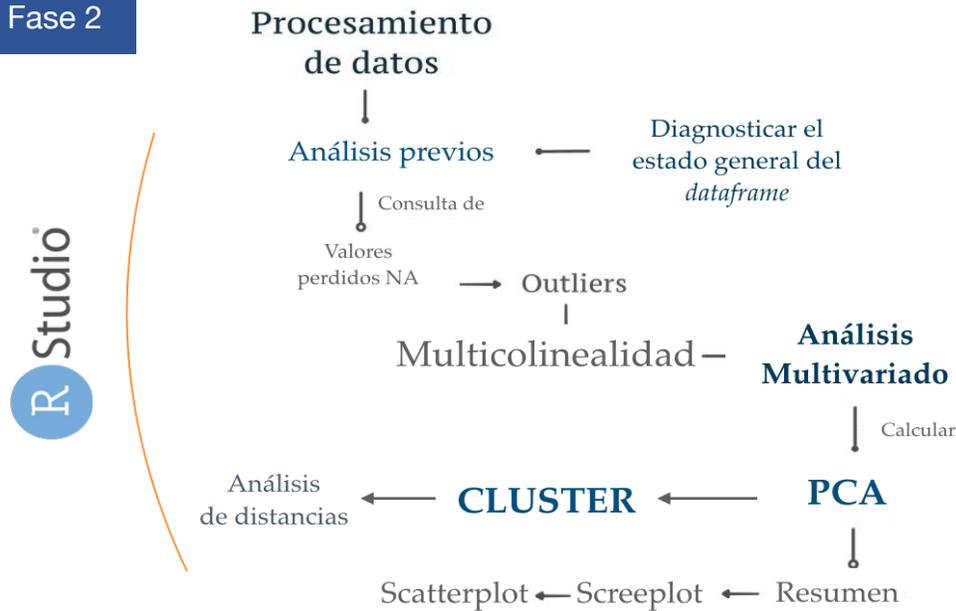


Fig. 12. Diagrama de flujo diseño experimental. Fase 1. Selección, observación y registro de muestras. Fase 2. Procesamiento de datos, análisis estadístico.

## Error intra-observador

En el estudio de la morfología, tanto cualitativa como cuantitativa, cuando se realiza la medición de las variables elegidas, se considera que se han realizado con exactitud, sin embargo, la probabilidad de la presencia de un error es inminente, tomando en cuenta el tipo de muestra, las variables a analizar, la metodología empleada, así como la experiencia del investigador.

Por lo que conocer cuál es el error de medidas que se comente y por ende lo reproducible y certeros que son nuestros resultados es de suma importancia, así como, para evaluar el método aplicado y garantizar que si cualquier otro investigador realiza las mismas mediciones obtenga los mismos resultados, por otro lado, si se quiere analizar diferencias entre poblaciones con una misma variable, el error de medición debe ser mínimo (Senar, 1999).

Por lo anterior se han implementado modelos estadísticos que resuelven las interrogantes referentes al error de observaciones. Un ejemplo de ellos y que será utilizado para este estudio es la evaluación de concordancia, específicamente en el tiempo, utilizando el coeficiente Kappa de Cohen. El cual tiene como objetivo analizar las coincidencias de medición, en una serie de observaciones (Cerdeña, 2008).

El primer estudio que considero el error intraobservador y el uso de kappa de Cohen para análisis de caracteres dentales no métricos fue el realizado por la Dra. Edgar Healthier, en 2011, posteriormente en años más recientes en 2015 dentro de su tesis de Doctorado la Dra. Rebecca George, también tomó en cuenta este paramento.

## Kappa de Cohen

En una investigación la validez y el impacto de los resultados depende de qué tan fiables puedan ser. Existe una variable normal cuando se llevan a cabo mediciones, por lo que existe la posibilidad que las mediciones de uno o varios observadores, presenten diferencias, esto se debe a las condiciones en que se realizó, horario, cantidad de luz, elementos de medición, así como la capacitación del observador. Estas variables pueden ser evaluadas por estudios de concordancia, los cuales tienen como objetivo estimar las coincidencias de las mediciones, intra e inter observadores.

Las medidas de asociación utilizan frecuencias bidimensionales para medir el grado de asociación o concordancia. Las medidas apropiadas para utilizar en cada caso dependen, fundamentalmente, del tipo de variables que estemos considerando (Miras, 2018). En este trabajo, los datos obtenidos son de tipo categórico o variables ordinales (también conocidas como cualitativas o cuasi continuas) lo que sustenta el uso de en índice de Kappa de Cohen, cuyo coeficiente da como resultado la estimación del grado de acuerdo entre observaciones. El coeficiente Kappa de Cohen dicho de otra forma es

una estadística no paramétrica que estima la concordancia del observador para datos categóricos (Landis y Koch, 1977).

El coeficiente de Kappa puede tener como resultado valores de -1 a +1(Tabla 8); que, bajo interpretación, cuando este se encuentre más cerca de +1, mayor grado de concordancia, por lo contrario, si muestra afinidad a -1 el grado de discordancia es mayor (Cerdeira 2008).

La kappa de Cohen se define como 
$$k = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$$

Donde  $p_o =$  y  $p_e =$

Se verifica que  $-1 \leq k \leq 1$  . Si  $k = 1$  la concordancia es máxima; si  $k = 0$  no hay acuerdo; y si  $k = -1$  habría máxima discordancia.

### Valoración del Índice Kappa

<i>Valor de k</i>	<i>Fuerza de la concordancia</i>
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Tabla 8. Valores y ponderación de los resultados del Índice Kappa de Cohen.

## Procedimiento experimental de la prueba de error

Con el objetivo de sustentar los resultados obtenidos se aplicó la medida de Kappa de Cohen se realizaron dos experimentos.

**Prueba de error 1:** se eligieron al azar cinco muestras de modelos dentales, estas muestras están conformadas por maxilar y mandíbula. A los cuales se les aplicó la misma metodología y parámetros de observación, en cinco repeticiones y 90 variables para cada muestra. Entre cada observación se procuró dejar pasar de uno a dos días de diferencia, esto con la finalidad de no memorizar los grados de expresión de los caracteres expresados en cada individuo. Posteriormente, se realizaron cinco bases de datos, una para cada observación y se analizaron los datos utilizando el principio de concordancia en el tiempo para cada par de observaciones.

1. El análisis se realiza en cada base de datos por separado.
2. Se analizó la concordancia en el tiempo entre las cinco observaciones de cada muestra, contrastando las filas de las observaciones por rasgo, la observación uno con la dos, la dos con la tres, la tres con la cuatro y la cuatro con la cinco, aplicando la fórmula  $=SI(C2=D2,1,0)$ ; posteriormente se realiza una suma de la columna de cada grupo contrastado, suma de los unos obtenidos y se aplica un promedio del resultado de la suma entre el número de variables, para conocer la fuerza de concordancia por observación.
3. Al obtener la concordancia por observaciones contrastadas, se aplicó una operación básica para conocer el promedio, ejemplo  $=(H2+I2+J2+K2)/4$ , con el propósito de obtener una concordancia general por carácter.
4. Con las concordancias obtenidas se integró una base de datos resumen para observar las variantes en cada observación de cada muestra.
5. Se realiza representación gráfica de la tabla resumen
6. Elección de observación a utilizar y descarte de caracteres con fuerza de concordancia pobre.

**Prueba de error 2:** Para este experimento el proceso de obtención de los datos es igual al experimento 1 en la misma muestra de modelos dentales, la diferencia radica en que no solo se seleccionaron 5 individuos sino la muestra completa, con el propósito de comprobación, para la correcta elección de qué observación se utilizara.

## Análisis de frecuencias relativa y absoluta

La frecuencia relativa se puede definir como el número de veces que un elemento se repite en el análisis de un fenómeno; La frecuencia absoluta por otro lado es el porcentaje de aparición que representa dicho dato en la muestra. (Salazar, 2018).

Se realizará un análisis de las frecuencias de aparición por cada variable, en las dos categorías de bases de datos que tenemos, por grado de expresión y por dicotomización, en las tres poblaciones que representan la muestra. Posteriormente se tomarán los valores obtenidos en los dientes y caracteres focales para hacer una tabla de resumen.

## Caracterización de la variación dental por estadística multivariada: modelo de biodistancia y de agrupación.

La estadística multivariada ha surgido por la necesidad de analizar relaciones simultáneas entre tres o más variables y es definida como una rama del análisis estadístico que se centra en la investigación simultánea de dos o más características (variables) en un conjunto de individuos u objetos de análisis, donde el elemento central es la relación entre dichas variables, por bloque analizan las correlaciones y las covarianzas que reflejan su relación. Por lo que sus principales objetivos, son simplificación; donde se segregan las variables que tienen mayor representación para el evento analizado y por otro lado la relación de variables o individuos, así como el análisis de dependencia de las variables, estimaciones y comprobación de hipótesis. En la bioestadística multivariada existen diferentes clasificaciones de métodos que se adecuan a cada investigación, esto dependerá de la naturaleza y objetivo de la investigación, por lo que se debe definir si nuestra investigación responde a un problema de dependencia o interdependencia de las variables, si nuestros datos son de naturaleza cuantitativa o cualitativa (métricas o no métricas) (Aldas, 2017).

Así como se han buscado nuevos métodos para la resolución de problemas, se han implementado nuevas herramientas que faciliten y agilicen dichos procedimientos. Ejemplo de ello es el *software* de libre acceso Rproject y Rstudio, R es un conjunto integrado de instalaciones de software para manipulación de datos, cálculo y visualización gráfica, en un lenguaje y un entorno para gráficos y computación estadística que proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas (modelos lineales y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupamiento), técnicas gráficas, y es altamente extensible y que puede producir gráficos con calidad de publicación bien diseñados, incluidos símbolos matemáticos y fórmulas cuando sea necesario. (R Core Team, 2013).

Para utilizar R es necesario traducir los datos a un lenguaje compatible, tanto en formato porque las bases de datos se exportan a una extensión \*.csv, cómo en estructura de los datos, que pueden ser vectores o matrices. El *software* es capaz de recoger tres clases de símbolos, de clase numérica (enteros, reales, complejos), clase caracteres y clase factores.

Por otro lado, para el procesamiento de los datos, se dependerá de librerías, que son paquetes de funciones que permiten realizar un análisis específico, estas librerías o *packages*, pueden estar predeterminadas en el *software* para uso inmediato o contenidas, pero necesitan su activación, así como también pueden ser descargadas de la *web* y agregadas a R, esto dependerá de los análisis a realizar.

Para nuestro análisis emplearemos técnicas de análisis de interdependencias, para determinar la correlación de las variables. Por lo que se aplicará el método de análisis de componentes principales (PCA) como análisis exploratorio; esta técnica estudia las relaciones en un conjunto de datos y que tiene el objetivo de simplificación o reducción esos datos que nos permite visualizar y entender las combinaciones lineales de las variables originales que proporcionen la mayor información, es decir encontrar el eje de mayor covariación de los datos, en donde cada combinación lineal esta inter correlacionada con las anteriores, por lo que cada combinación aporta menos información que una anterior y cada combinación es llamada conjunto de componentes principales (Manzano, 2017).

## Protocolo de análisis multivariado para la caracterización poblacional

### Procesamiento de datos: Análisis previo de los datos

Para aplicar esta técnica es necesario un análisis previo de la base de datos, que brinde confiabilidad del *dataframe*. Por lo que se somete a un análisis de control de calidad de los datos, donde se realiza una validación del estado general, para comprobar la ausencia de errores que pueden estar relacionados con la técnica de la obtención de los datos, existencia de valores perdidos y observaciones anómalas y posteriormente se aplica el análisis multivariado propiamente dicho análisis de componentes principales.

Para realizar los análisis previos y el PCA propiamente dicho será utilizado el *software RStudio*, es de importancia resaltar que los comandos aplicados para cada análisis, así como todos los que contiene R pueden ser obtenidos de la opción de “Ayuda”

“Help” en la consola de trabajo del *software*, al introducir en el buscador el análisis a realizar, se mostrarán las opciones para aplicarlo.

## Valores perdidos

La presencia de valores perdidos es algo inevitable sobre todo al utilizar muestras que están expuestas a condiciones ambientales que pueden deteriorarlas y hacer nula su descripción. Las consecuencias de presentar valores perdidos en nuestro *dataframe*, dependen del patrón de pérdida, la cantidad y el porqué de su ausencia, teniendo mayor peso el patrón de pérdida y su tratamiento dependerá de ello, si la pérdida de datos es aleatoria y poca presencia de pérdida, con base en ese porcentaje y si no excede más del 5% se puede realizar una imputación, por otro lado si la pérdida de datos es constante en una variable o individuo y con alto porcentaje, se tomará la decisión de eliminar la variable o el individuo según fuera el caso (Tabachnick y Fidel, 2001).

Para consultar los datos perdidos en el software, el *dataframe* tiene que estar conformado por un lenguaje que sea compatible como se mencionó antes, aunado a esto tiene que contener caracteres que pueda leer, por ejemplo, las variables pérdidas se codifican como NA (*not available*)

Como primer paso se exporta la base datos, en formato de texto o \*.csv, para crear el *dataframe*, donde se aplicarán todos los análisis.

- a) Se utilizó la librería `library(mice)` que nos permite conocer el patrón de pérdida de los datos, mediante el comando `md.pattern(data)` y que nos genera una representación visual por medio de un gráfico que explica esta matriz de pérdida, así como una matriz binaria, de igual forma se pueden obtener los datos numéricos aplicando el comando `Summary(data)`.
- b) Una segunda opción de gráficos la proporciona la librería `library(VIM)` que repose a los mismos principios de la librería `mice` y en la cual se utilizara el comando  

```
aggr_plot <- aggr(data, col=c('navyblue','red'), numbers=TRUE, sortVars=TRUE,
labels=names(data), cex.axis=.7, gap=3,
ylab=c ("Histogram of missin data", "Pattern"))
```
- c) Al obtener la visualización de los datos perdidos se toma la decisión de eliminar individuos o variables utilizando la librería `library(car)`, creando un nuevo objeto donde se excluyan los datos perdidos.

Ejemplo: `ndata<-na.omit(data)`

## Multicolinealidad

Este fenómeno ocurre cuando las variables independientes de un modelo contienen información redundante, de modo que la información que aporta una variable también la aporta otra, esto se explica porque están relacionadas entre sí (Cabero, 2008).

Para evaluar este fenómeno es necesario tomar en cuenta sobre qué matriz se va a trabajar el PCA matriz de correlación o matriz de covarianza, esto dependerá de la estandarización de las variables que estemos trabajando. Se utilizará la librería `library(car)` y los comandos:

```
scatterplotMatrix(completedData) y Cor.data<-cor(data)
```

Este último para la asignación de matriz de correlación a un objeto. Estos proporcionan una matriz de correlación y una gráfica de densidades y sobre esa matriz de correlaciones se pueden obtener otras representaciones gráficas donde se puede utilizar la librería `library(corrplot)` y los comandos:

```
corrplot(Cor.data)  
corrplot.mixed(Cor.data)
```

## Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA)

Para calcular en PCA se tiene que realizar los siguientes análisis para sustentar la fiabilidad del análisis multivariado. Se realiza un resumen de los datos de los componentes principales obtenidos donde se puede observar la desviación estándar, porcentaje de varianza y el porcentaje de varianza acumulada y las salidas gráficas serán observadas por los *Screepplot*. Para calcular el PCA con *princomp*, se utilizará la librería `library(factoextra)`.

- a. Calculo del PCA: `princomp (x,cor=FALSE o TRUE,scores=TRU`
- b. Si se realizó un análisis de covarianza (FALSE) o de correlación (TRUE)
- c. Se asigna a un objeto el *dataframe* donde se aplicó el PCA:  

```
dataframe.pca <- prcomp(dataframe)
```
- d. Resumen: `Summary(dataframe)`
- e. Generación del *screepplot*

```
fviz_eig(dataframe)
```

### 1. Graficar la topología de los individuos

```
fviz_pca_ind(dataframe.pca, col.ind = "cos2", # Color by the quality of representation  
gradient.cols = c("#E7B800", "#FC4E07"), )
```

### 2. Graficar la topología de las variables

```
fviz_pca_var(how.pca, col.var = "contrib", # Color by contributions to the PC  
gradient.cols = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),repel = TRUE # Avoid text  
overlapping )
```

### 3. Gráfica de la combinación de individuos y variables

```
fviz_pca_biplot(how.pca,  
col.var = "#2E9FDF", # Variables color  
col.ind = "#696969" # Individuals color )
```

Para cumplir con el último objetivo de la investigación es necesario aplicar, un análisis complementario para conocer las distancias entre las poblaciones estudiadas, y las poblaciones externas, por lo que se utilizará un modelo de agrupación.

## Modelo de agrupación: análisis de cluster

El análisis cluster, conocido como análisis de Conglomerados, es una técnica de estadística multivariada, que tiene como objetivo agrupar variables o individuos para obtener la máxima homogeneidad (mínima varianza) dentro de cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos (máxima varianza) (De la fuente, 2011).

## Algoritmo de agrupación UPGMA

Es un método de distancia que utiliza una matriz de distancia y por sus siglas corresponde a *Unweighted Pair-Group Method Arithmetic mean* (Edwards, 2016).

*Unweighted:* Todas las distancias contribuyen de igual manera.

*Pair-Group:* Los grupos son combinados en pares.

*Arithmetic mean:* Las distancias pares o cada grupo (*clade*) son distancias medias a todos los miembros del grupo.

Para este análisis de igual forma que con los análisis anteriores se utilizará R, se realiza una matriz de distancia euclidiana, y será requerida la librería `library("NbClust")` y para la paquetería el comando será:

```
res.nbclust<-NbClust(Pc_how[,1:3], distance = "euclidean",  
                    method = "average", index ="all")
```

Este comando se ejecuta con el objetivo de visualizar qué cantidad de cluster se van a encontrar en los datos.

Se genera una nueva matriz de distancia, se calcula el agrupamiento y se genera una representación gráfica para la visualización de las agrupaciones, se utiliza la siguiente serie de comandos

Matriz:

```
dist_How<-dist(Pc_how[,1:3])
```

Análisis de cluster:

```
clust.res_How<-hclust(dist_How, method="average")
```

Para graficar se aplicará el índice de Hubert y el índice de D-index, para conocer la cantidad óptima de clusters

Gráfica:

```
fviz_dend(clust.res_How, k = 2, # Cut in 2 groups  
          cex = 0.5, # label size  
          k_colors = c("#2E9FDF", "#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"),  
          color_labels_by_k = TRUE, # color labels by groups  
          rect = TRUE, # Add rectangle around groups
```

## Análisis comparativo interpoblacional

### Evaluación interpoblacional de los caracteres dentales: tiempo.

Para la recaudación de información proveniente de otras poblaciones ya reportadas se utilizará como recurso la investigación bibliográfica para seleccionar poblaciones que contengan los mismos parámetros de análisis de los caracteres dentales, así como que se puedan homogeneizar los caracteres dentales utilizados en esta investigación, los caracteres que se utilizaran serán Pala, Doble Pala, Tubérculo dental, Cúspide 5 superior, Hipocono, tubérculo de Carabelli, Patrón del surco, Número de cúspides inferiores, Protostílido y Cúspide 7, utilizando su diente focal como mejor referente.

### rASUDAS

En la actualidad la necesidad de implementación de métodos más prácticos y bien sustentados es fundamental para la resolución de problemáticas de una forma rápida y eficaz. En el estudio de los caracteres dentales, el uso de una herramienta que pueda disminuir el tiempo de análisis resulta indispensable, por lo que basados en el sistema ASUDAS y en su principio de categorización, se desarrolló un *software*, capaz de discernir y agrupar nuestra muestra en una posible población biogeográfica.

Este modelo denominado rASUDAS, para calcular la probabilidad de que un individuo pertenezca a un particular grupo étnico, basado en métodos avanzados de clasificación (análisis de función discriminante). Es posible debido a que las diferencias geográficas en la frecuencia y expresión de los rasgos dentales por lo general presentan brechas grandes de diferencias. (Scott y Turner, 1997). Para su desarrollo se utilizó principalmente el teorema de Bayes que permite calcular la probabilidad de que un individuo que presenta un conjunto de rasgos morfológicos dentales sea asignado a un grupo biogeográfico. El teorema clasificador de Bayes es un modelo probabilístico simple que utiliza la suposición de independencia (Fielding, et al., 2007). Lo que se traduce en que la presencia o ausencia de un rasgo no está relacionada con la presencia o ausencia de ningún otro rasgo, llamado también independencia condicional.

Basados en este principio propuesto por Scott y Turner en 1997 se desarrolló de la versión alfa de rASUDAS por David Navega y João Coelho, de la Universidad de Coimbra en Coimbra, Portugal. Para este modelo se usaron frecuencias para 21 rasgos de corona y raíz en siete grupos biogeográficos (Frecuencias obtenidas de Scott y Turner, 1997) para calcular la probabilidad de que un individuo fuera asignado a uno de esos grupos. Para obtener estos siete grupos, se calcularon los valores de distancia entre 17

grupos (Fig. 13a) utilizando las frecuencias de estos 21 rasgos de corona y raíz. A partir de la matriz de distancia resultante se obtuvo un árbol de agrupamiento jerárquico. Cabe mencionar que los grupos obtenidos son muy similares a los basados en datos genéticos (Cavalli-Sforza et al. 1994).

Se realizó una inspección visual sobre la base del árbol de agrupamiento y se definieron siete grupos de poblaciones (Fig. 13b): América del Ártico y Siberia del Nordeste, América del Norte y del Sur (nativos americanos), Asia Oriental (Japón, China, Mongolia), Sudeste de Asia y Polinesia, Australo-Malanesia y Micronesia, África Subsahariana (África Occidental y Sudáfrica) y Eurasia Occidental (Europa del Norte, Europa Occidental y África del Norte)

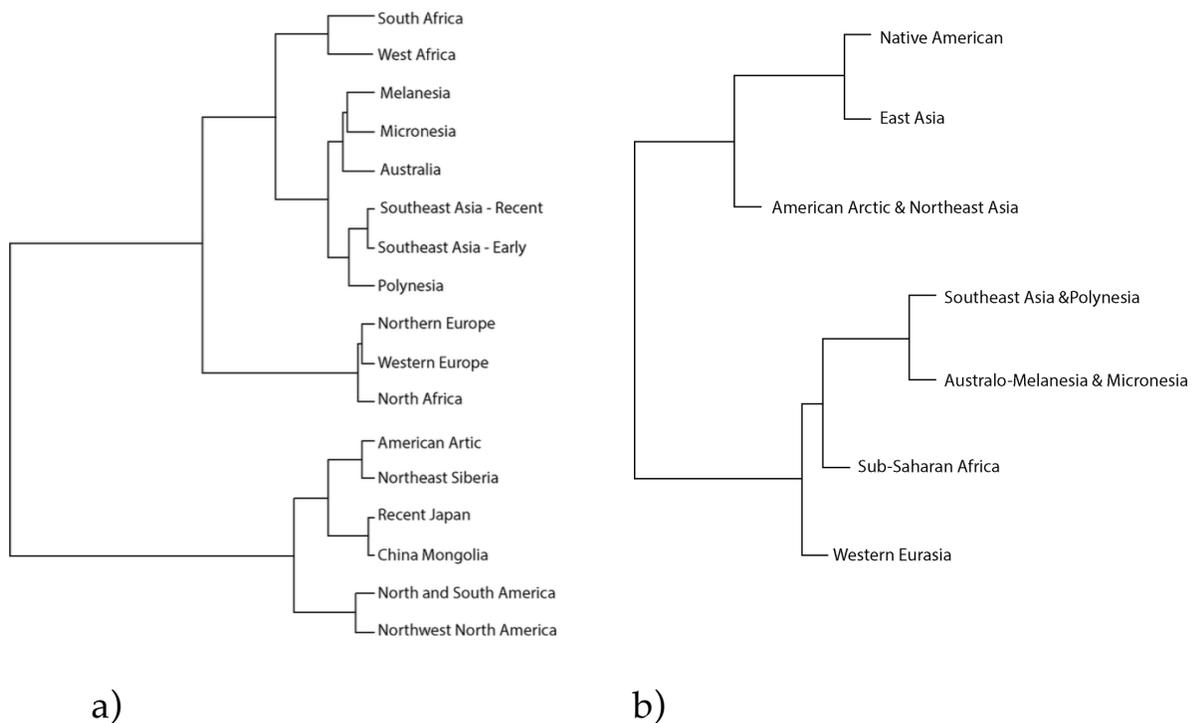


Fig. 13. Árboles de agrupamiento a). Primeros 17 grupos tomados en cuenta para rASUDAS b). Siete grupos finales para análisis de r ASUDAS .

## Aplicación del software rASUDAS

Se realizará el análisis rASUDAS únicamente en la muestra de modelos dentales, sobre los 50 individuos, como método exploratorio para la observación del comportamiento de las muestras de población mexicana en este *software*. El *software* del método se encuentra en una página *web* gratuita y cuenta con un diseño que permite una fácil utilización (Fig. 14).

1. Entrar al enlace [http: // apps.osteomics.com / rASUDAS /](http://apps.osteomics.com/rASUDAS/).
2. Cuando se abre este enlace, se presentan dos opciones: "Morfología dental" y "Análisis"
3. Al seleccionar la opción de "Morfología dental" se presentan 15 rasgos de corona y seis rasgos de raíz. Los rasgos y el sistema de puntuación son tomados de Turner et al. (1991) y Scott e Irish (2017). Al lado de cada rasgo se encuentran las opciones a seleccionar donde se le asigna el grado de expresión en la observación. Cada rasgo presenta la opción de "Perdido/No observable"; es decir, la aplicación se puede usar con dientes y datos faltantes asociados.
4. Una vez que se han asignado valores a todos los rasgos, el siguiente paso es ir a la página "Análisis".
5. Esta opción muestra un listado de "Grupos de ascendencia biogeográfica seleccionados". Donde se pueden seleccionar de dos a siete casillas (cantidad de clusters o conglomerados), dependiendo del objetivo de la investigación.
6. Debajo de los grupos de ascendencia se encuentra la opción de "Proceso". Al seleccionarlo se produce una tabla denominada "Origen biogeográfico esperado", que muestra la probabilidad posterior de pertenencia al grupo del individuo desconocido. Debajo de la primera tabla, se destaca "Importancia del rasgo" para los rasgos utilizados en el análisis.
7. La interpretación de los rasgos depende de los objetivos de la investigación.

<p><b>Winging UI1</b></p> <p><input type="radio"/> Absent</p> <p><input type="radio"/> Present, Breakpoint: Grade 3-6</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Shoveling UI1</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1</p> <p><input type="radio"/> 2 and 3</p> <p><input type="radio"/> 4 to 7</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Interruption grooves UI2</b></p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> Present</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Hypocone</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1</p> <p><input type="radio"/> 2 and 3</p> <p><input type="radio"/> 4+</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Carabelli's trait UM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1</p> <p><input type="radio"/> 2 to 4</p> <p><input type="radio"/> 5+</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p>	<p><b>Cusp 5 UM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> 1 to 5</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Enamel extensions UM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1</p> <p><input type="radio"/> 2 and 3</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Multiple lingual cusps LP2</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1</p> <p><input type="radio"/> 2 and 3</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Groove pattern LM2</b></p> <p><input type="radio"/> X and +</p> <p><input type="radio"/> Y</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>4-cusped LM2</b></p> <p><input type="radio"/> 5</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p>	<p><b>Cusp 6 LM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> 1 to 5</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Cusp 7 LM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0 and 1A</p> <p><input type="radio"/> 1 to 4</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Protostylid LM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0</p> <p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2 to 7</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Deflecting wrinkle LM1</b></p> <p><input type="radio"/> 0 to 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>2-rooted upper premolars</b></p> <p><input type="radio"/> 1 root</p> <p><input type="radio"/> 2 to 3 roots</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p>	<p><b>3-rooted UM2</b></p> <p><input type="radio"/> 1 or 2 roots</p> <p><input type="radio"/> 3 roots</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>2-rooted LC</b></p> <p><input type="radio"/> 1 root</p> <p><input type="radio"/> 2 roots</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Tomes' root</b></p> <p><input type="radio"/> 1 to 3</p> <p><input type="radio"/> 4 to 7</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>3-rooted LM1</b></p> <p><input type="radio"/> 1 and 2 roots</p> <p><input type="radio"/> 3 roots</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>1-rooted LM2</b></p> <p><input type="radio"/> 2 roots</p> <p><input type="radio"/> 1 root</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p> <p><b>Pegged-Reduced-Missing UM3</b></p> <p><input type="radio"/> Absent</p> <p><input type="radio"/> Present</p> <p><input type="radio"/> Missing / Not observable</p>
--	--	---	---

Fig. 14. Formulario rASUDAS dentro de la pagina web Osteomics



# Capítulo III

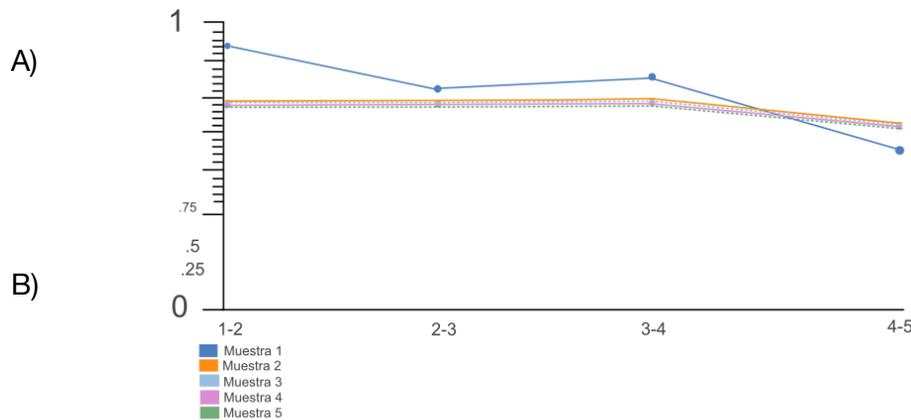
## Resultados

### Error intra-observador

#### Prueba de error 1

Los resultados obtenidos en este experimento mostraron un patrón con un comportamiento poco esperado en el individuo 1, donde el acuerdo entre las observaciones 1y 2 se evaluaron con un índice de Kappa de 0.97 que dentro de la tabla de ponderación del índice es una puntuación casi perfecta; sin embargo los acuerdo 2-3, 3-4 y 4-5 decrecen terminado con un índice de 0.83, que si bien entra en el rango permisible de error, la gráfica no es constante y aunado a esto la muestra presenta una gran discrepancia entre los demás individuos.

Por otro lado, lo valores obtenidos de los individuos 2, 3, 4 y 5 muestran un patrón más esperado, se observa una constante, que, si bien al igual que en individuo uno muestra una variante en el último periodo de acuerdo, los primeros periodos se mantienen constantes en el acuerdo con un índice de 0.88 y en el acuerdo 4-5 baja a un índice de 0.85. (Fig. 15, Tabla 10) (Gráficas completas anexo D y Tabla completa anexo C).



<i>Muestra</i>	<i>Acuerdo 1-2</i>	<i>Acuerdo 2-3</i>	<i>Acuerdo 3-4</i>	<i>Acuerdo 4-5</i>
1	0.97	0.91	0.93	0.83
2	0.88	0.88	0.88	0.85
3	0.88	0.88	0.88	0.85
4	0.88	0.88	0.88	0.85
5	0.88	0.88	0.88	0.85

a) Fig. 15. valores de Kappa 5 individuos 5 observaciones

b) Tabla 10 valores de Kappa 5 individuos 5 observaciones

## Prueba de error 2

Esta prueba se realizó con el objetivo de ratificar la prueba 1. Se realizaron 3 observaciones de 94 variables de los caracteres dentales, en los 50 individuos perteneciente a la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense.

Los resultados que se obtuvieron muestran un patrón similar al experimento 1, en el sentido que las observaciones en el periodo de tiempo intermedio tienen una constante más definida y con poca variación a lo largo de las observaciones, obteniendo en el periodo de acuerdo 1 y 3 de las observaciones 1- 2 y 1-3 respectivamente un índice de Kappa de 0.61 y en el segundo periodo donde se contrastan las observaciones 2-3 el índice de Kappa general de 0.95 (Fig. 16) (Gráficas desglosadas Anexo E).

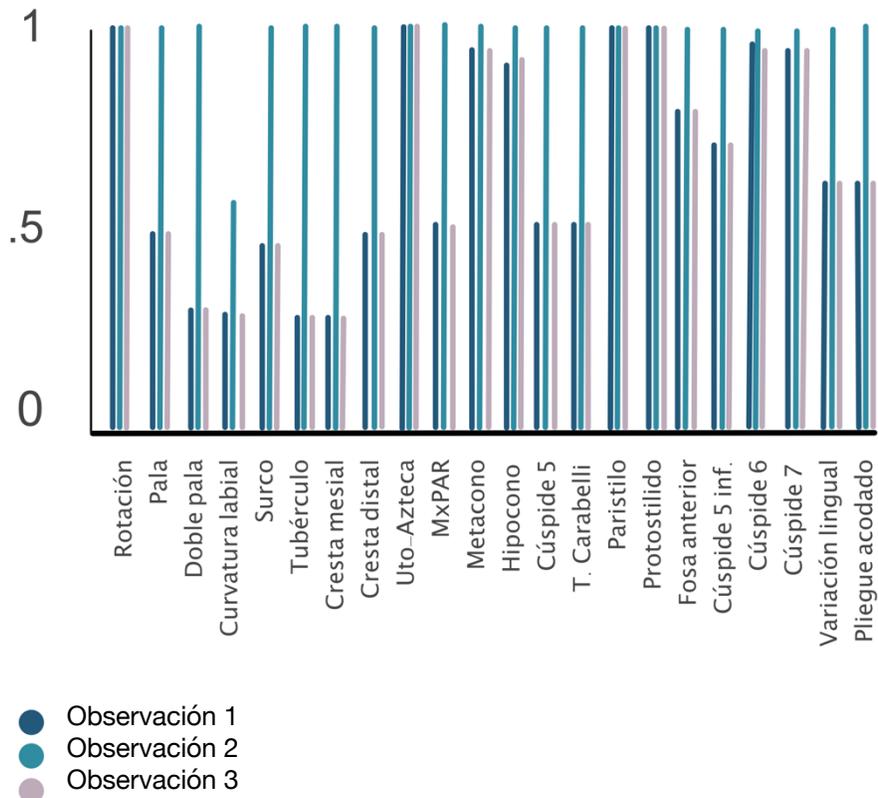


Fig. 16. Representación gráfica de los índices de kappa obtenidos en el análisis de tres observaciones de caracteres en modelos dentales

## Análisis de frecuencias

Se realizaron frecuencias relativas y absolutas, sobre las tres bases de datos, de manera dicotomía y por grados, se encontraron, mayores frecuencias Diente en pala, cresta mesial del canino, cresta distal del canino, metacono, hipocono, fosa anterior, número de cúspides, cúspide 5 lingual, pliegue acodado, con frecuencias superiores al 80%; Doble pala, convexidad labial, surco, tubérculo dental, MxPAR, cúspide 5, tubérculo de Carabelli, Patrón del surco, variación lingual, con frecuencias del 35 al 70 %.

Presentado mayo afinidad al complejo Sino-América propuesto por Scott y Turner. En la tabla (Tabla 11) se muestra el carácter analizado, base de datos a la que pertenece, frecuencia de sus presencias dicotomías y frecuencias por grados (Tabla completa anexo G).

### CONIF, San Andres y Danghu

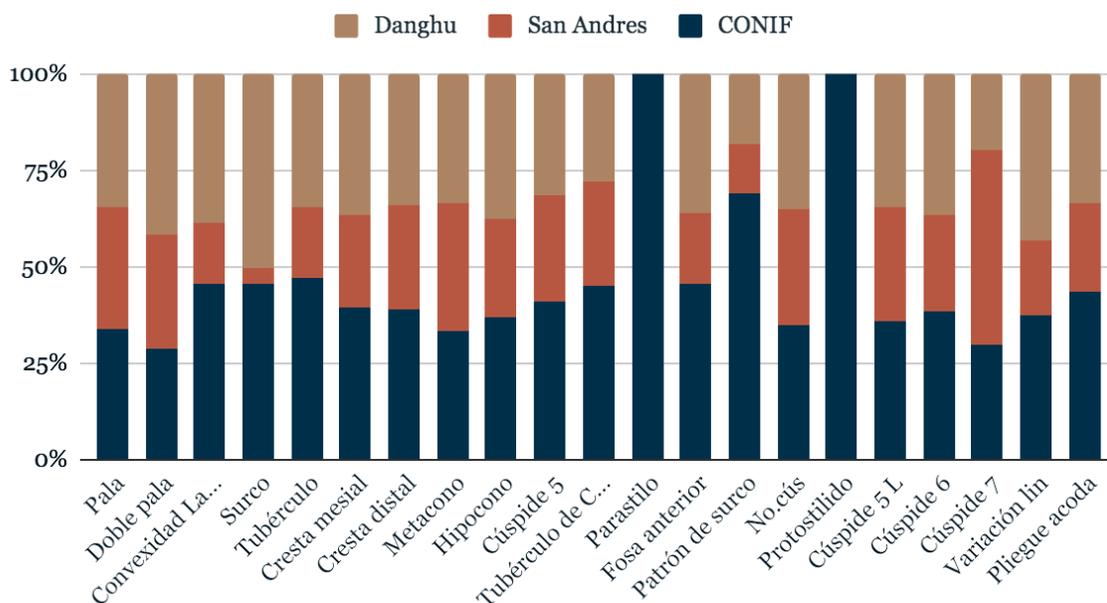


Tabla 11. Frecuencias relativas de datos por grados, en las 3 poblaciones muestra de este estudio

# Caracterización de la variación dental por estadística multivariada: modelo de biodistancia y de agrupación. (PCA)

## Modelos dentales : Análisis previo de los datos Valores perdidos

1. Los valores perdidos: muestra de la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense obtenidos con *mice* tiene una distribución que no presenta un patrón de pérdida significativo (*missing completely at random, MCAR*). De los 50 individuos analizados 44 no presenta ninguna pérdida de las 94 variables analizadas, los seis individuos restantes presentan ausencias de 25 variables en general, donde hay individuos que tienen la pérdida de uno a ocho variables, por lo que se decidió eliminar a los 6 individuos con pérdidas.
2. La gráfica que se obtuvo, basada en una matriz binaria y muestra la cantidad de variables pérdidas por individuo (Fig. 17).

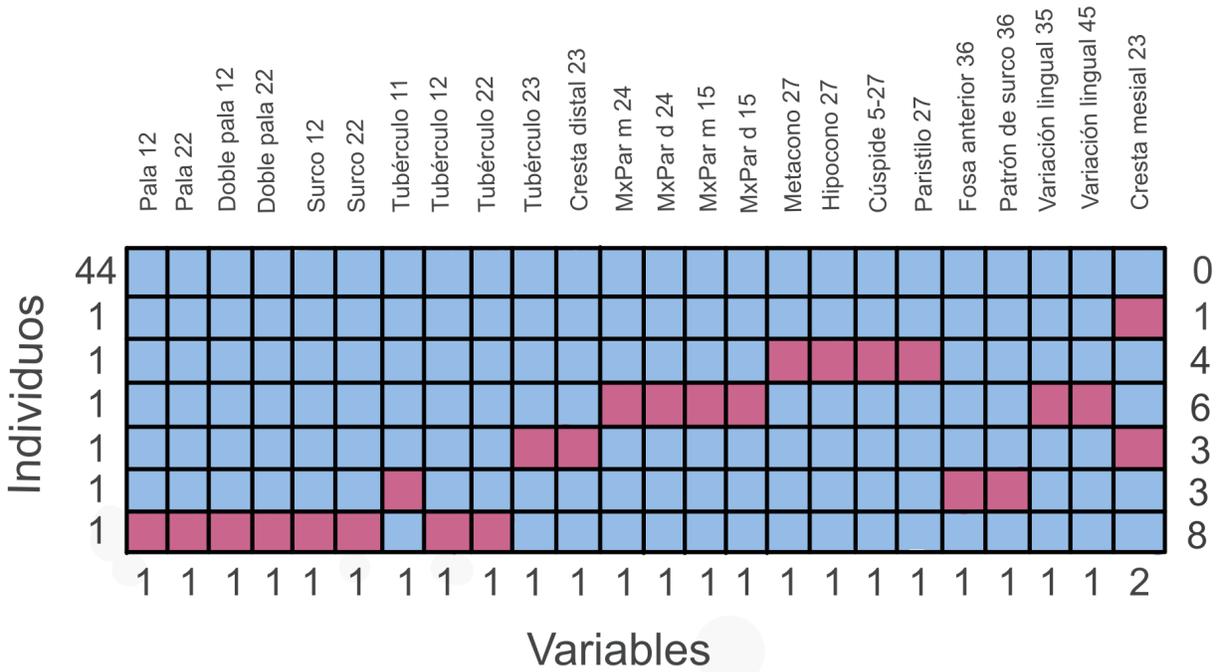


Fig. 17. Análisis *mice* sobre base de datos de grados de expresión en modelos dentales, Los recuadros en color rosa representan las ausencias de variables

# Colecciones osteológicas Danghu y San Andrés: Análisis previo de los datos

## Valores perdidos

Por otro lado en las poblaciones de San Andrés (Fig. 18) y Danghu-Hidalgo (Fig. 19), en las gráficas se puede observar una pérdida de más del 70%, debido a la preservación de los remanentes óseos, no tanto por su resguardo en las series esqueléticas, sino por el tipo de entierro y el tiempo de fallecimiento, así como la pérdida de órganos dentales, por avulsión del alveolo, así también a diferencia de la muestra de modelos dentales, muestra un patrón de pérdida alto (*missing not at random*, MNAR) y constante, con mayor porcentaje perdida en dientes anteriores, que por su anatomía, se desprenden con más facilidad del alveolo.

Observado el patrón y la cantidad de pérdida, supera punto de corte de 20% que permitiría un imputación, y al tratarse de una investigación forense, esto podría dar como resultado resultados no certeros, por lo que se decidió no utilizar las bases de datos completas de estas dos colecciones óseas para la aplicación de estadística multivariada, sin embargo sí permiten su inclusión en el análisis que incluye la integración de poblaciones y el análisis de frecuencias, debido a que los caracteres y dientes utilizados son seleccionados de los focales, y la presencia de antímeros, robustece la muestra.

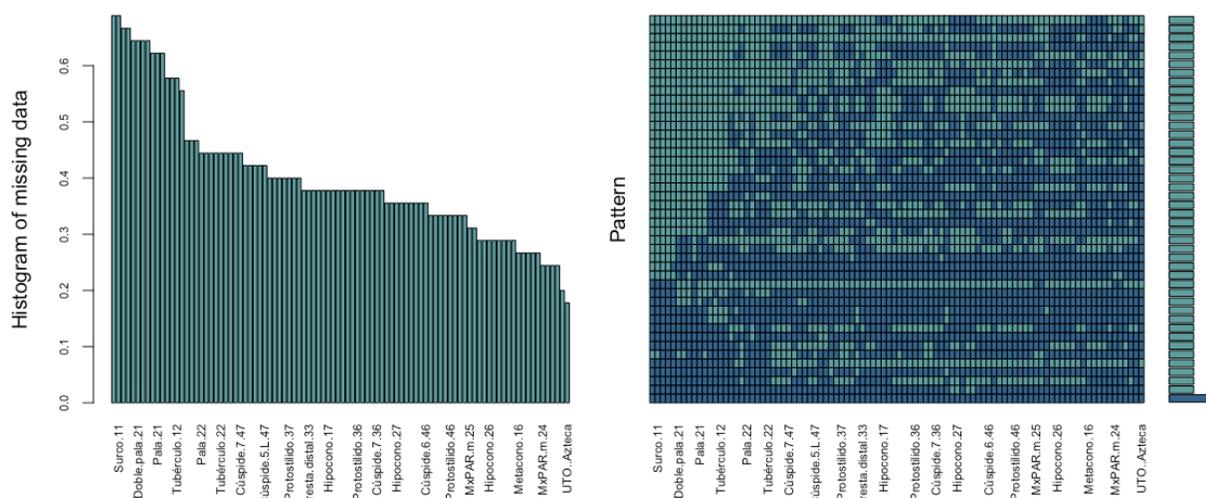


Fig. 18 . Distribución de casos NA en la muestra de San Andrés

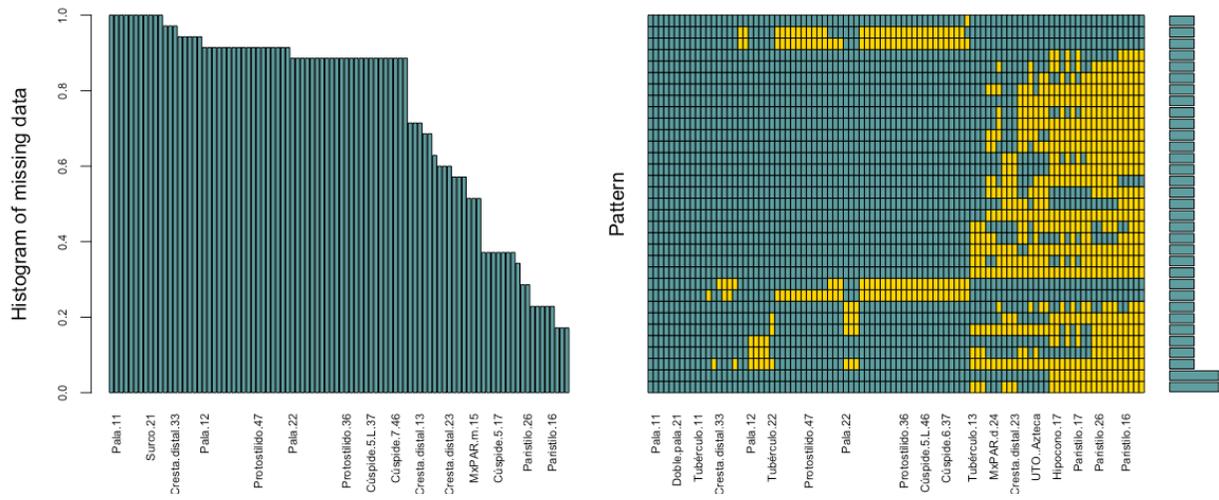


Fig. 19. B) Distribución de los casos NA de la muestra Danghu-Hidalgo

## Multicolinealidad

Los resultados obtenidos son representados en una matriz de correlación (Tabla 12 A) así como en una gráfica, que permite detectar de manera visual las variables mas correlacionadas, donde para ser consideradas correlacionadas tiene que estar dentro de un intervalo de -1 a 1 estableciendo como punto de corte -0.8 a 0.8 para establecer una correlación alta, en la gráfica esta correlación está representada por el color azul marino.

Se realizó este análisis en la base de datos por grados de los modelos dentales, primero se tomó la base completa (44 individuos y 94 variables) (Fig. 20 a), donde se obtuvieron correlaciones de 0.8 y -0.8; visualizadas en las variables, tubérculo dental del 12 y 22, tubérculo del 13 y 23 con cresta mesita del 13, hipocono 16 y 26, 17 y 27, patrón del surco 46, cúspide 5 del 17 y 27, hipocampo 16, 26, 17, 27, número de cúspides 37, 47, cúspide 5 del 37 y 47, donde la mayoría de los casos corresponden a los antímeros (Tabla 12 A).

Posteriormente se realizó la matriz de correlaciones en la base de datos de dientes y caracteres focales (44 individuos, 27 variables) (Fig. 20 b), donde la correlación más alta corresponde a 0.7 cúspides y 0.6 entre cúspide 7 y número de cúspides, lo que las sitúa debajo del punto de corte (Tabla 12 B).

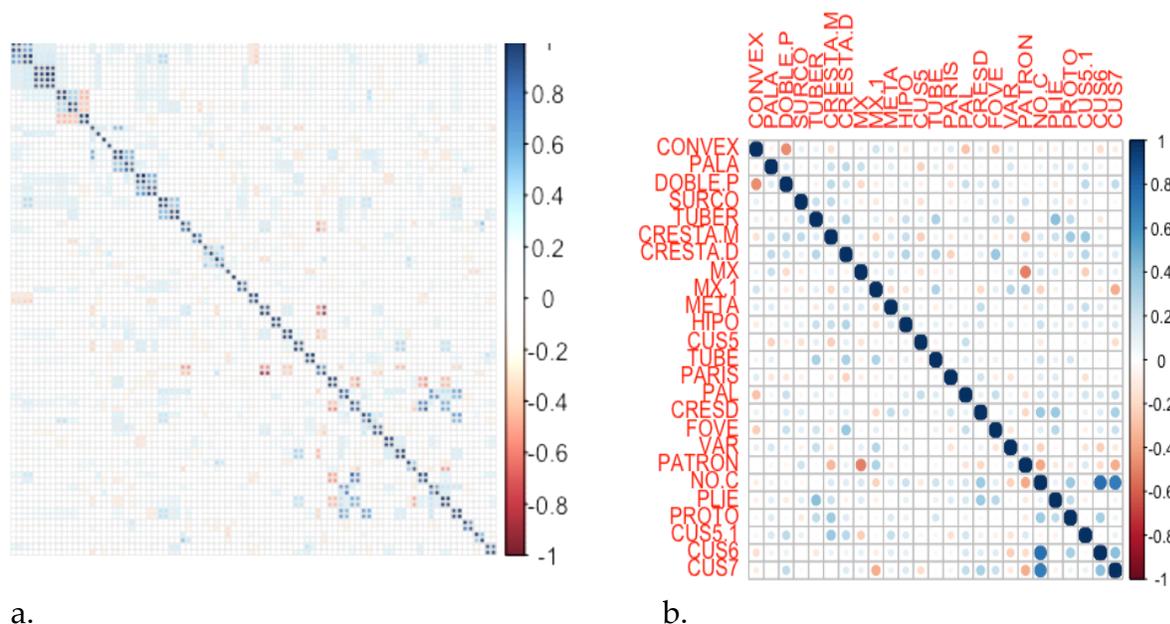


Fig. 20. Representación grafica de matriz de corrección, a) base de datos completas b) rasgos focales

En esta parte del análisis, se tomó la decisión de eliminar algunas las variables, dado que su constante de aparición en 0, lo que denota la poca aportación discriminaste de estos caracteres en la muestra de modelos dentales, las variables eliminadas fueron: rotación dental, cresta UTO-Azteca (OD 14 y 24), cúspide 7 de los molares 47 y 37, debido a, en el caso de el rasgo de rotación, resulta difícil su observación, debido a que los modelos dentales proceden de la unidad de posgrado de ortodoncia de Facultad de odontología, lo que conlleva que presentan maloclusiones y no se pueda aplicar de manera objetiva la observación del carácter.

Resumen Correlaciones iguales o mayores al punto de corte base de datos completa de modelos dentales por grados

	Tubérculo 12	Tubérculo 22	Hipocono.17	Hipocono.27	Cúspide 5 17	Cúspide 5 27	Patrón del surco 46	No Cúspides 37	No Cúspides 47	Cúspide 5 37	Cúspide 5 47
Tubérculo 12	1.000000000	0.853670558	0.293633921	0.197195905	-0.021143805	-0.021143805	-0.034179418	0.061497904	0.014223142	0.188519300	0.07341417
Tubérculo 22	0.853670558	1.000000000	0.150237682	0.059525936	-0.028371605	-0.028371605	-0.026795222	-0.089593526	-0.144615694	0.032730502	-0.06366297
Hipocono.17	0.293633921	0.150237682	1.000000000	0.833679863	0.113264299	0.113264299	-0.085640561	0.127740243	0.103402493	0.065540286	0.02861896
Hipocono.27	0.197195905	0.059525936	0.833679863	1.000000000	0.091284716	0.091284716	-0.054062582	0.151338734	0.121532613	0.067163947	0.04048475
Patrón del surco 46	-0.002285136	0.049936683	-0.085640561	-0.054062582	-0.870117600	-0.870117600	1.000000000	0.108218082	0.132094933	0.104956683	0.13449459
Cúspide 5 17	-0.021143805	-0.028371605	0.113264299	0.091284716	1.000000000	-0.076586653	-0.870117600	-0.052381546	-0.070669226	-0.013607922	-0.03240421
Cúspide 5 27	-0.021143805	-0.028371605	0.113264299	0.091284716	-0.076586653	1.000000000	-0.870117600	-0.052381546	-0.070669226	-0.013607922	-0.03240421
No Cúspides 37	0.061497904	-0.089593526	0.127740243	0.151338734	-0.052381546	-0.052381546	0.108218082	1.000000000	0.836862927	0.846009242	0.76469374
No Cúspides 47	0.014223142	-0.144615694	0.103402493	0.121532613	-0.070669226	-0.070669226	0.132094933	0.836862927	1.000000000	0.739174102	0.88801720
Cúspide 5 37	0.188519300	0.032730502	0.065540286	0.067163947	-0.013607922	-0.013607922	0.104956683	0.846009242	0.739174102	0.846009242	0.739174102
Cúspide 5 47	0.073414169	-0.063662974	0.028618963	0.040484748	-0.032404207	-0.032404207	0.134494586	0.764693741	0.888017202	0.764693741	0.888017202

A)

Resumen Matriz de Correlaciones de rasgos focales

	NO.C	PLIE	PROTO	CUS5.1	CUS6	CUS7
PAL	0.18494656	0.17317814	0.078565402	0.18978903	0.166366145	0.242511860
CRESD	0.36231772	0.36188044	0.042458694	0.08498384	0.137888358	0.329654593
FOVE	0.12781289	0.27629820	-0.017682275	-0.07786290	0.133643051	0.226120399
VAR	-0.22506285	-0.03470335	-0.007185305	-0.14669493	-0.244380170	-0.118138453
PATRON	-0.38112795	-0.11146528	-0.102979858	0.15825538	-0.180742920	-0.367247559
NO.C	1.000000000	0.09809575	0.362022143	-0.05445053	0.751261073	0.691944357
PLIE	0.09809575	1.000000000	0.250941190	-0.07556352	0.000000000	-0.060853888
PROTO	0.36202214	0.25094119	1.000000000	0.017731427	0.334774365	0.075206553
CUS5.1	-0.05445053	-0.07556352	0.017731427	1.000000000	-0.039416041	0.093367214
CUS6	0.75126107	0.00000000	0.334774365	-0.03941604	1.000000000	0.413718250
CUS7	0.69194436	-0.06085389	0.075206553	0.09336721	0.413718250	1.000000000

B)

Tabla 12. Matriz de corrección, A) base de datos completas B) rasgos focales

# Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA)

## Morfoespacio de datos por grados de expresión

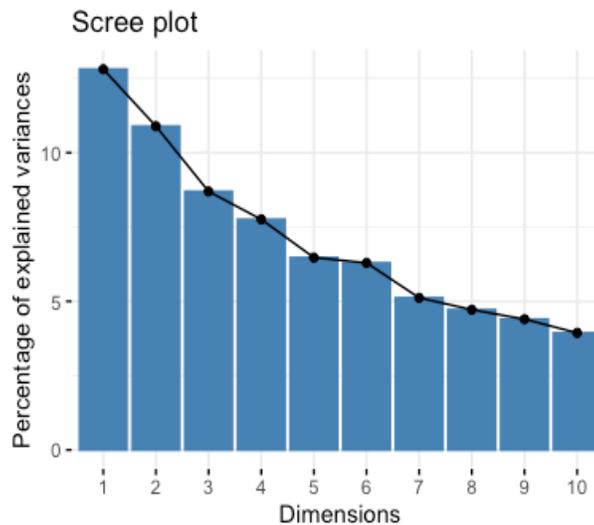
El PCA como se menciona en el análisis de valores perdidos, solo existe la posibilidad de aplicarlo en modelos dentales, por lo que se realizó sobre las bases de datos por grados y dicotomizados, así como en los rasgos dentales focales.

En el primer *dataframe* de datos por grados se obtuvieron un total de 43 componentes principales para explicar el 100% de la varianza en la muestra. Los tres primeros componentes explican un 32.2% y se alcanza el 95% en el componente. Debido a la gran cantidad de variables utilizadas, se incrementa el número de PCA obtenidos. Podemos observar en la tabla, el resumen de las desviaciones estándar, proporción de varianza y la varianza acumulada de los 43 PCA (Tabla 13) (Tabla completa anexo H). En el *Screplot* podemos observar como los ejes de varianza van disminuyendo a través del tiempo. Confirmando que la mayor varianza es explicada por los primeros componentes principales (Fig. 21)

PCA	Standard deviation	Proportion of Variance	Cumulative Proportion
1	3.6727	0.1288	0.1288
2	3.5393	0.1196	0.2484
3	3.1424	0.09427	0.34263
4	2.7027	0.06974	0.41237
5	2.6255	0.06581	0.47818
6	2.5959	0.06433	0.54251
7	2.2703	0.04921	0.59172
8	2.2326	0.04759	0.63930
...			
42	0.1387	0.00018	0.99985
43	0.1263	0.00015	1.00

a.

Tabla 12 Resumen PCA



b.

b) Fig. 21. *Screplot* de modelos dentales por grados de expresión

Los individuos que se encuentran más alejados del centro son los que presentan más variabilidad (Fig. 22), en este caso de caracteres por grados de expresión se observa mayor discriminación en orden decreciente, el tubérculo de Carabelli, el diente en pala en los incisivos laterales, cúspide 5 del segundo molar inferior (37 y 47), tubérculo dental en los órganos dentales superiores (13, 23, 12,22,21,11), Pala en el 11 y 21 (Fig. 23).

Se puede observar la tendencia de la migración de los datos con mayor discriminación hacia la izquierda del plano; donde observamos que la variable con mayor contribución a la caracterización es el tubérculo de Carabelli y en orden decreciente, cúspide 5 lingual, cresta distal, tubérculo dental, hipocono y patrón del surco. La tipología de los individuos y las variables pueden observarse en conjunto en el biplot representado en la figura 24.

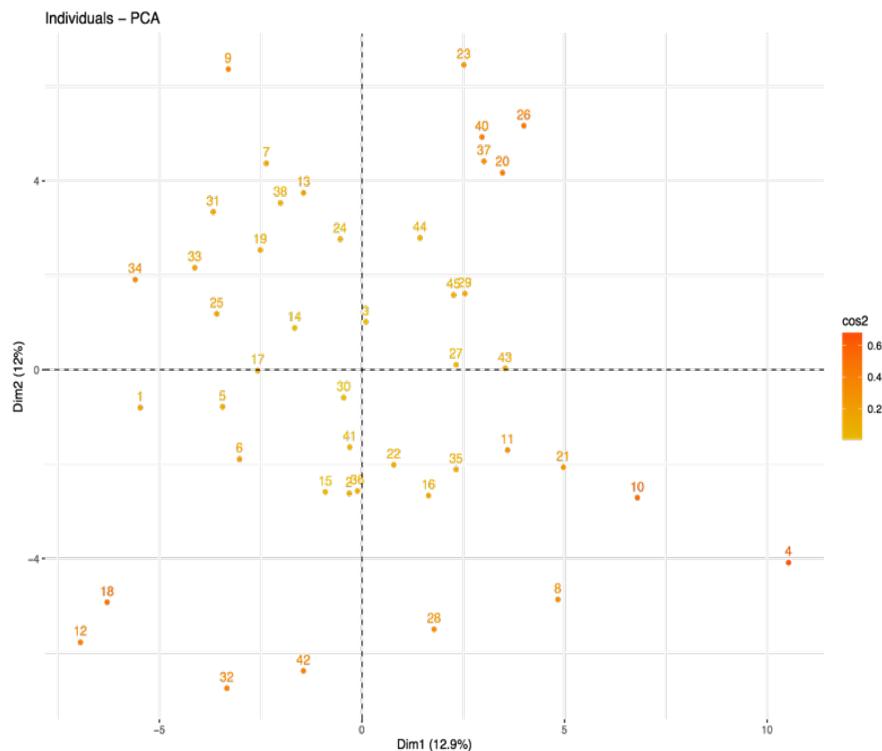


Fig. 22. Topología de los individuos modelos dentales, caracteres por grados de expresión

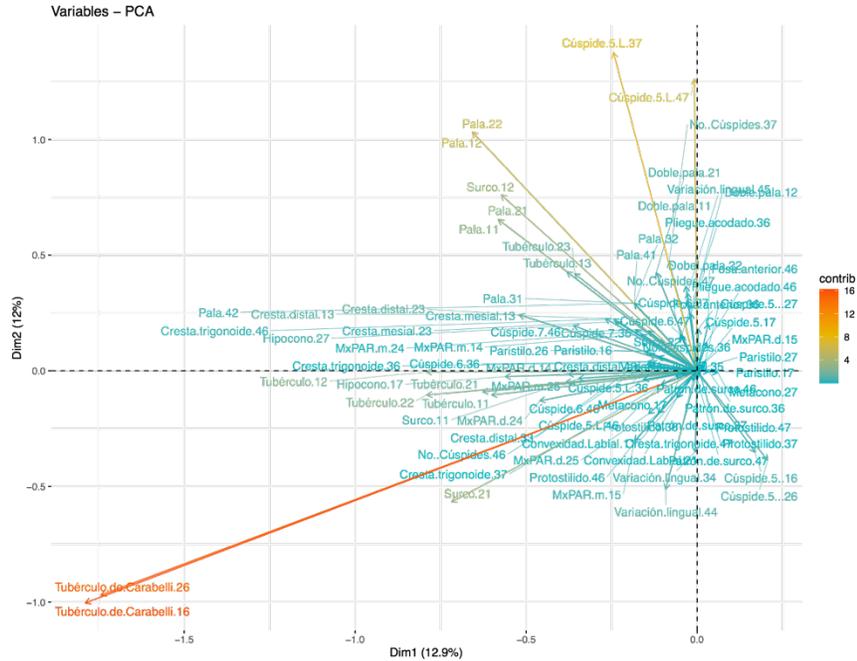


Figura 23..Topología de las variables en modelos dentales, datos por grados de expresión

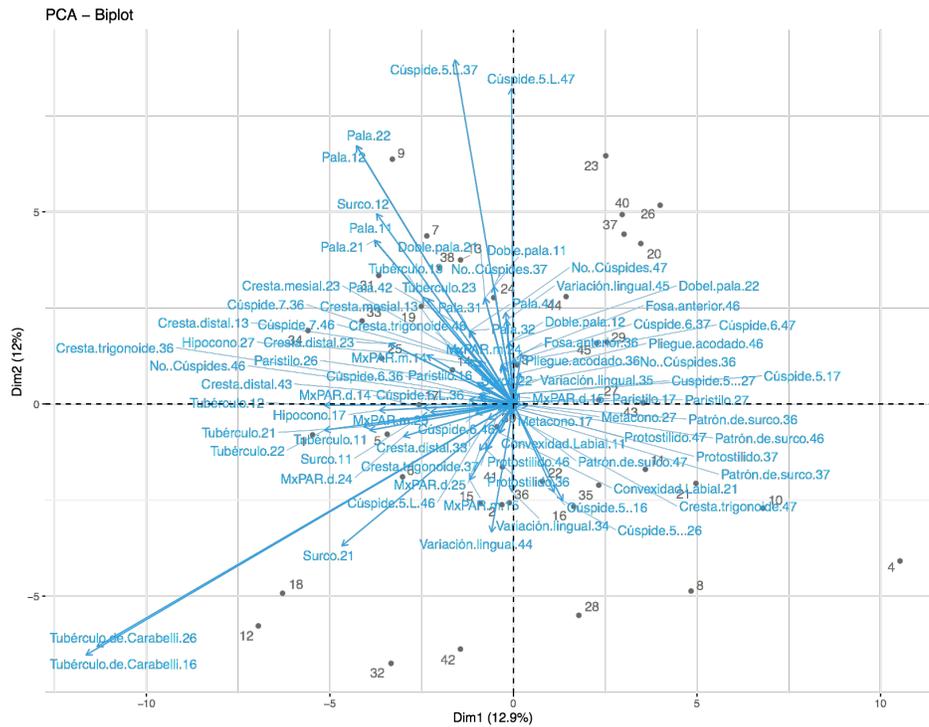


Fig. 24. Biplot Modelos dentales datos por grados de expresión

## Morfoespacio de datos dicotomizados

En el caso del *dataframe* de datos dicotomizados se obtuvieron al igual que en la base de datos por grados, se obtuvieron 43 Pcas para obtener una varianza del 100%, alcanzando una varianza del 62% en el Pca8 (Tabla 14); en el *scree plot* de igual forma se puede observar cómo decrece la gráfica, donde podemos observar que los primero tres PCA son los que explican mayor varianza (Fig. 19). Al contrario que en el PCA de datos de caracteres por grados de expresión estos datos dicotómicos se comportan de manera contraria, así como los individuos (Fig. 26), migrando a los cuadrantes 1 y 4 del lado derecho y las variables más discriminantes también disciernen (Fig. 27), por su contribución a la explicación de la variabilidad de manera descendente se obtuvo como resultado la cúspide 5 en segundos molares inferiores, pala en incisivos centrales y laterales inferiores, tubérculo dental en incisivos centrales y laterales superiores, tubérculo de Carabelli, cúspide 5 en primeros molares superiores, convexidad labial, variación lingual en primer premolar inferior, pliegue acodado en primer molar inferior, se puede observar en el *biplot* la representación conjunta de individuos y variables (Fig. 28)

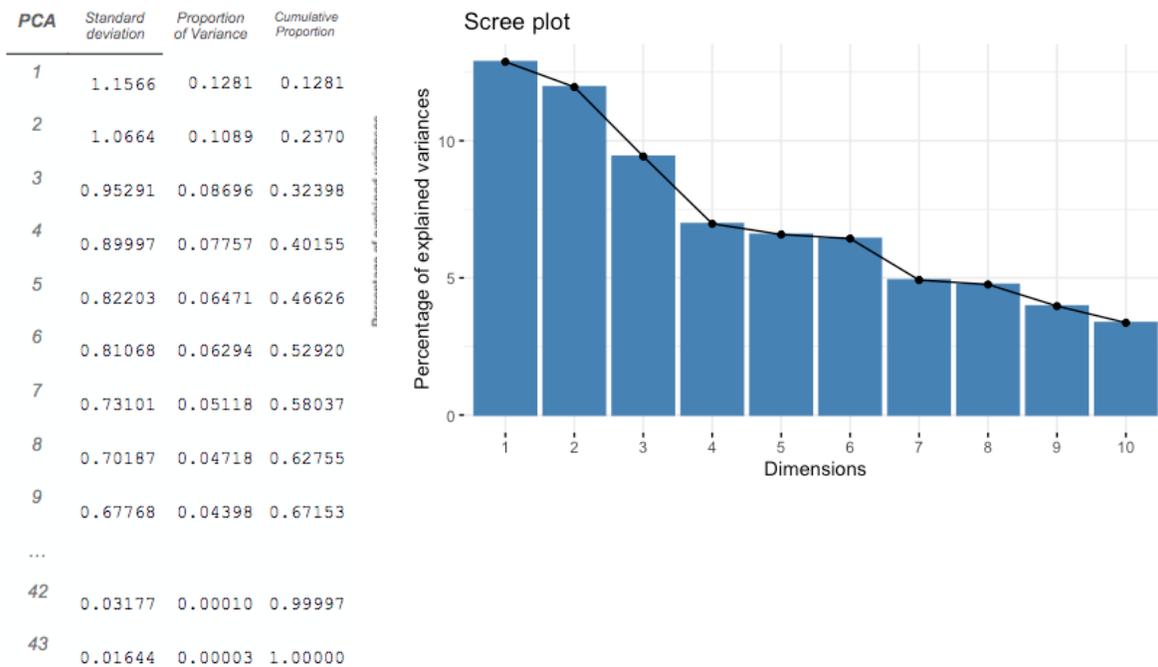


Tabla 14. a) Resumen PCA, b) Fig. 25. Screeplot modelos dentales dicotomizados

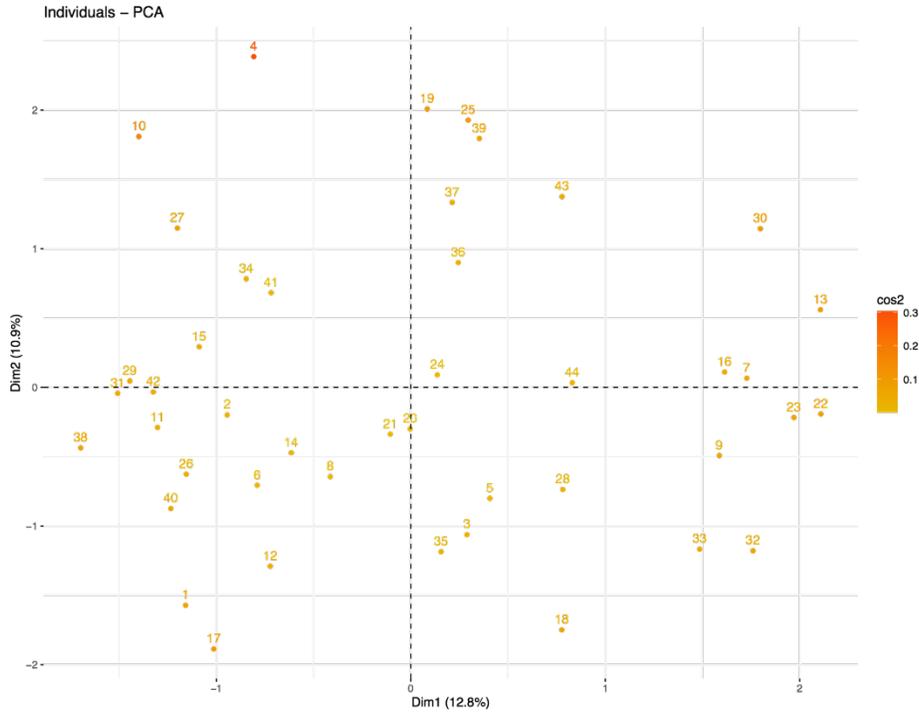


Fig. 26 .Topología de las variables Modelos dentales datos dicotomizados

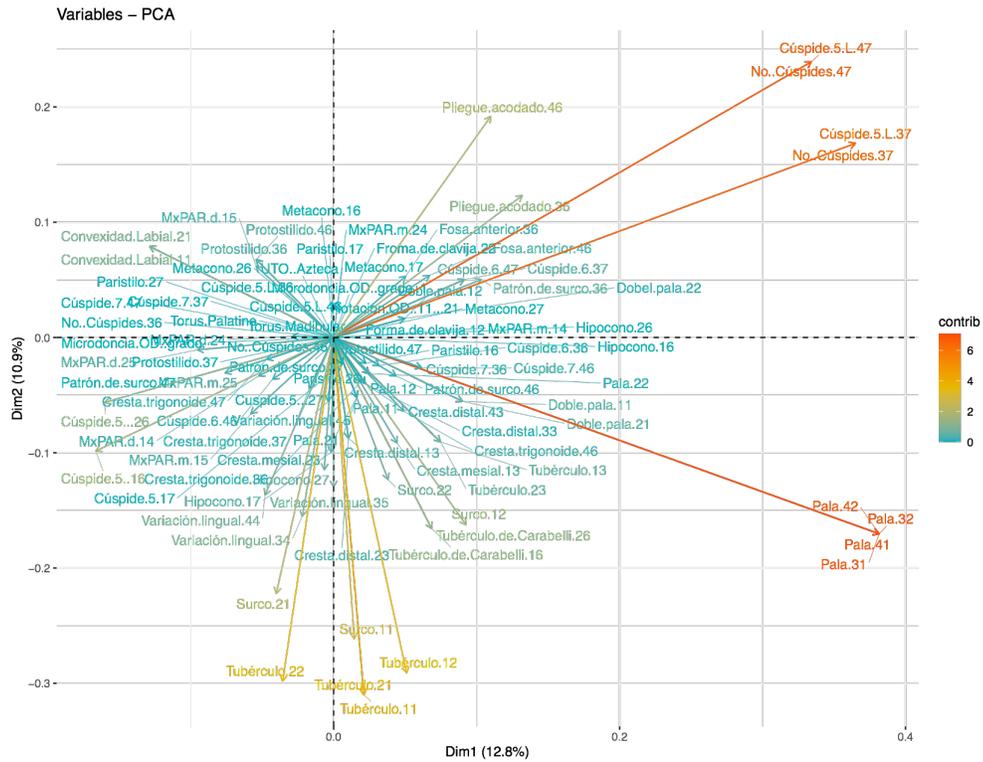


Fig. 27. Topología de los individuos, datos dicotomizados



# Análisis comparativo interpoblacional

## Evaluación interpoblacional de los caracteres dentales: tiempo.

Para evaluar las distancias de las poblaciones base de este estudio, se agregaron al análisis poblaciones que presentan diferencias geográficas y morfológicas, donde se evaluaron las agrupaciones y los caracteres discriminantes que explican la varianza de cada población, así como la variabilidad con respecto al tiempo. Las poblaciones y los datos de sus frecuencias; Zoocalco, La Barca, Cumatillo, Venustiano Carranza y el Chanal, las cuales fueron, obtenidos de los incluidos en el Estudio de la antropología dental del Occidente de Mesoamérica del Dr. Jorge Gómez Valdés (Gómez-Váldez, 2008).

También se consideraron las poblaciones de Alabama, Arkansas, Norte de Arizona, Coahuila, Tlatelolco, Cuicuilco, Yucatán, Panamá, Ecuador, Perú, Brasil, de la investigación realizada en 1981 reportadas por el Dr. Christy G Turner, se eligieron basadas en su distribución geográfica (Fig. 29). Debido a que la mayoría de las bases de datos disponibles son prehispánicas (Clásico, Posclásico), el resultado más visible es la separación por temporalidad.

Se obtuvo una tabla de frecuencias dicotómicas (Tabla 15), donde se observan las mayores recuadros en los caracteres: pala, doble pala e hipocono (Fig. 30).



Fig. 29. Distribución geográfica de las muestras, elaboración propia.

POBLACIÓN	Pala	Doble pala	Tubérculo dental	Cúspide 5	Hipocono	Tubérculo de Carabelli	Patron surco	No. cúspides	Protostilido
Modelos dentales	98	26	66	54	32	68	28	0	10
San Andres	41.9	37.93	20	24.2	96.4	50	17.2	62	16.1
Dhangu-Hidalgo	100	61.9	95.8	59	86.4	44.2	26.3	70.3	0
Alabama	97.3	89.6	41.8	23.8	93.7	39.1	7.6	3.4	38.3
Arkansas	87.7	89.4	38.2	14.8	93.4	35.1	12.4	8.5	46.3
Norte de Arizona	98	75	29.2	32.5	89.8	34.2	3.6	10.2	48
Coahuila	75	100	38.5	16	73.9	46.1	12.8	7.9	60
Tlatelolco	100	94.4	38.3	23.1	85.6	45.5	16.9	5.3	49
Cuicuilco	93.1	88	22.2	0	92.3	44.4	7.2	1.7	28.1
Yucatan	86.4	95	30	5.3	83.9	54.1	11.1	16.7	21.4
Panama	85.7	100	50	5	100	44	0	10.7	48.6
Ecuador	90.2	82.9	53.7	5.7	85.2	45.1	3.8	7.8	32.1
Peru	92.9	93.7	38.5	15.4	91.8	38.7	7.9	9.4	26.9
Brasil	100	100	33.3	28.6	95	60	0	13.6	36
Zoacalco	100	33	100	37.5	90	22.22	0	0	37.5
La Barca	100	100	50	40	100	50	0	0	50
Cumatillo	100	75	33	28.57	50	50	33	0	40
Venustriano Carranza	100	85.71	69.23	58.33	83.33	50	19.05	17.65	22.22
El chanal	100	100	25	20	66.67	0	33.33	33.33	0

Tabla 15. Frecuencias de datos dicotómicos, en poblaciones muestra de este estudio y poblaciones externas de referencia

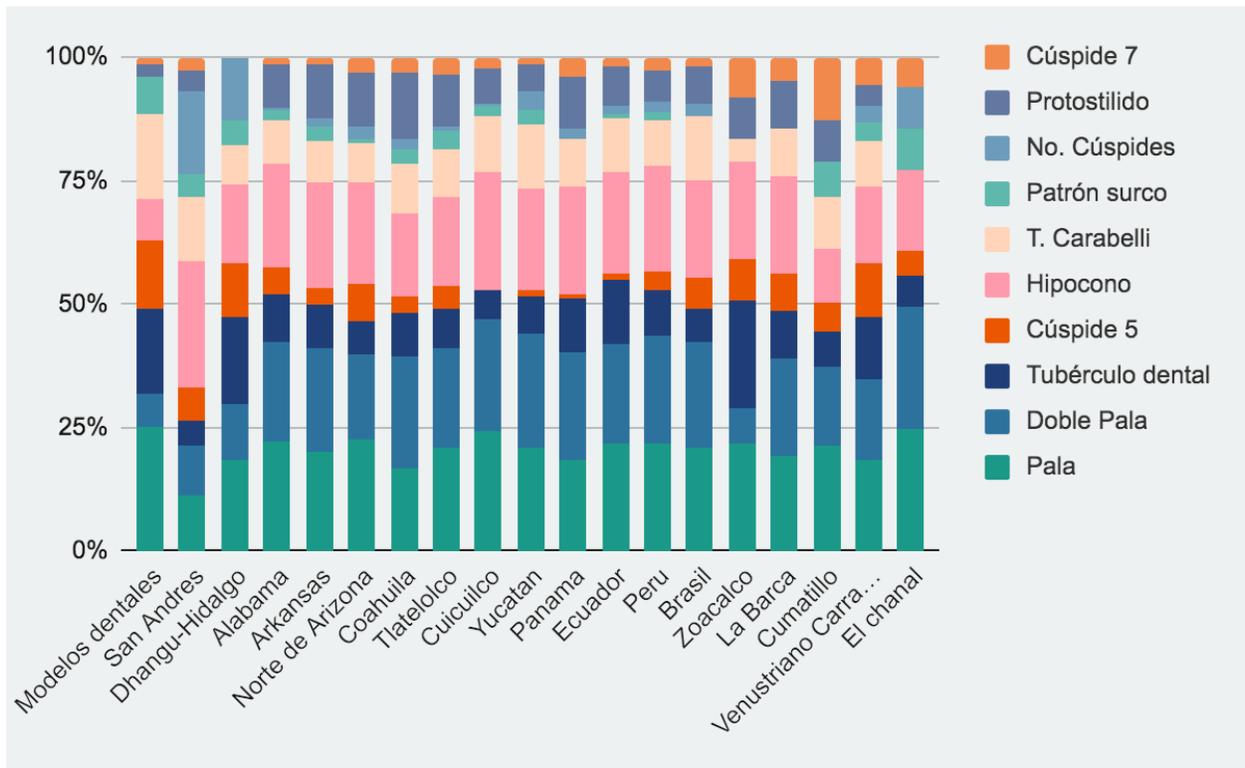


Fig. 30. Gráfica de frecuencias acumuladas para el análisis inter poblacional.

## Caracterización, procesamiento de datos: Análisis previo de los datos

### Valores perdidos

La base de datos agrupada por poblaciones integradas, se sometió a análisis de datos perdidos, la base de datos no presenta ningún caso NA (Fig. 31).

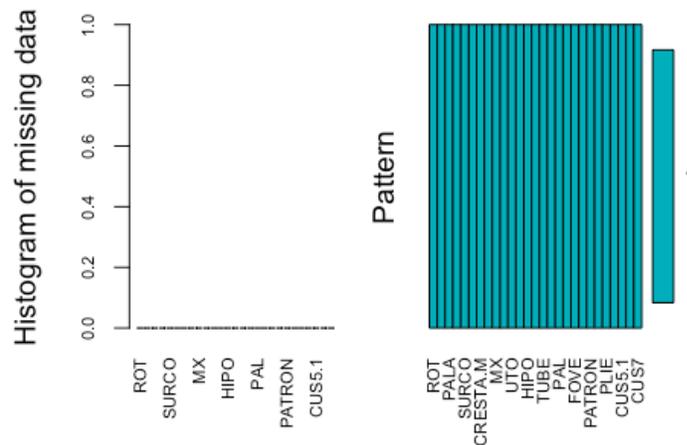


Fig. 31. Representación de casos NA en poblaciones externas

### Multicolinealidad

En el análisis de multicolinealidad, la correlación más alta es del -0.7403, la cual corresponde al patrón del surco y el hipocono en sus dientes focales y sus antímeros, aplicando el mismo criterio anterior, no se eliminó ninguna variable (Tabla 15, Fig. 32).

Matriz de correlaciones Poblaciones externas

	Pala	Doble.pala	Tubérculo dental	Cúspide 5	Hipocono	Tubérculo de Carabelli	Patron.surco	No..cuspides	Protostilido	Cuspide.
Pala	1.000000000	0.21948346	0.367627096	0.3251126	-0.21129187	-0.15074427	0.033902014	-0.4427911	0.007460419	0.243171
Doble.pala	0.219483460	1.000000000	-0.468780929	-0.4923122	0.37529170	-0.14496828	-0.248544636	-0.2378317	0.390569500	-0.054775
Tubérculo dental	0.367627096	-0.46878093	1.000000000	0.6386392	-0.07536106	0.01152268	-0.009271385	0.1007515	-0.191420689	0.091487
Cúspide 5	0.325112559	-0.49231219	0.638639175	1.00000000	-0.31257252	0.18569907	0.356136605	0.2588026	-0.327721424	0.178669
Hipocono	-0.211291874	0.37529170	-0.075361064	-0.3125725	1.000000000	-0.16184526	-0.740319241	0.1543356	0.325878469	-0.298210
Tubérculo de Carabelli	-0.150744266	-0.14496828	0.011522679	0.1856991	-0.16184526	1.000000000	-0.081430445	-0.1112698	0.114726581	-0.209453
Patron.surco	0.033902014	-0.24854464	-0.009271385	0.3561366	-0.74031924	-0.08143045	1.000000000	0.3771098	-0.584223697	0.248923
No..cuspides	-0.442791075	-0.23783171	0.100751488	0.2588026	0.15433561	-0.11126978	0.377109803	1.00000000	-0.632015680	-0.299814
Protostilido	0.007460419	0.39056950	-0.191420689	-0.3277214	0.32587847	0.11472658	-0.584223697	-0.6320157	1.000000000	0.200393
Cuspide.7	0.243171334	-0.05477595	0.091487379	0.1786693	-0.29821085	-0.20945375	0.248923834	-0.2998143	0.200393322	1.000000

Tabla 15 . Multicolinealidad interpoblacional

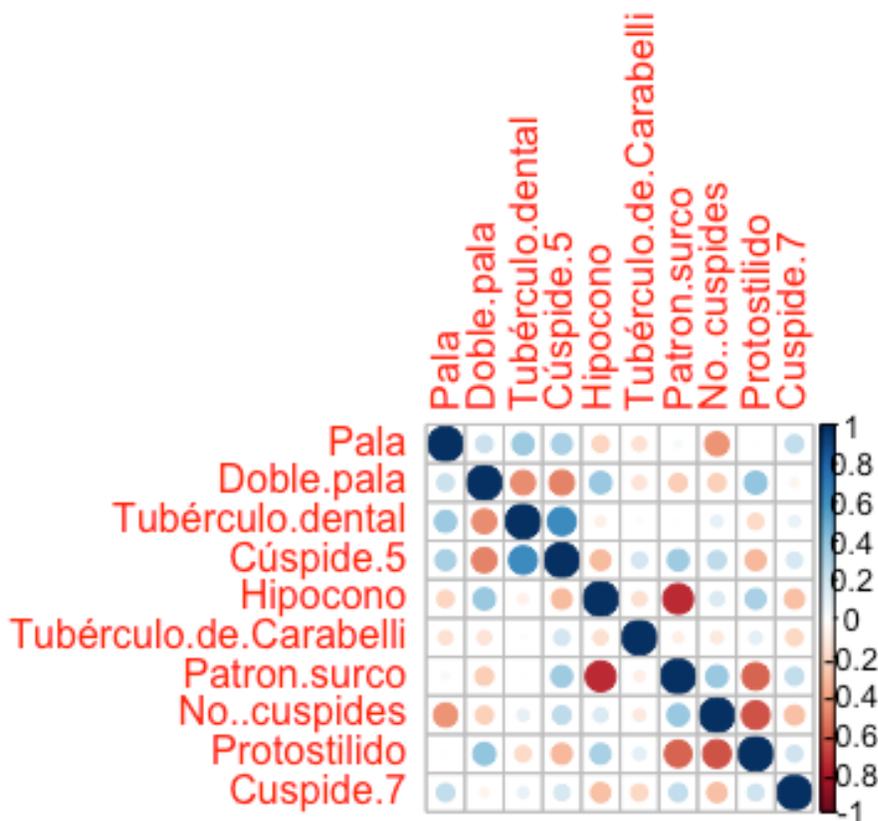


Figura 32. Matriz de correlación poblaciones externas

# Modelo de biodistancias o morfoespacio: Análisis multivariado (PCA) inter poblacional

En el PCA de la comparación de estas poblaciones, se obtuvieron 10 componentes principales para explicar la varianza del 100%, donde en el componente 8 se observa la explicación del 98% de la varianza (Tabla 16).

Se observa en el *scree plot* (Fig. 33) que al igual que los casos pasados la gráfica decrece, pero en este caso el comportamiento de la gráfica decrece de forma altamente progresiva donde PC1 explica el 36% de la variación, explicando la mayor proporción, alcanzando un 94% en el PCA 6.

PCA	Standard deviation	Proportion of Variance	Cumulative Proportion
1	33.6518	0.3635	0.3635
2	24.7165	0.1961	0.5596
3	20.9532	0.1409	0.7005
4	18.7419	0.1128	0.8133
5	15.13792	0.07356	0.88683
6	13.00402	0.05428	0.94111
7	9.34683	0.02804	0.96916
8	8.00384	0.02056	0.98972
9	4.71090	0.00712	0.99684
10	3.13673	0.00316	1.00000

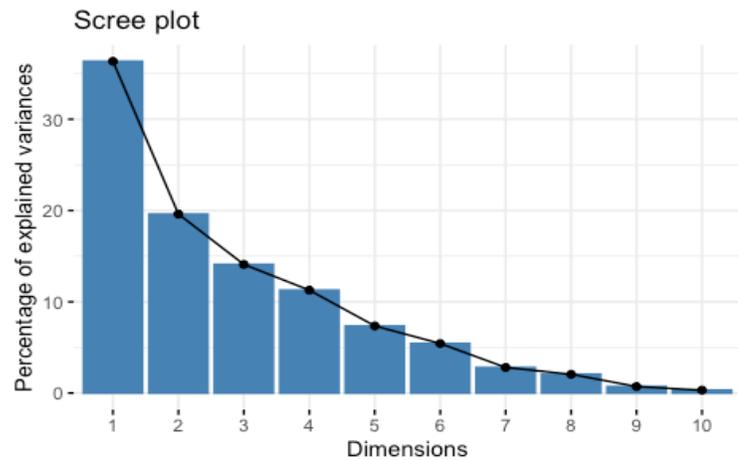


Tabla 16 A). Tabla de resumen PCA poblaciones externas

Fig. 33. B) Screeplot poblaciones externas

Como resultado en el análisis de las poblaciones (Fig.34), podemos observar que en componente principal uno, en el cuadrante 1 PC1 y PC2 positivos se encuentran agrupadas 7 poblaciones; La Barca, Tlatelolco, Alabama, Coahuila, Norte de Arizona, Ecuador, Panamá, que al observar la topología de las variables (Fig. 35) este cuadrante está explicado por el hipocono. En el cuadrante 2, PC2 positivo y PC1 negativo se encuentran 4 poblaciones, CDMX (modelos dentales) Zoacalco, Venustiano Carranza y Cumatillo, explicadas por el número de cúspides y el Patrón del surco y una mini contribución del tubérculo de Carabelli, en el cuadrante 3 PC1 Y PC2 negativos explicados por la cúspide 5 Tubérculo dental, cúspide 2 y diente en pala, se encuentran únicamente Danghu y San Andrés, en el cuadrante 4 podemos observar las 6 poblaciones restantes Arkansas, Perú, Brasil, Yucatán, Cuicuilco, El Canal, con dos variables, doble pala y protostílido.

1. Modelos
2. San Andrés
3. Danghu
4. Alabama
5. Arkansas
6. Norte de Arizona
7. Coahuila
8. Tlatelolco
9. Cuicuilco
10. Yucatán
11. Panamá
12. Ecuador
13. Perú
14. Brasil
15. Zoacalco
16. La Barca
17. Cumatillo
18. Venustiano Carranza
19. El Chanal

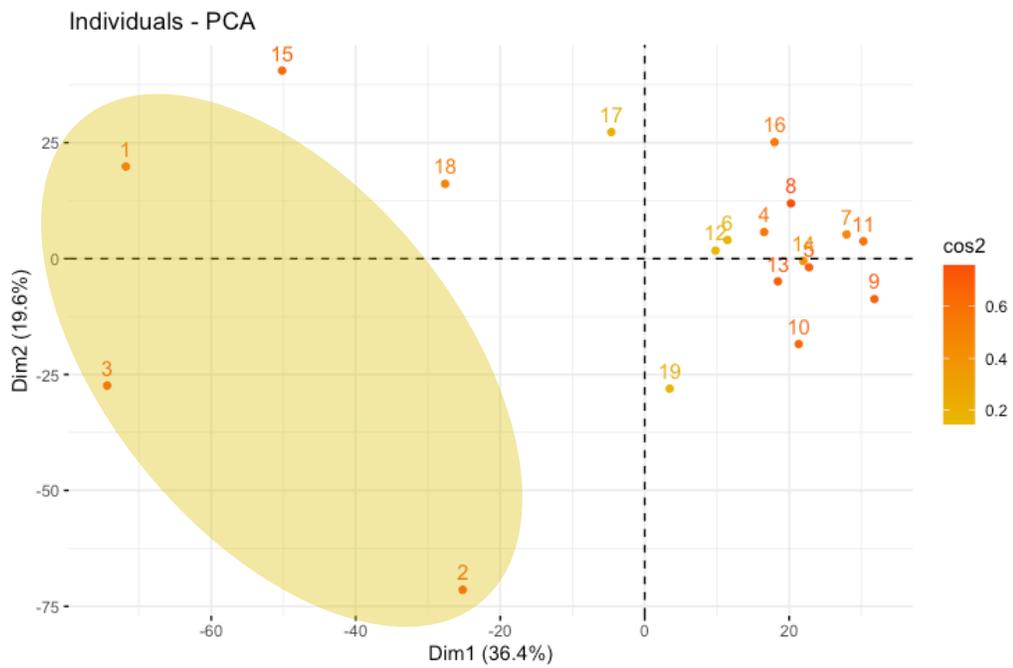


Fig. 34 . Topología de las poblaciones

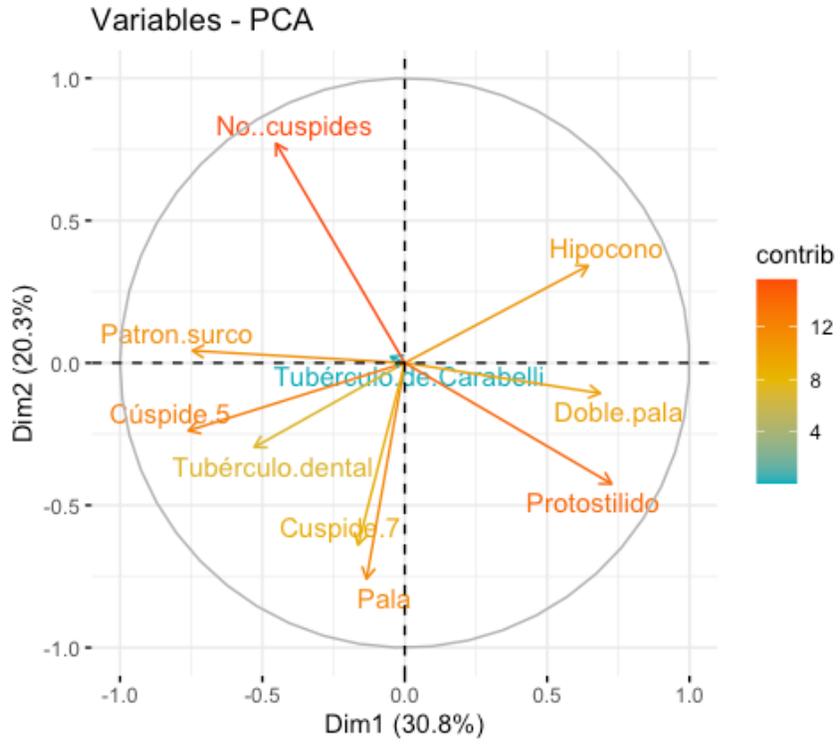


Fig. 35. Topología de las variables

## Análisis Cluster (UPGMA)

Como se mencionó antes, este método de agrupación, donde todas las distancias contribuyen de forma igual, donde hace combinaciones por pares y entre ellas hace un promedio. En este análisis comparativo interpoblacional, se utilizaron 17 variables y 18 poblaciones realizar la matriz de distancias (Tabla 29), donde se observó la mayor coincidencia en la matriz, entre Cumatillo y Danghu con un índice de 135.07671, por otro lado, el valor más bajo que puede observar entre Alabama y Perú con un valor de 18.45218. Al analizar la matriz, se observan coincidencias significativas; mencionados de manera descendente podemos situar a las poblaciones Zoacalco y San Andrés 133.19102; Panamá y Modelos dentales 132.69525; Modelos dentales y El Chanal 131.59649.

Hablado la de las poblaciones base de este estudio las distancias se mantienen en rangos de valores altos a excepción de uno que presenta un índice de 78.56461 entre Danghu y Venustiano Carranza y el mayor índice como se menciono antes fue entre Cumatillo y Danghu 135.07671. Para analizar las distancias, se dividieron en baja medias y altas, separadas por un rango de 40.00 obteniendo 12 intervalos; los índices bajos ocupan un 36.01% contribuyendo el mayor aporte, en las distancias medias se observa un 27.33% y las distancias altas 31.04% (Fig. 37).

Con respecto a las interacciones de las tres poblaciones principales para este estudio, se presentan índices de distancia altos. Con respecto a lo anterior como se mencionó, el mayor porcentaje las medidas de distancia lo ocupan valores bajos. Lo que nos permite interpretar, en que las poblaciones que los presentan, hay mayores similitudes. Sin embargo, las distancias bajas, medias y altas, presentan un porcentaje equitativo, y logran agrupar a las poblaciones. También se aprecia un patrón donde las poblaciones son divididas tentativamente en dos valores bajos y medios y en otro grupo alto, lo que evidencia las similitudes y diferencias de las agrupaciones.

<i>Población</i>	Modelos dentales	San Andrés
San Andrés	127.51236	
Danghu Hidalgo	109.05913	112.75300

Tabla 17. Correlación de muestra base de este estudio

POBLACIÓN	Modelos dentales	San Andres	Dhangu-Hidalgo	Alabama	Arkansas	Norte de Arizona	Coahuila	Tlatalolco	Cuicuilco	Yucatan	Panama	Ecuador	Peru	Brasil	Zoacalco	La Barca	Cumatillo	Venustriano Carranza
San Andres	127.51236																	
Dhangu-Hidalgo	109.05913	112.75300																
Alabama	112.05015	106.83985	111.67878															
Arkansas	119.21894	100.64839	117.30326	18.62810														
Norte de Arizona	109.46455	98.72866	115.01221	27.57510	30.52340													
Coahuila	120.96731	108.83698	129.51520	43.28977	33.58613	48.54954												
Tlatalolco	112.82770	111.86962	117.96298	22.70665	24.77632	31.69416	33.08123											
Cuicuilco	122.59822	103.03545	130.95797	34.98654	33.19310	45.85888	51.99977	41.20631										
Yucatan	115.58226	93.80442	115.85598	39.59736	38.25968	53.00554	48.48209	42.98005	26.44600									
Panama	13.2.69525	110.62719	123.07453	34.41132	28.94237	49.19338	38.76182	36.71625	43.18788	44.60903								
Ecuador	106.31534	101.48021	108.26807	28.68257	29.97062	45.32214	45.60739	38.00395	35.95258	34.05109	32.12558							
Peru	115.32635	100.87106	110.96046	18.45218	22.91617	37.05176	45.35113	29.98071	26.44143	26.32573	33.30691	25.45366						
Brasil	119.01282	107.80921	114.27782	30.03222	39.08527	41.25460	49.87348	32.93594	42.46549	37.37632	41.69817	43.37557	31.91569					
Zoacalco	102.08288	133.19102	106.22244	94.62746	100.09772	92.48984	112.27010	100.70732	115.00930	117.92294	101.99804	89.45082	100.90615	112.60363				
La Barca	122.42345	123.63510	119.06466	35.82953	45.54114	43.70614	52.12918	34.20162	61.76701	63.38468	42.43077	52.57881	45.81818	36.38944	94.85476			
Cumatillo	97.43025	125.09345	135.07671	80.65581	81.77631	74.96573	74.04037	65.97100	84.25255	83.03614	89.51966	81.73820	79.80153	86.13046	106.47333	80.95992		
Venustriano Carranza	92.24601	114.24083	78.56461	61.32392	71.64521	66.09718	77.91073	60.99211	86.07256	76.47617	75.84778	67.31721	64.08461	64.01160	80.71202	54.22545	74.69905	
El chanal	131.59649	115.90289	116.94605	81.60177	80.91454	83.73671	92.52960	82.38539	81.10108	75.96210	94.63200	85.48952	70.88037	91.61692	129.48668	101.45656	90.68608	90.15983

	BAJO 36.01 %				MEDIO 27.33 %				ALTO 31.04%			
	10-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-110	111-120	121-130	131-140
29.98071	39.59736	49.87348	54.22545	67.31721	79.80153	89.51966	98.72866	109.46455	119.06466	130.95797	135.07671	
29.97082	39.08527	49.19338	53.00554	66.06718	78.56461	89.45082	97.43025	109.05913	117.96298	129.51520	133.19102	
28.94237	38.25968	48.54954	52.57881	64.06461	77.91073	86.13046	94.85476	108.26807	117.92294	129.48668	132.69525	
28.68257	38.00395	48.48209	52.12918	64.01160	76.47617	86.07256	94.63200	107.80921	117.30326	127.51236	131.59649	
27.57510	37.37632	45.85898		63.38468	75.96210	85.48952	94.62746	106.83985	116.64605	125.09345		
26.44600	37.05176	45.81818		61.76701	75.84778	84.25255	92.52960	106.47333	115.90289	123.63510		
26.44143	36.71625	45.60739		61.32392	74.96573	83.73671	92.48984	106.22244	115.85598	123.07453		
26.32573	36.38944	45.54114		60.99211	74.69905	83.03614	92.24601	103.03545	115.01221	122.69822		
25.45366	35.95258	45.35113			71.64521	82.38539	91.61692	102.08288	115.00930	122.42345		
24.77632	35.82953	45.32214			70.88037	81.77631	90.69608	101.99804	114.27782	120.96731		
22.91617	34.98654	44.60903				81.73820	90.15983	101.48021	114.24083			
22.70665	34.41132	43.70614				81.60177		101.45656	112.75300			
18.62810	34.20162	43.37557				81.10108		100.90615	112.60363			
18.45218	34.05109	43.28977				80.95992		100.87106	112.27010			
	33.58613	43.18788				80.91454		100.70732	111.86962			
	33.30691	42.98005				80.71202		100.64839	111.67879			
	33.19310	42.46549				80.65581		100.09772	110.96046			
	32.93594	42.43077							110.62719			
	32.12558	41.69817							108.63698			
	31.91569	41.25460										
	31.69416	41.20631										
	30.52340											
	30.03222											
14	23	21	5	9	11	17	11	17	19	10	4	161

B)

Tabla 18. Matriz de distancias de las 19 poblaciones  
Fig. 37. Separación de distancias bajas medias y altas

Después de analizar las distancias y como parte del análisis complementario como se mencionó anteriormente se realizó un análisis de conglomerados, para el agrupamiento de las poblaciones. Donde para establecer la agrupación adecuada se aplicó la función NbClust del paquete NbClus sirve para este propósito, calculando el número de conglomerados a partir de varios índices, se utilizó el índice de Hubert (Fig. 38A) e índice D-index (Fig.38 B). Para cada índice se obtienen dos gráficos: el propio índice (en azul), y las diferencias de los índices para números de conglomerados consecutivos (en amarillo).

La cantidad de conglomerados a seleccionar será aquel que presente una mayor diferencia (valor más alto en el gráfico amarillo), este comando también nos dio como resultado una tabla resumen con los resultados de los diferentes índices que calcula, así como una conclusión sobre el mejor número de conglomerados a utilizar. Según este criterio nos indican que el número de conglomerados adecuados es 2 en el índice Hubert y 8 en el índice D index.

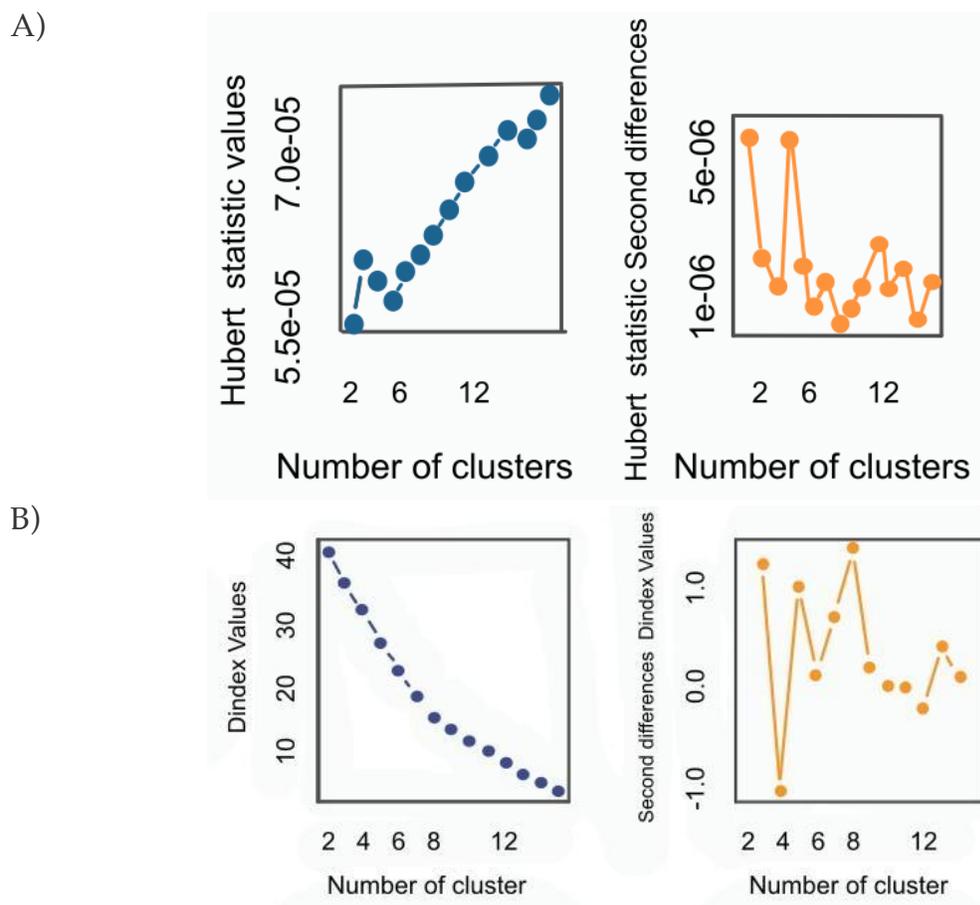


Fig. 38 a) Índice Hubert b) Índice Dindex

Una vez decidido el número de conglomerados, se aplican los comandos asignando a  $k=$  el valor de la cantidad de *clusters* a formar. Esta representación gráfica utiliza la matriz de distancias analizada anteriormente para la formación de los conglomerados.

Obteniendo el dendrograma que separa en dos conglomerados las poblaciones (Fig.39), en el primer *cluster* agrupa a Danghu, Modelos dentales y Zoacalco, en el segundo *cluster*, San Andrés, El Chanal, Cumatillo, Venustiano Carranza, Coahuila, Brasil, La barca, Norte de Arizona, Cuicuilco, Yucatán, Panamá, Ecuador, Tlatelolco Arkansas, Alabama y Perú.

En el análisis que involucra ocho clusters (Fig. 40), las agrupaciones muestran poblaciones individuales como Danghu, Modelos dentales, Zoacalco San Andrés, El Chanal, Cumatillo y Venustiano Carranza y en el segundo agrupamiento Coahuila, Brasil, La barca, Norte de Arizona, Cuicuilco, Yucatán, Panamá, Ecuador, Tlatelolco Arkansas, Alabama y Perú.

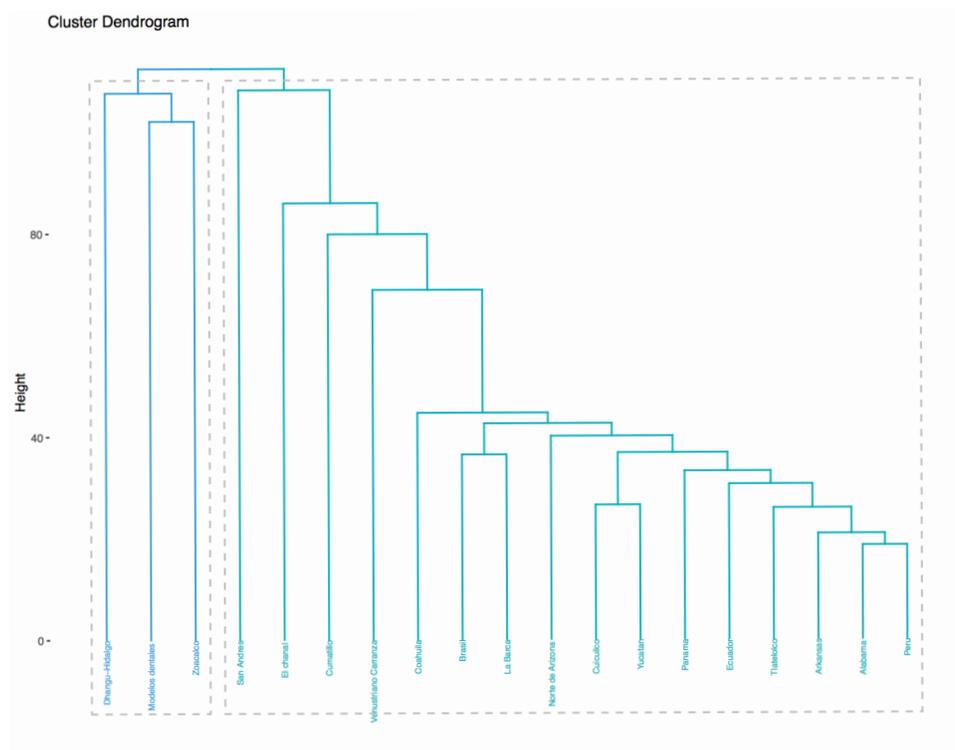


Fig. 39. Conglomerados propuestos por el NbClust, para el índice de Hubert

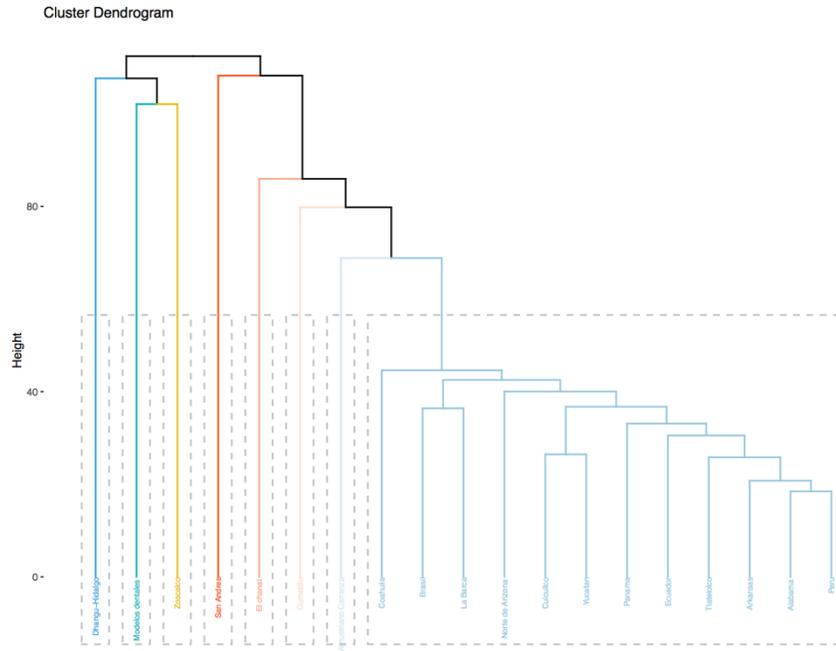


Fig. 40. Conglomerados propuestos por el NbClust, para el índice Dindex.

## Validación de rASUDAS

Esta herramienta al ser relativamente nueva no existe una gran mayoría de artículos para consultar, sin embargo, su aplicación resulta bastante sencilla y la interpretación depende de la finalidad del estudio. Como se mencionó anteriormente la plataforma evalúa 21 caracteres dentales, tanto coronales como de raíces.

Se utilizó la muestra de modelos dentales, con 50 individuos, en cada individuo se pudo obtener un promedio de 13 caracteres analizados, esto debido a que algunos caracteres resultan imposibles de analizar en un modelo de yeso, por ejemplo, el número de raíces, la extensión del esmalte y la presencia o ausencia de los terceros molares sin erupcionar.

Después de completar en la interfaz del *software* la característica del individuo y seleccionar la opción de análisis, nos redirigió a la página que nos muestra los resultados. Para cada individuo genera dos tablas, la primera tabla corresponde al “Origen biogeográfico esperado” (ejemplo 1 individuo Tabla 19; Tabla completa para los 50 individuos (Anexo I) y la segunda enlista los caracteres dentales analizados y los ordena dependiendo la “importancia del rasgo” (Tabla 20), o, dicho de otra forma, de mayor a menor variación o discriminación, se observan los caracteres, donde se les asigna un número donde el 1 es el más discriminante en este caso el diente en pala de los incisivos centrales hasta el menos discriminante en el número 13 que corresponde al surco de interrupción del segundo molar inferior (Tabla 20).

<i>Group</i>	<i>Probability</i>	<i>Membership</i>
American Arctic & Northeast Asia	0.008	
Australo-Melanesia & Micronesia	0.0443	
East Asia	0.6947	*
American Indian	0.0874	
Southeast Asia & Polynesia	0.1337	
Sub-Saharan Africa	0.00	
Western Eurasia	0.0318	

Tabla 19. Origen biogeográfico esperado individuo 001-LAOF-MD

Se obtuvieron dos gráficas por cada individuo por lo que se integraron en dos tablas generales, la primera (Tabla 19) muestra las probabilidades de pertenencia a una población, la cual generó también una matriz binaria, donde se observa la mayor probabilidad de pertenencia ponderada con 1 de la base de datos de modelos dentales completa (Tabla 21).

<i>Trait</i>	<i>AA.NA</i>	<i>AM.M</i>	<i>EA</i>	<i>AI</i>	<i>SA.P</i>	<i>SSA</i>	<i>WE</i>	<i>Total</i>	<i>Rank</i>
Winging UI1	0.0971	0.1103	0.1083	0.2583	0.0971	0.1224	0.1793	0.138971428571429	11
Shoveling UI1	0.3659	0.3112	0.3782	0.4564	0.3002	0.3742	0.5211	0.386742857142857	1
Interruption grooves UI2	0.2269	0.1713	0.1259	0.1599	0.1301	0.2394	0.1208	0.167757142857143	6
Hypocone	0.2942	0.1637	0.1397	0.1665	0.1561	0.195	0.1992	0.187771428571429	3
Carabelli's trait UM1	0.2448	0.1157	0.1278	0.182	0.1241	0.1509	0.1659	0.158742857142857	7
Cusp 5 UM1	0.1081	0.2628	0.1059	0.1123	0.1205	0.1665	0.1284	0.1435	10
Multiple lingual cusps LP2	0.22	0.1348	0.1288	0.2189	0.1609	0.2154	0.1377	0.173785714285714	5
Groove pattern LM2	0.0574	0.0737	0.0653	0.1857	0.0597	0.1098	0.0592	0.0872571428571429	13
4-cusped LM2	0.2557	0.1658	0.1492	0.2232	0.1515	0.1616	0.3956	0.214657142857143	2
Cusp 6 LM1	0.1072	0.1002	0.1059	0.1507	0.1086	0.1242	0.3225	0.145614285714286	8
Cusp 7 LM1	0.077	0.0665	0.0592	0.0608	0.0592	0.2819	0.0681	0.0961	12
Protostylid LM1	0.1138	0.1538	0.155	0.1946	0.1289	0.1377	0.1346	0.145485714285714	9
Deflecting wrinkle LM1	0.207	0.1441	0.1326	0.2612	0.1321	0.1817	0.2182	0.182414285714286	4

Tabla 20. Ordenamiento de caracteres, con mayor aporte discriminatorio obtenidos de rASUDAS individuo 001-LAOF-MD

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	AArc North east Asia	Australo- Melan Micron	East Asia	America n Indian	Southeas Asia & Polynesi	Sub- SaAfric a	West eEura sia
1	0.008	0.0443	0.6947	0.0874	0.1337	0.00	0.0318	0	0	1	0	0	0	0
2	0.0042	0.4159	0.1128	0.0063	0.1494	0.1008	0.2106	0	1	0	0	0	0	0
3	0.0017	0.02	0.7888	0.0505	0.1369	0.00	0.0021	0	0	1	0	0	0	0
4	3E-04	0.3534	0.00	1E-04	0.0646	0.0546	0.5229	0	0	0	0	0	0	1
5	0.2328	0.0827	0.2188	0.2348	0.0828	0.0341	0.1139	0	0	0	1	0	0	0
6	0.0011	0.0228	0.7548	0.0775	0.1434	0.00	3E-04	0	0	1	0	0	0	0
7	0.036	0.0235	0.5938	0.2364	0.063	0.00	0.0473	0	0	1	0	0	0	0
8	0.2328	0.0827	0.2188	0.2348	0.0828	0.0341	0.1139	0	0	0	1	0	0	0
9	0.0157	0.0272	0.7191	0.0722	0.1595	0.00	0.0064	0	0	1	0	0	0	0
10	0.0089	0.4834	0.1238	0.0044	0.1848	0.0731	0.1217	0	1	0	0	0	0	0
11	0.0432	0.0066	0.2036	0.724	0.021	0.00	0.0016	0	0	0	1	0	0	0
12	0.0053	0.2148	0.4431	0.018	0.2523	0.0342	0.0322	0	0	1	0	0	0	0
13	0.002	0.2034	0.1141	0.0051	0.142	0.1854	0.3481	0	0	0	0	0	0	1
14	0.0289	0.0614	0.402	0.0345	0.1761	0.0824	0.2146	0	0	1	0	0	0	0
15	0.0207	0.0078	0.6945	0.1897	0.0495	0.00	0.0379	0	0	1	0	0	0	0
16	0.039	0.0257	0.2556	0.6348	0.0442	0.00	8E-04	0	0	0	1	0	0	0
17	0.1187	0.0552	0.3012	0.4703	0.052	0.00	0.0026	0	0	0	1	0	0	0
18	0.0156	0.0271	0.4186	0.4498	0.0576	0.00	0.0313	0	0	0	1	0	0	0
19	0.0134	0.1053	0.1821	0.0211	0.1177	0.0423	0.5181	0	0	0	0	0	0	1
20	0.0396	0.1004	0.5635	0.1695	0.122	0.00	0.005	0	0	1	0	0	0	0
21	7E-04	0.3933	0.1097	0.0012	0.1821	0.1009	0.212	0	1	0	0	0	0	0
22	0.0162	0.0373	0.6103	0.1457	0.1863	0.00	0.0042	0	0	1	0	0	0	0
23	0.1786	0.0018	0.2369	0.5685	0.0135	0.00	6E-04	0	0	0	1	0	0	0
24	0.001	0.1107	0.4568	0.0041	0.325	0.0359	0.0664	0	0	1	0	0	0	0
25	0.1397	0.4245	0.125	0.0371	0.1063	0.116	0.0514	0	1	0	0	0	0	0
26	0.0094	0.2263	0.1992	0.0071	0.1976	0.1077	0.2527	0	0	0	0	0	0	1
27	0.0407	0.2042	0.368	0.1063	0.2807	0.00	1E-04	0	0	1	0	0	0	0
28	0.0462	0.0239	0.2327	0.6234	0.0737	0.00	1E-04	0	0	0	1	0	0	0

29	0.1187	0.0552	0.3012	0.4703	0.052	0.00	0.0026	0	0	0	1	0	0	0
30	0.2517	0.008	0.383	0.3213	0.0344	0.00	0.0017	0	0	1	0	0	0	0
31	0.064	0.0189	0.7006	0.1272	0.0684	0.00	0.0209	0	0	1	0	0	0	0
32	1E-04	0.4799	0.0464	3E-04	0.1282	0.238	0.1069	0	1	0	0	0	0	0
33	0.2078	0.0461	0.5478	0.1371	0.0499	0.00	0.0112	0	0	1	0	0	0	0
34	0.0238	0.0496	0.5945	0.1916	0.0876	0.00	0.0527	0	0	1	0	0	0	0
35	0.0112	0.1706	0.4679	0.0948	0.2531	0.00	0.0024	0	0	1	0	0	0	0
36	0.0369	9E-04	0.112	0.8366	0.0136	0.00	0	0	0	0	1	0	0	0
37	0.0016	0.0182	0.7643	0.0703	0.1452	0.00	4E-04	0	0	1	0	0	0	0
38	0.0474	0.0315	0.3731	0.4722	0.0745	0.00	0.0013	0	0	0	1	0	0	0
39	0.0396	0.1004	0.5635	0.1695	0.122	0.00	0.005	0	0	1	0	0	0	0
40	0.0037	0.5422	0.0645	0.0086	0.0784	0.1051	0.1976	0	1	0	0	0	0	0
41	0.0317	0.0115	0.213	0.7171	0.025	0.00	0.0018	0	0	0	1	0	0	0
42	0.1143	0.0164	0.6192	0.1472	0.1009	0.00	0.002	0	0	1	0	0	0	0
43	0.0176	0.0018	0.58	0.355	0.0452	0.00	4E-04	0	0	1	0	0	0	0
44	0.0402	0.3942	0.1989	0.0179	0.1336	0.0242	0.1909	0	1	0	0	0	0	0
45	0.2517	0.008	0.383	0.3213	0.0344	0.00	0.0017	0	0	1	0	0	0	0
46	0.0171	0.3718	0.1277	0.0252	0.0931	0.0373	0.3278	0	1	0	0	0	0	0
47	0.0837	0.2025	0.1856	0.1346	0.117	0.1613	0.1153	0	1	0	0	0	0	0
48	0.0145	0.1272	0.6248	0.0273	0.1963	0.00	0.0099	0	0	1	0	0	0	0
49	0.1732	0.317	0.1153	0.2224	0.1226	0.0443	0.0053	0	1	0	0	0	0	0
50	0.2292	0.0481	0.3855	0.2746	0.0613	0.00	0	0	0	1	0	0	0	0
								0	10	24	12	0	0	4
									20	48	24			8

Tabla 21. Datos de probabilidades de pertenencia a una población y representación dicotómica de la mayor probabilidad de los 50 modelos dentales de 1 muestra de la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense.

En los datos obtenidos de los 50 individuos, se observa que la probabilidad más alta de pertenencia a un grupo es de una probabilidad de 0.447 que explica el 48% de la muestra que corresponde a 24 individuos que fueron agrupados en el grupo *East Asia*; siguiendo en orden descendente; con un 24 % de la muestra, que integra a 12 individuos y presenta una probabilidad de 0.379, se encuentran en el grupo *American Indian*; En el grupo *Australo-Melanesia & Micronesia* se clasificaron a 10 individuos que corresponde a un 20 % de la muestra y una probabilidad de 0.337.

Por último, podemos observar que 4 individuos fueron clasificados en el grupo Western Eurasia con una probabilidad promedio de 0.337 y explicando el 8% del total de la muestra (Tabla 22, Fig. 41).

Grupo	probabilidad	individuos	%
American Arctic & Northeast Asia	*	0	0
Australo-Melanesia & Micronesia	0.337	10	20
East Asia	0.447	24	48
American Indian	0.379	12	24
Southeast Asia & Polynesia	*	0	0
Sub-Saharan Africa	*	0	0
Western Eurasia	0.337	4	8

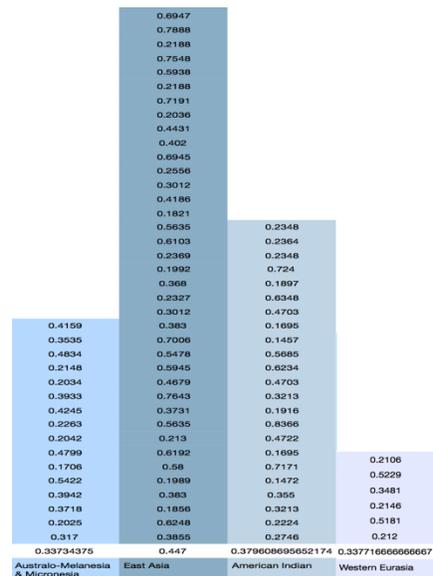
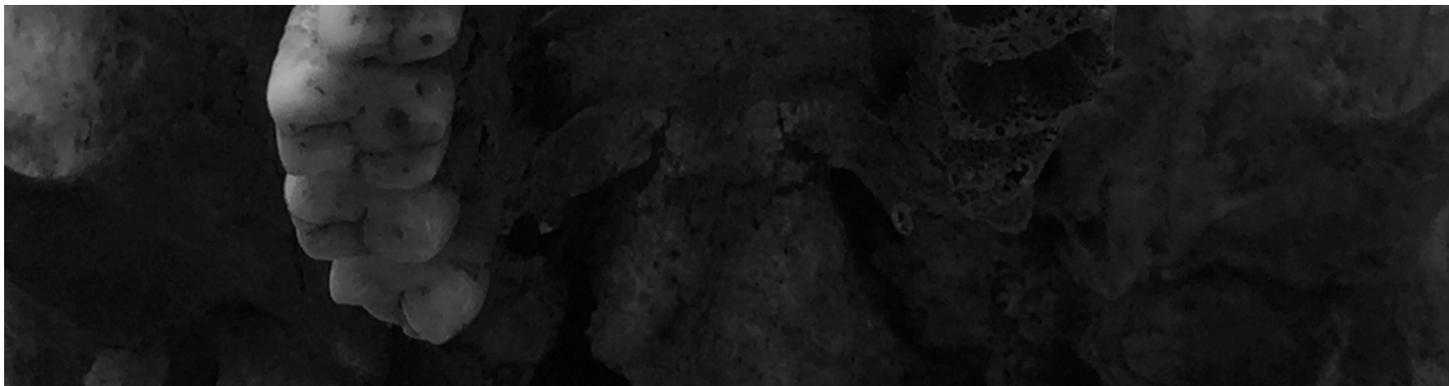


Tabla 22. Datos de distribución de porcentaje de pertenencia un grupo ancestral

Figura 41. Gráfica de representación de pertenencia a un grupo ancestral



# Capítulo IV

## Discusión

El estudio de los órganos dentales como se ha documentado a lo largo del manuscrito, debido a su conformación estructural y química, son elementos que aportan información objetiva, fundamentada, que pueden ser utilizados, aunque estén sometidos a circunstancias adversas (Labajo 2008), por lo que pueden ser estudiados desde múltiples perspectivas.

El caso de la formación de un odontólogo general, cuando se estudia la morfología dental, los componentes de los dientes parten de una anatomía normal establecida, con objetivos restaurativos que cumplan con la función y estética, dando poca o nula atención a las variaciones morfológicas, dejando a un lado aspectos biológicos morfofuncionales y fenotípicos relacionados con la individualización de la cavidad oral de cada paciente.

Este problema se resolvería ampliando el panorama hacia otras disciplinas que contribuyan a la formación integral de los odontólogos, ejemplo de ello, la localización y registro de los caracteres dentales, que pueden contribuir desde la clínica para la rehabilitación integral de un órgano dental, así como reconocer que estos elementos individualizantes, pueden aportar información útil para la identificación de una persona (Udo 2006).

Por otro lado, los odontólogos al mantener un expediente odontológico como lo establece la NOM 004 , 024 y 013 del CNPP (Secretaría de Salud) la información general y odontológica de un paciente pueden contribuir a la formación de una base de datos extensa y al muestreo que permite estudiar las variaciones presentes en nuestra población registros como modelos dentales, radiografías etcétera; previo a un consentimiento informado y bajo la ley de protección de datos, que garanticen sus fines y como se mencionó anteriormente contribuirá a la caracterización y a la elaboración e implementación de métodos específicos

### En la estimación de ancestría

Se han realizado estudios odontológicos con la finalidad de analizar de las características que permitan individualizar a los seres humanos, tanto en su morfología, como en sus dinámicas con el entorno en el que se desarrollan a lo largo del tiempo, sin embargo, en la actualidad, lograr diferenciar a una persona o población de otra, no solo tiene el propósito de aportar a la antropología biológica, sino para la resolución de casos de

personas sin identificar o aportar elementos en un juicio, situaciones producto de los altos niveles de violencia.

Como se describió previamente la estimación de la ancestría biogeográfica, utilizando los caracteres dentales, aporta no solo a la caracterización de la población, sino también contribuye a la individualización de una persona, identificar los caracteres como elementos discriminatorios aportan un elemento extra, útil para la resolución de los casos o la reducción de universos de búsqueda. Por otro lado, la integración de un apartado en las historias clínicas, así como en los protocolos para identificación forense, puedan servir para un análisis más extenso y contribuir de manera positiva a la población mexicana contemporánea, la cual es una limitante más para la estimación de ancestría en poblaciones actuales, no existen un gran número de bases de datos de referencia, para nuestra población y en general de temporalidad contemporánea.

Tener un grupo de caracteres dentales de referencia específica para nuestra población, contribuirá de manera significativa, ya que se permitiría la implementación de métodos enfocados y adaptación de otras metodologías.

Por otro lado es importante mencionar que además de la elevación de la violencia, la crisis migratoria es alarmante, donde muchas personas del centro y Sudamérica pierden la vida y el poder identificarlos entre ellos es demasiado complejo por las distancia genética que comparten y el poder identificarlos depende de seguir realizando investigaciones, como la realizada por la Dra. Rebeca George entre “Hispanos” que han perdido la vida en la frontera con Estados Unidos de Norteamérica, quien en su estudio íntegro muestras del centro de México y de hispanos residentes de Estados Unidos, en este último grupo se integran poblaciones del centro y Sudamérica, haciendo énfasis en que las muestras mexicanas no caracterizan a la población, lo que nos incita a realizar nuevas investigaciones en población contemporáneas de todo el país (George, 2015 ).

Con respecto a las muestras dentro de la investigación de esta tesis, la muestra central fue la proveniente de la Colección Odontológica Nacional de Interés Forense del Laboratorio de Antropología y Odontología Forense (LAOF), de la Licenciatura de Ciencia Forense de la Facultad de Medicina. Al ser de los primeros estudios realizados sobre estas muestras se abrirá camino para continuar y perfeccionar las investigaciones. Las muestras osteológicas de San Andrés y Danghu, se eligieron respecto a su temporalidad y su ubicación geográfica, para tener una muestra integrada de individuos del centro del país situados en una temporalidad contemporánea.

## Lo aspectos metodológicos

Sobre la metodología utilizada y retomando lo que describe Turner y sus colaboradores (1991) de ASUDAS así como diversos autores a lo largo del tiempo, es un sistema estandarizado y bien consolidado, aplicado en numerosos estudios en población

prehispánica, sin embargo la experiencia del observador puede ser un elemento que limite los resultados, para la realización de esta investigación la preparación en el campo de la Antropología física y Forense, y la subrama de la antropología dental fue extensa y cambiando a lo largo del proceso, debido a la limitada aproximación previa a estas disciplinas.

## Sobre el error intraobservador

Al ser el primer análisis realizado después del fenotipado de las muestras, es imprescindible en la caracterización realizada, ya que el no detectar un error en la medición, repercute en la interpretación de los resultados, el error está influido principalmente por la falta de pericia de un observador, el no seguir un protocolo establecido, por la memorización de los elementos a observar (este último punto contrario a lo que predicen múltiples estudios sobre que la continua observación disminuye el error, la memorización puede alterar el resultado) por ello la gran importancia de su evaluación, estos factores que influyen sobre el error, puede provocar confundir un error de medición con una variación biológica, en el caso de los caracteres dentales, al ser elementos morfoscópicos el error puede presentarse en un porcentaje más alto por lo que identificar alguna variación de medición te permite eliminar variables, observadores o implementar un análisis complementario que incluya las variables que no haya podido ser validadas por el análisis de error. En el caso de este estudio se decidió aplicar el método Kappa de Cohen, el mismo utilizado para estudios con fines forenses (George 2015; Heather, 2011).

Por lo que debido a que este análisis no se encuentra estandarizado, ni existe un protocolo en el cual se puedan basar las investigaciones, se buscó seguir pasos que trataran de una forma adecuada los datos, tomando en cuenta, su naturaleza morfoscópica, el fenotipado y las bases de datos obtenidas para evaluar la evolución del error y presentar resultados confiables que puedan ser referencia en otras investigaciones. Al no ser utilizado de manera rutinaria, en los pocos estudios que se realizan, se adapta a cada investigación, que, si bien funciona para la resolución de los objetivos, el unificarlo ayudaría a una mejor homologación de los protocolos.

Algunos estudios aseguran que la confiabilidad del evaluador aumenta y el error disminuye, cuando solo se comparan observadores experimentados y se dicotomizan los rasgos. (Pilloud 2018)

Por tanto, es crítico seguir utilizando morfología dental y dar mayor importancia a la formación adecuada en antropología dental, ya que es evidente que se observa una mejor concordancia entre los evaluadores con más experiencia. Así como implementar métodos estadísticos que sustenten los métodos en antropología forense y que el error del observador sea bien identificado, ya que el hecho de que hubiera múltiples valores negativos o bajos en este caso en el índice de Kappa, la fiabilidad de los evaluadores y los

resultados representan un problema grave, tanto que podría no admitirse una prueba para algún juicio.

## Sobre las frecuencias

Al analizar las frecuencias dicotómicas uno de los caracteres que más se presentaron fueron el diente en forma de pala como se esperaba, con porcentajes del 92% al 99%. Sin embargo, el tubérculo de Carabelli presentó frecuencias medias en las colecciones de Danghu y San Andrés los porcentajes fueron de 41% y 42% y en modelos dentales el porcentaje fue de 68 % esto se podría explicarse por la temporalidad de las muestras, los procesos de migración y mestizaje. Sin embargo, aún sigue siendo característico de la población, pero no discriminante. (Pimentel 2012)

Dentro de las frecuencias con mayores porcentajes de aparición tanto en los datos dicotómicos como por grados (Tabla 23) son localizadas, principalmente en la muestra de modelos dentales, por lo que pueden considerarse los caracteres más frecuentes en muestras contemporáneas.

Son pocos los estudios previos que caracterizan a la población mexicana contemporánea con fines forenses, basados en los caracteres dentales. Por lo que los resultados de esta tesis han sido contrastados por los datos obtenidos en la investigación de la Dra. George R. (2015) datos que refuerzan el patrón de frecuencias obtenidos en esta tesis (Tabla 23), en sus resultados del análisis de población mexicana, reporta frecuencias altas para diente en pala, cresta canina distal, hipocono, protostílido, pala inferior y cúspide 5 inferior, frecuencias medias en los caracteres , tubérculo de Carabelli, cresta distal canina inferior, fóvea anterior y pliegue acodado, y frecuencias bajas en, curvatura labial, cúspide 5 superior, cúspide 6 y 7 inferior. Cabe mencionar que estos datos son solo de población mexicana del centro del país, sin embargo en el manuscrito de la Dra. George también utiliza muestras de hispanos del sur de Estados Unidos y de personas indocumentadas que perdieron la vida en la frontera, donde concluye que, si hay suficiente variación biológica entre las muestras mexicana e hispana del suroeste, sin embargo difieren en algunos caracteres, lo que apoya a la idea de que la caracterización de cada zona de nuestro país es necesaria, por la diversidad biológica y el mestizaje.

Comparando los dos patrones (George 2015 y esta tesis) algunos caracteres que no concuerdan son el protostílido y la pala inferior, los cuales en esta tesis presentan frecuencias bajas, esto se podría explicar por la naturaleza de las muestras utilizadas en cada investigación la Dra. George utiliza muestras óseas y en esta tesis modelos dentales, aunado a que los grados de expresión de estos caracteres pueden ser poco perceptibles, pueden perderse en el proceso para obtener el modelo dental.

Por último, basado en las características dentales distintivas por regiones, descritas por Scott y Turner (1997) y relacionando las frecuencias obtenidas, se puede clasificar a las tres muestras de este estudio en el grupo Eurasia y Sino-América.

Lo que sustenta una vez más que la caracterización de la población mexicana es de suma importancia, debido a que, en un caso forense, la categorización de un individuo mediante las bases de datos de referencia actuales resulta insuficiente para su identificación, por las pocas referencias de estudios que puedan sustentar su ascendencia como mexicana.

Rasgo	Frecuencias		
	0-25	26 -50	51-100
<b>Rotación</b>	Colección osteologica Dhangú- Hidalgo		
<b>Pala</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteologica Dhangú- Hidalgo		
<b>Doble pala</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	
<b>Convexidad Labial</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense		Colección Odontológica Nacional de Interés Forense
<b>Surco</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	
<b>Tubérculo</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	
<b>Cresta mesial</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>Cresta distal</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>MxPAR m</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>MxPAR d</b>	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	
<b>MxPAR m</b>	Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	
<b>MxPAR d</b>	Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	
<b>Metacono</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo Colección Osteológica San Andrés		
<b>Hipocono</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo Colección Osteológica San Andrés		
<b>Cúspide 5</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	
<b>Tubérculo de Carabelli</b>	Colección Osteológica San Andrés		Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo
<b>Paristilo</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense		
<b>Fosa anterior</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección Osteológica San Andrés	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo
<b>Patrón de surco</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense
<b>No. Cúspides</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo Colección Osteológica San Andrés		

Tabla 23. Frecuencias bajas (0-25%) medias (26-50%) y altas (51-100) para cada carácter dental y muestra estudiadas

<b>Protostilido</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense		
<b>Cúspide 5 L</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>Cúspide 6</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>Cúspide 7</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección Osteológica San Andrés Colección osteológica Dhangu- Hidalgo		
<b>Variación lingual</b>	Colección Osteológica San Andrés	Colección osteológica Dhangu- Hidalgo Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	
<b>Pliegue acodado</b>		Colección Osteológica San Andrés	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense Colección osteológica Dhangu- Hidalgo

Continuación Tabla 23. Frecuencias bajas (0-25%) medias (26-50%) y altas (51-100) para cada carácter dental y muestra estudiadas

## Caracterización poblacional

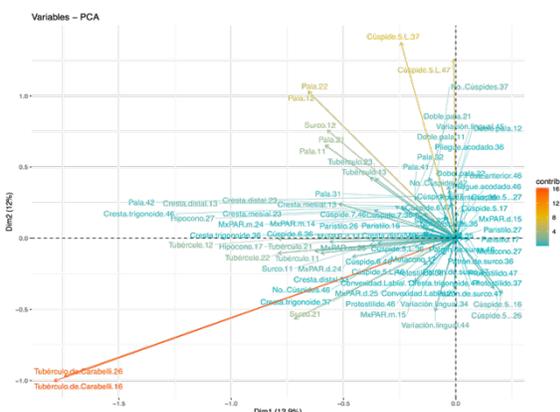
A lo largo de la caracterización de las muestras se han tomado como referencia dos caracteres principales, el tubérculo de Carabelli y el diente en pala que, si bien son discriminatorios, la utilidad de estos rasgos no ha sido probada formalmente (Heather, 2009) ya que el valor estas características morfológicas en la interpretación de la variación poblacional puede presentar una mimetización entre poblaciones. Ejemplo de ello investigaciones Hawkey (1998) y Correia (2000) que ha demostrado que en el tubérculo de Carabelli las frecuencias de los rasgos son variables en las poblaciones de todo el mundo y no es particularmente útil en muchas poblaciones.

Por lo que, tomar en cuenta la alta discriminación de otras variables es necesario para obtener un resultado específico para una población en particular, lo que se traduce en una caracterización necesaria para nuestra población.

Como se observó anteriormente se decidió realizar análisis en datos por grados y dicotómicos para evaluar el comportamiento de las variables en cada caso (Figura 42), donde se puede observar que los dos análisis comparten un gran número de variables, y basados principalmente en que en la historia de la estimación de ancestría en la antropología forense ha sido principalmente cualitativa. Sin embargo, en los últimos años, los estudios que utilizan la variación morfológica, han implementado métodos cuantitativos, para disminuir la subjetividad y la tasa de error, abriendo el panorama a nuevos enfoques usando los caracteres morfológicos detalles, donde se podría utilizar

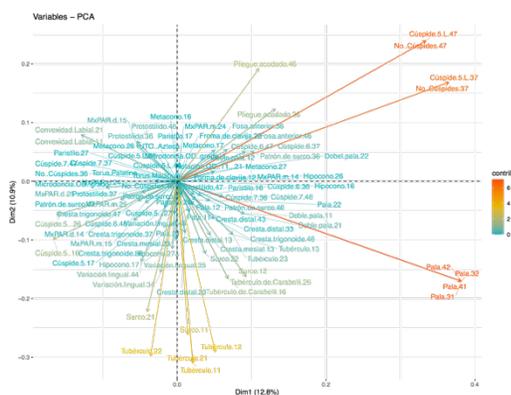
una mayor cantidad de rasgos, así como múltiples grados de expresión (en lugar de dicotomización), que aunados a la buena aplicación de las estadísticas, proporcione resultados mas confiables y reproducibles, retomando la discusión del error donde se menciona que los datos dicotomizados presentan un menor error, y basados en la idea anterior, los datos por grados de expresión podría igualar las circunstancias al ser analizados estadísticamente, como se observa (Tabla 42). Lo que amplia las opciones potenciales para las investigaciones forenses.

Dado que los estudios realizados con fines forenses utilizan ecuaciones de regresión lineal, así como la aplicación de probabilidades del Teorema de Bayes, la comparación de nuestra caracterización no puede ser contrastada directamente, sin embargo los resultados obtenidos muestran un buen patrón de aparición de las variables, lo que permite continuar investigaciones posteriores y al integrar una base de datos más extensa implementar la estadística aplicada en otras poblaciones ( Heather, 2005, 2009, 2013, 2015).



Variables mas discriminantes para datos de modelos dentales por grados de expresión (PCA 1 positivo)

1. Tubérculo de carabelli
2. Cúspide 5 inferior
3. Cresta distal
4. Tubérculo dental
5. Hipocono
6. Patrón del surco.
7. Pala



Variables mas discriminantes para datos de modelos dentales dicotomizados (PCA 1Negativo)

1. cúspide 5 inferior y superior
2. Pala,
3. Tubérculo dental
4. Tubérculo de Carabelli,
5. Surco dental
6. Hipocono
7. Convexidad labial,
7. Variación lingual
8. Pliegue acodado
9. Patrón del surco

Fig. 42. Comparación del comportamiento de las variables con mayor discriminación para cada tratamiento de los datos, a. por grados b. dicotomizados

## Evaluación interpoblacional de los caracteres dentales: tiempo

El patrón encontrado en las muestras del Norte, Centro y Sudamérica, muestra la formación de tres morfoespacios principales, delimitados por la región geográfica de la que proceden las muestras y por la temporalidad (Fig.43A)

Se observa una diferenciación temporal importante de las muestras, desde aquellas arqueológicas hasta las modernas, visualizada en el análisis de cluster, (Fig.44) lo que evidencia una vez más que el utilizar muestras arqueológicas como referencia para el tema de búsqueda y reconocimiento de personas en México, resulta insuficiente y puede incluir en los resultados elementos que no han sido considerados y al no ser detectados evita que sean evaluados y tomados en cuenta para una mejor interpretación, mencionando un ejemplo, al estimar la ancestría en muestras craneales, se utiliza como un estándar la base de datos de Howells la cual está conformada en su mayoría por muestras históricas (Del Rio, 2000) que si bien, está bien consolidada y estructurada, la conformación de nuevas bases de datos actuales es inminente y de suma importancia.

Otro aspecto importante observado fue la poca contribución del tubérculo de Carabelli a la discriminación de alguna de las poblaciones estudiadas, siendo la variable con menor discriminación. (Fig.43B).

Otra observación importante, al analizar los morfoespacios la zona arqueológica de Zoacalco queda fuera de ellos, sin embargo muestra una contribución casi igual a la de muestras modernas, lo que se observó mejor al implementar el análisis de cluster, y se puede confirmar que se une a las muestras modernas (Fig.44)

Por último en relación a todos los resultados obtenidos del presente trabajo se puede decir de manera general que las distancias observadas en las muestras principales son mínimas, lo que confirma que las diferencias morfológicas de los rasgos dentales no métricos entre las series de estudio se agrupan en un mismo morfoespacio, así como las muestras externas y de diferentes temporalidades logran separarse, lo que permite continuar de manera sustentada con la caracterización, y se puede hablar de un "complejo dental" característico para población mexicana.

1. Modelos
2. San Andrés
3. Danghu
4. Alabama
5. Arkansas
6. Norte de Arizona
7. Coahuila
8. Tlatelolco
9. Cuicuilco
10. Yucatán
11. Panamá
12. Ecuador
13. Perú
14. Brasil
15. Zoocalco
16. La Barca
17. Cumatillo
18. Venustiano Carranza
19. El Chanal

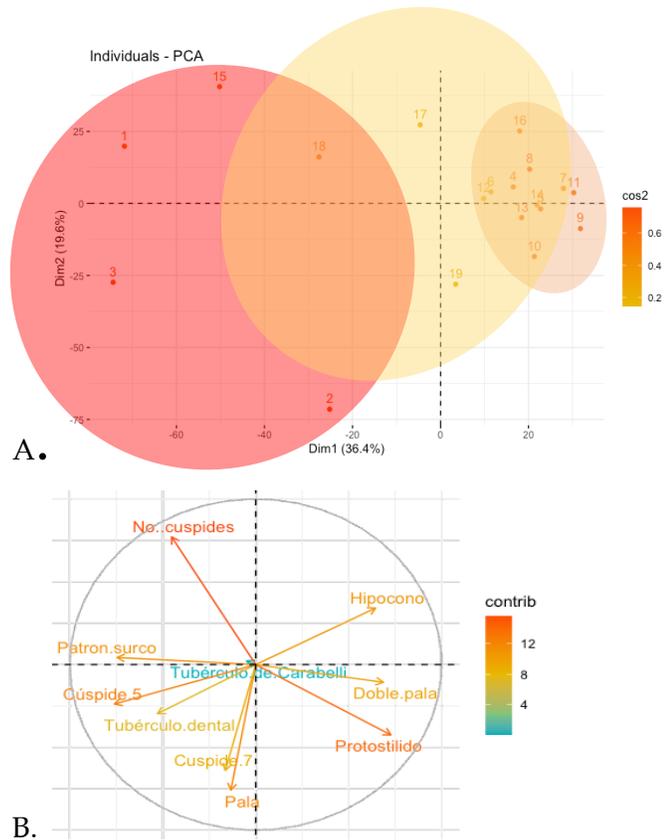


Fig. 43. A. Delimitación de morfoespacios del análisis interpoblacional B. Variables y su contribución.

## Sobre la plataforma rASUDAS

Es una herramienta que presenta una forma practica, sistematizada, muy bien ejecutada y con un buen sustento para tratar los datos de los caracteres dentales sin embargo las frecuencias de los rasgos se basan en datos arqueológicos recopilados por Christy G. Turner, que, si bien puede haber pocos cambios en los rasgos morfológicos dentales a lo largo del tiempo, la aplicabilidad de las muestras de referencia en el trabajo de casos forense se encuentra lejos de ser óptimo, este caso para población mexicana.

Por otro lado, al ser una herramienta nueva, son pocos los estudios realizados basados en ella y mucho menos en población contemporánea. Por ello es que se necesita la conformación de nuevas bases de datos, que permitan validar a esta herramienta para y así construir evidencia de su aplicación al contexto mexicano o, en su defecto, poder realizar una adaptación de esta herramienta.

Con respecto a la integración de nuevas poblaciones y temporalidades los creadores de la plataforma han recibido peticiones del Instituto Nacional de Justicia para crecer la muestra de referencia de rASUDAS e incluir las estimaciones de ascendencia basadas en Heather (2013) las cuáles incluyen (EA= europeo americano, AA=

afroamericano, HISP= hispano) (Pilloud 2018), que no integran a la población mexicana por la falta de estudios realizados; lo que sesga la clasificación al proporcionar una aproximación al grupo “hispano” dejando de lado que la gran variabilidad biológica presente en este grupo.

Uno de los últimos estudios realizados con esta herramienta se realizó en el año 2019, para la estimación de la ascendencia dental en un esqueleto humano de 1500 años de antigüedad, originario de Eslovenia. El objetivo de la investigación fue estimar si este individuo pertenecía a un grupo de ascendencia de Eurasia occidental o de Asia oriental con probabilidades de 99,97% y 0,03%, respectivamente mediante el análisis de su morfología dental, el individuo presentaba 14 dientes maxilares y 16 dientes mandibulares, sustentado el uso de órganos dentales por su preservación, y la confiabilidad del método (Štampfelj, 2019). Lo anterior, demuestra su eficacia de clasificación entre muestra de la misma temporalidad. Sin embargo, en los datos obtenidos para los modelos dentales de esta tesis de los 50 individuos, el 48% de la muestra se agrupó en Asia oriental y el 24% en Nativos Americanos, regiones que se agrupan en cluster presentado en Scott 2018 que, si bien muestran un origen en común, el sesgo de la clasificación es amplio. Lo que demuestra que el tratar de inferir una estimación en este caso la ancestría no daría resultados óptimos para una investigación forense. Por lo que se pretende que los datos obtenidos en esta investigación sirvan como referente para continuar explorando las posibilidades de la caracterización y asignación de la población mexicana a un grupo específico.

## Limitaciones

### Muestra

La selección de las muestras se limita solo al centro del país como primer acercamiento a este tipo de análisis, sin embargo, para continuar la caracterización, sería conveniente utilizar muestras de todo el país, los hospitales con servicio de odontología, tanto públicos como privados, son reservorios de muestras que podrían, dada la crisis forense que acontece en el país, ser parte de muestras para caracterización de la variabilidad poblacional.

Las muestras dentales presentaron en algunos individuos desgaste y pérdidas, a pesar de su muy buena preservación, lo que redujo la cantidad de muestra.

Otro factor limitante es la calidad del yeso, las reconstrucciones y el desgaste dental, extracciones dentales, al ser modelos de tratamientos de ortodoncia ya han sido sometidos los pacientes a un tratamiento previo. Sin embargo, los dientes con desgaste, caries o cálculo se pueden observar con limitaciones, así como que solo pueden ser observados caracteres corales.

## Sobre la estimación de ancestría

En México existen múltiples problemas para la estimación de ancestría, desde la ausencia de estudios que analicen muestras contemporáneas mexicanas, para caracterizar a la población así como para la conformación de una base de datos, aunado a esto, la poca importancia, difusión e instrucción sobre la estimación de ancestría y que la mayoría de metodologías son dirigidas a otras poblaciones, por lo que en el supuesto de la resolución para una identificación forense, el individuo de estudio podría solo agruparse en población Asiática o Nativa americana, poblaciones de las cuales existe un gran número de estudios y bases de datos, lo cual no aporta información útil, por lo que hay mucho trabajo para la adaptación de metodologías, para el contexto forense en poblaciones contemporáneas, específicamente mexicana (Heathe., 2013, 2005, George. 2015).

Y por último la falta de recursos y personal que realice la estimación de ancestría, así como la poca divulgación o falta de apego de los responsables de las actividades de identificación a los nuevos métodos y el poco interés hacia esta estimación, por lo que muchas de las veces se omiten o se obvia el dato de la ancestría. Aunado a esto en la formación de los profesionales responsables de la identificación de personas, se debe incluir la identificación de las variables en la morfología dental al igual que con cualquier aspecto del análisis dentro de la antropología forense (por ejemplo, variables métricas y no métricas craneales). De la formación adecuada depende el correcto registro y aplicación de los datos obtenidos a partir de los dientes, así como el reconocer que estos elementos son importantes en el aporte de elementos, para la buena resolución de un caso.

## Perspectivas muestrales y bases de datos

La carencia de bases de datos de referencia para muestras contemporáneas mexicanas con contexto forense, tanto para rasgos morfoscópicos dentales como craneales, expone una deficiencia en la estimación de ancestría, lo cual pudimos comprobar en el análisis interpoblacional realizado en esta tesis, que muestra claramente la separación de muestras modernas y arqueológicas, al no contar con suficientes referencias, el individuo sería clasificado como Asiático principalmente, como se observó en la validación de rASUDAS, Por lo que este estudio y la base de datos generada, contribuirá a las siguientes investigaciones al poder ser utilizada como una referencia. Debido a los cambios en las poblaciones y la importancia de la especificidad, los métodos desarrollados para aplicaciones de búsqueda y reconocimiento deben basarse y probarse en muestras de personas vivas o muy recientes, para cumplir el propósito de contribuir a la sociedad de manera inmediata

## Futuro inmediato de las investigaciones

Esta tesis permitió visualizar la importancia de la caracterización de la población mexicana, un primer reconocimiento de las variables más discriminantes para la población del centro del país, expuso de forma gráfica la diferencia entre poblaciones del norte y sur del continente, sin dejar de mencionar que la variabilidad dentro del país es igual de extensa, por lo que es de suma importancia considerar todas las regiones posibles de la república mexicana, destaco la importancia de el uso de muestras contemporáneas, así como la importancia y el gran aporte que pueden proporcionar los órganos dentales, específicamente sus características morfoscópicas.

Sirviendo de antecedente para futuras investigaciones, las cuales tiene que tener como objetivos principales, continuar con el fenotipado de la mayor parte de la población mexicana contemporánea, la implementación de estudios estadísticos complementarios a los presentados en la caracterización de las muestras de este estudio, contrastar los resultado con poblaciones externas contemporáneas para continuar evaluando las frecuencias y reconocimiento de las variables, esto es fundamental debido a que las frecuencia en un grupo asociado con un rasgo dental debe ser significativamente diferentes estadísticamente que en otros grupos y continuar evaluándolos permitirá reconocer, corroborar y confirmar los caracteres característicos para nuestra población y por ende la consolidación de métodos específicos, que contribuyan de manera, eficaz, objetiva, sustentada, de fácil aplicación y comprensión a la estimación de la ancestría, para atribuirle la importancia que merece y sea tomada en cuenta en mas investigaciones, y cumplir el objetivo principal de contribuir a la identificación y rehumanización de las personas localizadas sin vida.

# Conclusiones

- Se obtuvo una base de datos por grados y una base de datos dicotomizados para cada muestra, así como las frecuencias de cada rasgo dental, las cuales permiten el inicio de la individualización de la población, contemporánea del centro del país
- El realizar el análisis de error intraobservador permitió identificar el acuerdo observado en las muestras de modelos dentales y utilizar las observaciones con menores variaciones de error y así proporcionar datos confiables.
- Con base en los resultados obtenidos, utilizando el método ASUDAS se identificaron los caracteres morfoscópicos dentales de las muestras, se observaron mayores frecuencia en el rasgo de diente en pala aceptando la primera hipótesis, sin embargo en el caso del tubérculo de Carabelli las frecuencias fueron medias, y superadas por los caracteres, cresta canina mesial y distal, fosa anterior, patrón del surco, y pliegue acodado, los cuales en conjunto con los caracteres cúspide 5 inferior y superior, tubérculo dental, surco dental, hipocono, variación lingual, patrón del surco, conjunto de caracteres que son sugeridos para realizar la estimación de ancestría .
- Las muestras de las tres principales colecciones evaluadas muestran una corta distancia fenotípica y proporcional entre individuos en el morfoespacio debido a que provienen de la misma región del país, sin embargo, difieren en la aparición de algunos caracteres y sus frecuencias por lo que dentro de la misma región se presentan variabilidad la cual tiene que ser considerada para los futuros muestreos totales de la Republica mexicana o las regiones estratégicas.
- Al explorar la variación interpoblacional de los caracteres dentales evaluados para las muestras, de modelos y material dental contemporáneas y poblaciones externas prehispánicas aplicando el modelo de biodistancias como una forma de validar el cambio de dichos caracteres en función del tiempo, se rechaza la hipótesis de que presenten un patrón de igualdad entre las muestras. Ya que se observa claramente un sesgo ocasionado por la diferencia de temporalidad de las muestras, lo que es positivo como hallazgo para evitar el uso de bases de datos prehispánicas, arqueológicas o históricas en la resolución de casos forenses, concluyendo en que la temporalidad afecta el resultado de la estimación de ancestría.
- En la validación del método rASUDAS, se obtuvieron las asignaciones esperadas americanos nativos, europeos, y/ o derivados de Asia. El funcionamiento de la plataforma es muy bueno, sin embargo, aún no es aplicable para un contexto forense y mucho menos para población mexicana o “hispana”.

# Referencias bibliográficas

- Aldas M. Joaquín, Ezequiel Uriel.(2017) Análisis multivariante aplicado con R. 2ª ed. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Alt, Kurt. W, Sandra Pichler y Werner Vach (1995) “Dental morphology: Teeth as key structures for the detection of biological relationships”, en Ralf J. Radlanski y Herbert Renz (eds.), Proceedings of the 10 International Symposium on Dental Morphology,
- Alvares Villanueva Eliasib, Menendez Garendoa Antinea, Torres GuillerM, Sanchez Mejorada Gabriela Gómez Valdés Jorge A(2017). Análisis de funciones discriminantes para la estimación del sexo con la mandíbula en población mexicana. Revista Española de Medicina Legal , Elsevier.
- Angi M. Christensen Nicholas V. Passalacqua Eric J. Bartelink (2014) Forensic Anthropology: Current Methods and Practice, San Diego, CA, Elsevier.
- Aragón Natalia Carolina Bastidas,\* Lina Karen Bedón,\* Pilar Duque,\* Marcela Sánchez,\*Sandra Rivera,§ Francia Triana,|| Noel Bedoya,¶| Freddy Moreno.(2008) Rasgos morfológicos dentales coronales en dentición temporal y permanente: Distancia biológica entre tres grupos indígenas del Amazonas Colombiano, Revista Odontológica Mexicana, Vol. 12, Núm. 1.
- Armelagos, G. J., Carlson, D. S., & Van Gerven, D. P. (1982). The theoretical foundations and development of skeletal biology. In F. Spencer (Ed.), A history of American physical anthropology, 1930–1980 (pp. 305–328). New York: Academic Press.
- Ayala Pérez, Yolanda, Carralero Zaldívar, Leyanis de la Caridad, & Leyva Ayala, Beatriz del Rosario. (2018). La erupción dentaria y sus factores influyentes. Correo Científico Médico.
- Ayers H. G., Jantz R. L., Moore Jansen P.h. Giles (1990) Race discriminant functions revisited: A test using recent forensic cases. In Skeletal attribution of race. G. W. Gill and S Rhine (Eds.) Maxwell Museum of Anthropology, Anthropology Papers No. 4 65-71.
- Bajaj D., Arola D (2009). On the R-curve behaviour of human tooth enamel. Biomaterials. 30:4037-4046.
- Bianchi, Fábio José.(2007)Influência de fatores ambientais e genéticos relacionados com a agenesia dental e microdontia. / Fábio José Bianchi. --Piracicaba, SP : [s.n.],
- Birkby W. H. (1966) An ecaluation of race and sex identification from cranial measurements, American Journal of Physical Anthropology, 24:21-28.
- Bodmer, W. F. y Cavalli-Sforza, L. L. (1976), Genetics, evolution and man, W. H. Freeman, San Francisco, EUA.
- Bollini, G. A.; Rodríguez Flores, C. D.; Colantonio, S. E. & Méndez, M. G. (2006) Morfología dental de una serie prehistórica de araucanos provenientes de la Patagonia argentina y su relación biológica con otras poblaciones prehistóricas argentinas y del mundo. Int. J. Morphol., 24(4):705-712.
- Bonilla, C., Shriver, M.D., Parra, E.J. et al.(2004) Ancestral proportions and their association with skin pigmentation and bone mineral density in Puerto Rican women from New York city. Hum Genet 115, 57–68 . <https://doi.org/10.1007/s00439-004-1125-7>
- Brook, A. y Brook-O'Donnell, M. (2013). Modelling the complexity of the dentition. En G. Townsend G, E. Kanazawa and H. Takayama (Ed.), New directions in dental anthropology: Paradigms, methodologies and outcomes (pp. 1-9). Adelaide, Australia: University of Adelaide Press

- Brues, A. M. (1990) The once and future diagnosis of race. In *Skeletal Attributions of race*. G. W. Gill and S Rhine (Eds.) Maxwell Museum of Anthropology, Anthropology Papers No. 4 65-71
- Burglin, T. R., & Affolter, M. (2016). Homeodomain proteins: An update. *Chromosoma*, 125(3), 497–521.
- Cavalli-Sforza Luigi Luca, Paolo Menozzi, Alberto Piazza (1994) *The History and Geography of Human Genes*, Princeton University Press, Princeton New Jersey
- Cabero Almenara J., (2008), La formación en la sociedad del conocimiento. En *Las TICs en los contextos de formación universitaria*. INDIVISA Boletín de Estudios e Investigación. Monografía X. Madrid
- Cameriere, R.; Ferrante, L. & Cingolani, M.(2004) Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J. Forensic Sci.*, 49(2):317-9.
- Cerda L. Jaime Villarroel del P. Luis (2008) Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa, *Revista Chilena de Pediatría*.
- Cole Simon A. (2014) Individualization is dead, long live individualization! Reforms of reporting practices for fingerprint analysis in the United States, *Law, Probability and Risk* 13, 117–150.
- Cox Margaret, Mays Simons (2000) *Human Osteology: In Archaeology and Forensic Science*, Cambridge University Press
- Cucina Andrea (2013) Intra-population dental morphological variability among the Prehispanic Maya, Elsevier, *HOMO - Journal of Comparative Human Biology*, Mérida, Yucatán, Mexico.
- Cucina A., Navarro A. (2016) La evolución de la morfología dental en el norte de Yucatán: de lo prehispánico a lo moderno, *Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán*, xviii-1: 31-46, México., issn 1405-5066.
- Cucina Andrea (2003) Las poblaciones caribeñas desde el tercer milenio A.C. a la conquista española: Las filiaciones biológicas desde la perspectiva antropológica dental. *Estudios de Antropología Biológica*, XI:913-927, México.
- Dahlberg, A. (1971) "Penetrance and expressivity of dental traits ". (ed.), *Dental morphology and evolution*, University of Chicago Press.
- Daris R. Swindler (2002) *Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates* Cambridge University Press.
- De la Fuente Fernandez Santiago,(2011) *Análisis de conglomerados*, Facultad Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid
- Demirjian, A.; Goldstein, H. & Tanner, J. M. A(1973) new system of dental age assessment. *Hum. Biol*, 45(2):211-7.
- Edwards Richard (2016) UPGMA Worked Example, Extraído de <http://www.slimsuite.unsw.edu.au/teaching/upgma/>
- FALCONER, D. S., 1989 *Introduction to Quantitative Genetics*, Ed. 3. Longmans Green/John Wiley & Sons, Harlow, Essex, UK/New York.
- Fielding F, Alston C, Dwyer M, Hamilton G, Johnson S, McVinish R, Peterson 647 N and Mengersen K (2007). Development of an 648 Integrating Framework for the Lyngbya Research and Management 649 Program 2005-2007 Bayesian Belief Networks. (Brisbane, Australia: 650 Healthy Waterways Partnership) pp 1-39

- Fiscalía General de la República (2015) Protocolo para el Tratamiento e Identificación Forense, <https://www.gob.mx/fgr/documentos/protocolo-para-el-tratamiento-e-identificacion-forense>.
- Fisher, T. D. and Gill G.W. (1990) Application of the Giles & Elliot discriminant function formulae to a cranial sample of Northwestern Plains Indians, in G. W. Gill and Rhine (eds), *Skeletal Attribution of Race*, pp 59-63. Albuquerque, NM: Maxwell Museum of Anthropology.
- Flores Serrano Alejandra (2008) *Morfología dental y mestizaje en una población contemporánea de Zimapán, Hidalgo. Rasgos morfológicos dentales* Tesis Licenciatura Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Flores Vladimir (2015) *Embriología humana: bases moleculares y celulares de la histogénesis, la morfogénesis y las alteraciones del desarrollo*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Médica Panamericana.
- Fonseca, G. M.; Aranburu, G.; Rodríguez, I.; Bollini, G. A.; Atencio, J. P.; Berta, M. J.; López Lázaro, S.; Cantín, M. & Lissera, R. G. (2016) Desarrollo de la investigación sobre variación morfológica de poblaciones históricas Sudamericanas utilizando rasgos dentales no métricos. *Int. J. Morphol.*, 34(1):116-126.
- Fonseca, G. M.; Cantín, M. & Lucena, J. (2013) *Odontología Forense II: La Identificación Inequívoca*. *Int. J. Odontostomat.*, 7(2):327-334.
- Fujimoto, A., Ohashi, J., Nishida, N. et al. A (2008) replication study confirmed the EDAR gene to be a major contributor to population differentiation regarding head hair thickness in Asia. *Hum Genet* 124, 179–185. <https://doi.org/10.1007/s00439-008-0537-1>.
- García Barzola Bárbara Lizbeth, Hernández López Elizabeth (2015) Los aportes de los marcadores de actividad física en la identificación humana: Revisión de propuestas metodológicas. *Estudios de antropología biológica*, XVII:29-73, México.
- García, Juan Cardentey, Carmona Concepción, Juan A, González García, Xiomara, González Rodríguez, Raidel, & Labrador Falero, Dunia M. (2014). Atrición dentaria en la oclusión permanente. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 18(4), 566-573.
- Garn S. M., Lewis A. B., Swindler D. R., Kerewsky R. S. (1967). Genetic control of sexual Dimorphism in Tooth Size. *Journal of Dental Research*.
- Garn SM, Dahlberg AA, Lewis AB y Kerewsky RS. (1966). Groove pattern, cusp number, and tooth size. *Journal Dental Research*, 45:970.
- Gehring, W. J. (1985). *The homeo box: A key to the understanding of development?* University of Basel, Switzerland.
- George Rebecca (2015) *Non-Metric And Metric Dental Assessment Of Ancestry In Contemporary Mexican Individuals: An Aid To Identifying Undocumented Border Crossers*, Faculty of California State University, Chico.
- Gómez de Ferraris E., Campos Muños A. (2019) *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*, Panamericana.
- Gómez-Valdés Jorge Alfredo (2008) *Antropología dental en poblaciones del Occidente de Mesoamérica*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia Colección Premios INAH.
- González, A. (1999): *Infancia y Adolescencia en la Murcia Musulmana. Estudio de Restos Óseos* [Tesis Doctora]. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

- González, P. N., Bernal, V., y Perez, S. I. (2009). Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis. *Forensic Science International*, 189(1-3), 68-74.
- Gregory E. Berg (2014) Biological affinity and sex from the mandible utilizing multiple world populations, *Biological affinity in forensic identification of human skeletal remains: Beyond black and white*
- Grüneberg H. (1952). Genetical studies on the skeleton of the mouse. IV. Quasi-continuous variations. *Journal of Genetics*, 51:95-114.
- Hanihara K. (1993). Population prehistory of East Asia and the Pacific as viewed from craniofacial morphology: the basic populations in East Asia, VII. *American Journal of Physical Anthropology*, 91:173-187.
- Hanihara, T., Ishida, H., & Dodo, Y. (2003). Characterization of biological diversity through analysis of discrete cranial traits. *American Journal of Physical Anthropology*, 121(3), 241– 251. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10233>.
- Harris Ef. & Rathburn TA (1991) Ethnic differences in the apportionment of tooth sizes. En: *Advances in dental anthropology*. Eds. Kelly MA y Larsen CS. Wiley-Liss, New York. pp. 121-142.
- Hauser, G., and De Stefano, G. F. (1989). *Epigenetic variants of the human skull*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Schweizerbart, Stuttgart, Germany.
- Heather, J.H. Edgar, Shamsi Daneshvari, Edward F. Harris, and Philp J. Kroth (2011) Inter-Observer Agreement on Subjects' Race and Race-Informative Characteristics. *PLoS ONE* 6(8): 1-8.
- Heather, J.H., Edgar (2002) *Biological Distance and the African American Dentition*. Ph.D. Dissertation, Department of Anthropology, The Ohio State University.
- Heather, J.H., Edgar (2005) Prediction of race using characteristics of dental morphology. *J Forensic Sci* 2005;50:269–73.
- Heather, J.H., Edgar (2013). Estimation of Ancestry Using Dental Morphological Characteristics. *Journal of Forensic Sciences* 58(S1): S3-S8. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02295>.
- Hefner Joseph T. Ousley Stephen D. (2014) Statistical Classification Methods for Estimating Ancestry Using Morphoscopic Traits, *Journal of Forensic Sciences* Volume 59, Issue 4, Pages 883-890
- Herskovits P. (1971) Basic crown tooth pattern and cusp homologies of mammalian teeth. In: Dahlberg AA (ED.) *Dental Morphology and evolution*. The University of Chicago Press. p. 95-148.
- Hoppa Robert D. (2000) Population variation in osteological aging criteria: An example from the pubic symphysis, *Am J Phys Anthropol* 111:185–191
- Hünemeier Tabita. Et.Al. (2013). Frecuencias de un alelo del gen EDAR en totonacos de la sierra norte de Puebla y mestizos de la ciudad de México, *Estudios de Antropología Biológica*, xvi: 453-464, México, issn 1405-5066.
- Irish, J. D., & Guatelli-Steinberg, D. (2003). Ancient teeth and modern human origins: An expanded comparison of African Plio-Pleistocene and recent world dental samples. *Journal of Human Evolution*, 45(2), 113– 144.
- Irish, Joel D.(1997) Characteristic High- and Low-Frequency Dental Traits in Sub-Saharan African Populations. *American Journal of Physical Anthropology* 102: 455-467.

- Jernvall Jukka, Thesleff Irma (2012) Tooth shape formation and tooth renewal: evolving with the same signals  
Published by The Company of Biologists Ltd, Development doi:10.1242/dev.085084.
- Jernvall, J. 2000. Linking development with generation of novelty in mammalian teeth. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97: 2641–2645
- Jernvall, J., and H.-S. Jung. 2000. Genotype, Phenotype, and developmental biology of molar tooth characters. *Yrbk. Phys. Anthropol.* 43: 171–190.
- Jernvall, J., and H.-S. Jung. 2000. Genotype, Phenotype, and Developmental Biology of Molar Tooth Characters. *Yearbook of Physical Anthropology* 43:171–190.
- Joel D. Irish, Wendy Black, Judith Sealy, Rebecca Rogers Ackermann, (2014) Questions of khoesan continuity: Dental affinities among the indigenous holocene peoples of South Africa  
<https://doi.org/10.1002/ajpa.22526>.
- Kelso, A. J (1974) *Physical anthropology: An introduction*, HarperCollins Publishers
- Kielan-Jaworowska Z, Cifelli RL, Luo Z-X (2004) *Mammals from the age of dinosaurs*. New York: Columbia University Press.
- Kimura R. T. (2009) A common variation in EDAR is a genetic determinant of shovel-shaped incisors, *The American Journal of Human Genetics*, 85: 528-535.
- Klimentidis Yann C., Geoffrey F. Miller, Mark D. Shriver, (2009) Genetic admixture, self-reported ethnicity, self-estimated admixture, and skin pigmentation among Hispanics and Native Americans  
<https://doi.org/10.1002/ajpa.20945>
- Landis J, Koch G: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-74.
- Luo Z-X (2007) Transformation and diversification in early mammal evolution. *Nature* 450: 1011–1019.
- Luque Cabrera Jose, Herráez Sánchez (2006) *Biología Molecular e Ingeniería Genética Conceptos, Técnicas y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*, Elsevier, Madrid.
- M. Katherine Spradley Ph.D., Richard L. Jantz Ph.D., Ancestry (2016) Estimation in Forensic Anthropology: Geometric Morphometric versus Standard and Nonstandard Interlandmark Distances.  
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.13081>
- McGee R. Jon, Warms Richard L. (2012) *Anthropological theory : an introductory history* McGraw-Hill, New York
- Mirás Calvo Miguel Ángel, Sánchez Rodríguez Estela (2018) *Técnicas estadísticas con hoja de cálculo y R Azar y variabilidad en las ciencias naturales*, Universidad de Vigo Servizo de Publicaciones.
- Mizoguchi, K. (2013). The Archaeology of Japan. In *The Archaeology of Japa: From the Earliest Rice Farming Villages to the Rise of the State* (Cambridge World Archaeology, pp I-II) Cambridge: Cambridge University Press.
- Moradian-Oldak Janet (2013) Protein- mediated enamel mineralization NIH-PA, Los Angeles, CA. USA.
- Moreno S. Moreno F. (2007) Importancia clínica de la antropología dental *Revista Estomatología Volumen 15 N° 2 Supl. 1*.
- Moskona D, Vainder M, Hershkovitz I y Kobylansky E. 1996. Dental Bilateral asymmetry in dental discrete traits in human isolates: South Sinai Bedouin tribes . *Anthropologischer Anzeiger*, 55 (4): 289-306.
- Nichol CR. (1989). Complex segregation analysis of dental morphological variants. *American Journal of Physical Anthropology*, 78(1):37-59.

- Ortiz Ruiz Leo (2020). Variación craneofacial en población mexicana: estimación de ancestría biogeográfica para la identificación forense. Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Osborn JM, Tencate AR. (2003) Dentine sensitivity. En: Advances dental histology. 4ed. Bristol: Editorial Wright PSG; p. 109-17.
- Pérez-Pérez A, Galbany J, Romero A, Martínez LM, Estebananz F, Pinilla B, Gamarra B (2010) Origen y evolución de los dientes: de los cordados primitivos a los humanos modernos, Rev. Esp. Antrop. Fís. 31: 167-192 .
- Pilloud MA, Adams DM, Hefner JT. (2019) Observer error and its impact on ancestry estimation using dental morphology. *Int J Legal Med.*;133(3):949-962. doi: 10.1007/s00414-018-1985-3. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30564914.
- Pilloud Marin A, Hefner., Joseph T. (2016) *Biological Distance Analysis: Forensic and Bioarchaeological Perspectives*, Elsevier.
- Pompa y Padilla ,José A. 1990), *Antropología dental. Aplicación en poblaciones prehispánicas. Colección Científica 195*, INAH, México.
- Pompa y Padilla ,José A. 1990), *Antropología dental. Aplicación en poblaciones prehispánicas. Colección Científica 195*, INAH, México.
- Quinonez, S. C., Innis, J. W. (2014). Human HOX gene disorders. *Molecular Genetics and Metabolism*.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramanathan Anand, (2017) Homeobox genes and tooth development: Understanding the biological pathways and applications in regenerative dental science, *Archives of Oral Biology*, Elsevier.
- Rodríguez L. 2001. *Antropología Dental de los Restos el "Hombre del Sidrón"*. Tesis de grado. Universidad de Oviedo, España.
- Ross Ann H., Slice Dennis E., Ubelaker Douglas H.(2014) *Population Affinities of Hispanic Crania: Implications for Forensic Identification, Biological Affinity in Forensic Identification of Human Skeletal Remains* , 1st Edition
- Sanchez-Herrero, E. (2013). *Hox targets and cellular functions*. Scientifica (Cairo).
- Schnutenhaus & Rosing FW (1998) World variation of tooth size. En: *Dental anthropology: fundamentals, limits, and prospects*. Eds. Alt KW, Rösing FW y Teschler-Nicola M. Springer, New York. pp. 521-535.
- Scott G. R. Pillou Marin A. (2018) rASUDAS A New Web-Based Application for Estimating Ancestry from Tooth Morphology *Forensic Anthropology Vol. 1, No. 1: 18–31 DOI 10.5744/fa.2018.0003* .
- Scott GR & Turner CG (1997) *The anthropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Scott, C. R. y Turner, C. C. (2000), *The Anthropology of Modern Human Teeth: Dental morphology and its Variation in Recent Human Populations*, Cambridge University Press. Nueva York.
- Senar J.C.(1999)*La Medición de la Repetibilidad y el Error de Medida, Temas actuales en Etología*, Museo de Zoología, Ap. Correus 593, 08080 Barcelona
- Skinner, M. M., and P. Gunz. 2010. The presence of accessory cusps in chimpanzee lower molars is consistent with a patterning cascade model of development. *J. Anat.*

- Smith P y Shegev, M. 1988. The dentition of Nubians from Wadi Halfa, Sudan: an evolutionary perspective. *Journal of the South African Dental Association*, 43, 539 - 541.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal (1973). *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification*. San Francisco, California, EE.UU., W. H. Freeman and Co.
- Thesleff I. (2006). The genetic basis of tooth development and dental defects. *Am J Med Genet Part A* 140A:2530–2535.
- Townsend GC y Martin R. 1992. Fitting Genetic Models to Carabelli Trait Data in South Australian Twins. *Journal of Dental Research*, 71:403-409.
- Tucker, A. S., & Sharpe, P. T. (1999). Molecular genetics of tooth morphogenesis and patterning: The right shape in the right place. *Journal of Dental Research*, 78(4),826–834. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345990780040201>.
- Turner C. G., Nichol, C. R. y Scott, G. R. (1991), "Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: The Arizona State University dental anthropology system", en Kelly, M. A. y Larsen, C. S. (eds.), *Advances in Dental Anthropology*, Wiley-Liss, Nueva York.
- Turner Cristy G. II, (1981) Dental evidence for the peopling of the America, Departamento de antropología, de la Universidad Estatal de Arizona.
- Turner Cristy G. II, MACHADO, Lilia C. A (1983). new dental wear pattern and evidences for high carbohydrate consumption in a brazilian archaic skeletal population. *Am. Journal of Phys. Anthropology*, n.61, p.125-30.
- Ubelaker Douglas H. (1989): *Human Skeletal Remains. Excavation, analysis, interpretation*. Washington: Taraxacum
- Ubelaker Douglas H. (1996) *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation, Manuals on Archeology Series No. 2*
- Udo Krenzer (2006) *Compendio de métodos antropológicos forenses , para la reconstrucción del perfil osteo-biológico, Antrpología dental, Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA, Guatemala.*
- White, T.D.; Pieter, A. (2005): *The human bone manual*. Burlington: Elsevier Academic Press.

## Bibliografía

- Cucina Andrea (2013) *Intra-population dental morphological variability among the Prehispanic Maya*, Elsevier, HOMO - *Journal of Comparative Human Biology*, Mérida, Yucatán, Mexico.
- Gómez de Ferraris E., Campos Muños A.(2019) *Histología, Embriología e Ingeniería Tisular Bucodental*, Panamericana.
- Hoppa Robert D. (2000) *Population variation in osteological aging criteria: An example from the pubic symphysis*, *Am J Phys Anthropol* 111:185–191

- Townsend GC y Martin R. 1992. Fitting Genetic Models to Carabelli Trait Data in South Australian Twins. *Journal of Dental Research*, 71:403-409.
- Aguilera Muños Felipe, Lopez Iázaro ,Sandra dDe-Luca, Stefano, Navarro-Cáceres, Pablo, & Fonseca, Gabriel M. (2019). Estimación de la Edad Dental en Ad Adultos Mediante Análisis de Relación de Área Pulpa/Diente en Premolares y Caninos Mandi bulares Mediante Ortopantomografías, en una Muestra Chilena *International Journal of Morphology*
- Aguirre Siancas Elías. (2017). Bases neurocientíficas de la función masticatoria y su efecto sobre el estrés y las funciones cognitivas. *Revista chilena de neuropsiquiatría*, 55(1), 9-17. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92272017000100002>.
- Aldas M. joaquín, Ezequiel Uriel.(2017) Análisis multivariante aplicado con R. 2ª ed. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Alvares Villanueva Eliasib, Menendez Garendoa Antinea, Torres Guillerm, Sanchez Mejorada Gabriela Gómez Valdés Jorge A(2017). Análisis de funciones discriminantes para la estimación del sexo con la mandíbula en población mexicana. *Revista Española de Medicina Legal* , Elsevier.
- Anand R., Thekkeparambil C., Prema S., Rosnah B., Noor H. (2018) Homeobox genes and tooth development: Understanding the biological pathways and applications in regenerative dental science *Archives of Oral Biology* Elsevier.
- Angi M. Christensen Nicholas V. Passalacqua Eric J. Bartelink (2014) *Forensic Anthropology: Current Methods and Practice*, San Diego, CA, Elsevier.
- Aragón Natalia Carolina Bastidas,\* Lina Karen Bedón,\* Pilar Duque,\* Marcela Sánchez,\*Sandra Rivera,§ Francia Triana,|| Noel Bedoya,¶| Freddy Moreno.(2008) Rasgos morfológicos dentales coronales en dentición temporal y permanente: Distancia biológica entre tres grupos indígenas del Amazonas Colombiano, *Revista Odontológica Mexicana*, Vol. 12, Núm. 1.
- Armelagos, G. J., Carlson, D. S., & Van Gerven, D. P. (1982). The theoretical foundations and development of skeletal biology. In F. Spencer (Ed.), *A history of American physical anthropology, 1930–1980* (pp. 305–328). New York: Academic Press.
- Ayala Pérez, Yolanda, Carralero Zaldívar, Leyanis de la Caridad, & Leyva Ayala, Beatriz del Rosario. (2018). La erupción dentaria y sus factores influyentes. *Correo Científico Médico*.
- Ayers H. G., Jantz R. L., Moore Jansen P.h. Giles (1990) Race discriminant functions revisited: A test using recent forensic cases. In *Skeletal attribution of race*. G. W. Gill and S Rhine (Eds.) Maxwell Museum of Anthropology, *Anthropology Papers* No. 4 65-71.
- Bajaj D., Arola D (2009). On the R-curve behaviour of human tooth enamel. *Biomaterials*. 30:4037-4046.
- Barraza, S. (2016) Identificación de cadáveres sometidos a altas temperaturas a partir de las características macroscópicas de sus órganos. *Univ Odontol* 35(74), 29-38.
- Birkby W. H. (1966) An ecaluation of race and sex identification from cranial measurements, *American Journal of Physical Anthropology*, 24:21-28.
- Bodmer, W. F. y Cavalli-Sforza, L. L. (1976), *Genetics, evolution and man*, W. H. Freeman, San Francisco, EUA.
- Bollini, G. A.; Rodríguez Flores, C. D.; Colantonio, S. E. & Méndez, M. G. (2006) Morfología dental de una serie prehistórica de araucanos provenientes de la Patagonia argentina y su relación biológica con otras poblaciones prehistóricas argentinas y del mundo. *Int. J. Morphol.*, 24(4):705-712.
- Brand Richard W. (1999) *Anatomía de las estructuras orofaciales*. Madrid, España, Harcourt Brace.

- Brues, A. M. (1990) The once and future diagnosis of race. In Skeletal Attributions of race. G. W. Gill and S Rhine (Eds.) Maxwell Museum of Anthropology, Anthropology Papers No. 4 65-71
- Burglin, T. R., & Affolter, M. (2016). Homeodomain proteins: An update. *Chromosoma*, 125(3), 497–521.
- Cameriere, R.; Ferrante, L. & Cingolani, M. Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *J. Forensic Sci.*, 49(2):317-9, 2004.
- Cerda L. Jaime Villarroel del P. Luis ( 2008) Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa, *Revista Chilena de Pediatría*.
- Cole Simon A. (2014) Individualization is dead, long live individualization! Reforms of reporting practices for fingerprint analysis in the United States, *Law, Probability and Risk* 13, 117–150.
- Correia A, Pina C: (2000) Tubercle of Carabelli: a review. *Dental Anthropol J*;15:18–21.
- Cucina A., Navarro A. ( 2016) La evolución de la morfología dental en el norte de Yucatán: de lo prehispánico a lo moderno, Facultad de Ciencias Antropológicas, Universidad Autónoma de Yucatán, xviii-1: 31-46, México., issn 1405-5066.
- Cucina Andrea (2003) Las poblaciones caribeñas desde el tercer milenio A.C. a la conquista española: Las filiaciones biológicas desde la perspectiva antropológica dental. *Estudios de Antropología Biológica*, XI:913-927, México.
- Cucina Andrea (2013) Afinidades biológicas y dinámicas poblacionales entre los antiguos mayas: una visión multidisciplinaria, UADY, Mérida, Yuc.
- Dahlberg, A. (1971) "Penetrance and expressivity of dental traits ". (ed.), *Dental morphology and evolution*, University of Chicago Press.
- Daris R. Swindler (2002) *Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates* Cambridge University Press.
- Demirjian, A.; Goldstein, H. & Tanner, J. M. A new system of dental age assessment. *Hum. Biol*, 45(2):211-7, 1973
- Esponda Vila R. (2002) *Anatomía dental*, México Distrito Federal, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Fiscalía General de la República (2015) *Protocolo para el Tratamiento e Identificación Forense*, <https://www.gob.mx/fgr/documentos/protocolo-para-el-tratamiento-e-identificacion-forense>.
- Flores Serrano Alejandra (2008) *Morfología dental y mestizaje en una población contemporánea de Zimapán, Hidalgo. Rasgos morfológicos dentales* Tesis Licenciatura Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Flores Vladimir (2015) *Embriología humana: bases moleculares y celulares de la histogénesis, la morfogénesis y las alteraciones del desarrollo*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Médica Panamericana.
- Fonseca, G. M.; Aranburu, G.; Rodríguez, I.; Bollini, G. A.; Atencio, J. P.; Berta, M. J.; López Lázaro, S.; Cantín, M. & Lissera, R. G. (2016) Desarrollo de la investigación sobre variación morfológica de poblaciones históricas Sudamericanas utilizando rasgos dentales no métricos. *Int. J. Morphol.*, 34(1):116-126.
- Fonseca, G. M.; Cantín, M. & Lucena, J. (2013) Odontología Forense II: La Identificación Inequívoca. *Int. J. Odontostomat.*, 7(2):327-334.
- Fujimoto, A., Ohashi, J., Nishida, N. et al. A (2008) replication study confirmed the EDAR gene to be a major contributor to population differentiation regarding head hair thickness in Asia. *Hum Genet* 124, 179–185. <https://doi.org/10.1007/s00439-008-0537-1>.

- García Barzola Bárbara Lizbeth, Hernández López Elizabeth (2015) Los aportes de los marcadores de actividad física en la identificación humana: Revisión de propuestas metodológicas. *Estudios de antropología biológica*, XVII:29-73, México.
- García, Juan Cardentey, Carmona Concepción, Juan A, González García, Xiomara, González Rodríguez, Raidel, & Labrador Falero, Dunia M. (2014). Atrición dentaria en la oclusión permanente. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, 18(4), 566-573.
- Garn S. MLewis A. B. Swindler D. R., Kerewsky R. S. (1967). Genetic control of sexual Dimorphism in Tooth Size. *Journal of Dental Research*.
- Garn SM, Dahlberg AA, Lewis AB y Kerewsky RS. (1966). Groove pattern, cusp number, and tooth size. *Journal Dental Research*, 45:970.
- Gehring, W. J. (1985). The homeo box: A key to the understanding of development? University of Basel, Switzerland.
- George Rebecca (2015) Non-Metric And Metric Dental Assessment Of Ancestry In Contemporary Mexican Individuals: An Aid To Identifying Undocumented Border Crossers, Faculty of California State University, Chico.
- Gómez-Valdés Jorge Alfredo (2008) Antropología dental en poblaciones del Occidente de Mesoamérica, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia Colección Premios INAH.
- Gregory E. Berg (2014) Biological affinity and sex from the mandible utilizing multiple world populations, Biological affinity in forensic identification of human skeletal remains: Beyond black and white
- Grüneberg H. (1952). Genetical studies on the skeleton of the mouse. IV. Quasi-continuous variations. *Journal of Genetics*, 51:95-114.
- Guerrero S. Melo Óscar (2017) Una metodología para el tratamiento de la multicolinealidad a través del escalamiento multidimensional *Ciencia en Desarrollo*, Vol. 8 No. 2 ISSN 0121-7488 P. 9-24.
- Gurrea Arroyo J. (2011) Matriz de silicona transparente para replicar la anatomía oclusal, *Maxillaris: Actualidad profesional e industrial del sector dental*, ISSN 1139-1626, Vol. 13, N.º. 139 (ENE)..
- Hanihara K. (1993). Population prehistory of East Asia and the Pacific as viewed from craniofacial morphology: the basic populations in East Asia, VII. *American Journal of Physical Anthropology*, 91:173-187.
- Hanihara, T., Ishida, H., & Dodo, Y. (2003). Characterization of biological diversity through analysis of discrete cranial traits. *American Journal of Physical Anthropology*, 121(3), 241– 251. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10233>.
- Harris Ef. & Rathburn TA (1991) Ethnic differences in the apportionment of tooth sizes. En: *Advances in dental anthropology*. Eds. Kelly MA y Larsen CS. Wiley-Liss, New York. pp. 121-142.
- Hauser, G., and De Stefano, G. F. (1989). *Epigenetic variants of the human skull*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Schweizerbart, Stuttgart, Germany.
- Hawkey DE, Turner CG II (1998) Carabelli's trait and forensic anthropology: whose teeth are these?; in Lukacs JR (ed): *Human Dental Development, Morphology, and Pathology: A Tribute to Albert A. Dahlberg*. Eugene, Department of Anthropology, University of Oregon , pp 41–50.
- Heather, J.H. Edgar, Shamsi Daneshvari, Edward F. Harris, and Philp J. Kroth (2011) Inter-Observer Agreement on Subjects' Race and Race-Informative Characteristics. *PLoS ONE* 6(8): 1-8.

- Heather, J.H., Edgar (2005) Prediction of race using characteristics of dental morphology. *J Forensic Sci* 2005;50:269–73.
- Heather, J.H., Edgar (2013). Estimation of Ancestry Using Dental Morphological Characteristics. *Journal of Forensic Sciences* 58(S1): S3-S8. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2012.02295>.
- Hefner Joseph T. (2009) Cranial Nonmetric Variation and Estimating Ancestry, *Journal of Forensic Sciences*, Volume 54, Issue\_5, Pages 985-995
- Hefner Joseph T. Ousley Stephen D. (2014) Statistical Classification Methods for Estimating Ancestry Using Morphoscopic Traits, *Journal of Forensic Sciences* Volume\_59, Issue\_4, Pages 883-890
- Hershkovits P. (1971) Basic crown tooth pattern and cusp homologies of mammalian teeth. In: Dahlberg AA (ED.) *Dental Morphology and evolution*. The University of Chicago Press. p. 95-148.
- Hünemeier T. Et.Al. (2013). Frecuencias de un alelo del gen EDAR en totonacos de la sierra norte de Puebla y mestizos de la ciudad de México, *Estudios de Antropología Biológica*, xvi: 453-464, México, issn 1405-5066.
- Irish, J. D., & Guatelli-Steinberg, D. (2003). Ancient teeth and modern human origins: An expanded comparison of African Plio-Pleistocene and recent world dental samples. *Journal of Human Evolution*, 45(2), 113– 144.
- Jernvall Jukka, Thesleff Irma (2012) *Tooth shape formation and tooth renewal: evolving with the same signals* Published by The Company of Biologists Ltd, Development doi:10.1242/dev.085084.
- Kelso, A. J (1974) *Physical anthropology: An introduction*, HarperCollins Publishers
- Kielan-Jaworowska Z, Cifelli RL, Luo Z-X (2004) *Mammals from the age of dinosaurs*. New York: Columbia University Press.
- Kimura R. T. (2009) A common variation in EDAR is a genetic determinant of shovel-shaped incisors, *The American Journal of Human Genetics*, 85: 528-535.
- Kraus BS, Jordan RE y Abrams L.1972. *Anatomía Dental y Oclusión: un estudio del sistema masticatorio*. Nueva Editorial Interamericana, S.A., México, DF. 318 pp.
- Kuratani, S., Nobusada, Y., Horigome, N., & Shigetani, Y. (2001). Embryology of the lamprey and evolution of the vertebrate jaw: insights from molecular and developmental perspectives. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 356(1414), 1615–1632. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0976>.
- Kuratani, S., Nobusada, Y., Horigome, N., & Shigetani, Y. (2001). Embryology of the lamprey and evolution of the vertebrate jaw: insights from molecular and developmental perspectives. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 356(1414), 1615–1632. doi:10.1098/rstb.2001.0976.
- Labajo González, Elena (2009). *Métodos de necroidentificación individual en Odontostomatología* (pre-print review). *Gaceta Dental*, 207 238-247.
- Latarjet M., Ruiz Liard A.,(2012) *Anatomía humana, Médica Panamericana*, Buenos Aires.
- Luo Z-X (2007) Transformation and diversification in early mammal evolution. *Nature* 450: 1011–1019.
- Luque Cabrera Jose, Herráez Sánchez (2006) *Biología Molecular e Ingeniería Genética Conceptos, Técnicas y Aplicaciones en Ciencias de la Salud*, Elsevier, Madrid.
- McGee R. Jon, Warms Richard L. (2012) *Anthropological theory : an introductory history* McGraw-Hill, New York

- Mirás Calvo Miguel Ángel, Sánchez Rodríguez Estela (2018) Técnicas estadísticas con hoja de cálculo y R Azar y variabilidad en las ciencias naturales, Universidad de Vigo Servizo de Publicaciones.
- Mizoguchi, K. (2013). The Archaeology of Japan. In *The Archaeology of Japa: From the Earliest Rice Farming Villages to the Rise of the State* (Cambridge World Archaeology, pp I-II) Cambridge: Cambridge University Press.
- Moradian-Oldak Janet (2013) Protein- mediated enamel mineralization NIH-PA, Los Angeles, CA. USA.
- Moreno S. Moreno F. (2007) Importancia clínica de la antropología dental Revista Estomatología Volumen 15 N° 2 Supl. 1.
- Moskona D, Vainder M, Hershkovitz I y Kobylansky E. 1996. Dental Bilateral asymmetry in dental discrete traits in human isolates: South Sinai Bedouin tribes. *Anthropologischer Anzeiger*, 55 (4): 289-306.
- Nah-Young Shin, Hajime Yamazaki (2020) Amelogenin phosphorylation regulates tooth enamel formation by stabilizing a transient amorphous mineral precursor. *Journal of Biological Chemistry*.
- Nichol CR. (1989). Complex segregation analysis of dental morphological variants. *American Journal of Physical Anthropology*, 78(1):37-59.
- Nielsen M., Miller S., (2011) Atlas de Anatomía Humana Médica Panamericana. España.
- Northcutt RG. (2005). The new head hypothesis revisited. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 304(4):274-97.
- Osborn JM, Tencate AR. (2003) Dentine sensitivity. En: *Advances dental histology*. 4ed. Bristol: Editorial Wright PSG; p. 109-17.
- Pérez Campos Eduardo Lorenzo, García Castillo Zoraida, Bravo Gómez María Elena y Pérez Campos Mayoral Eduardo (2017) *Tópicos Selectos de Ciencias Forenses y Seguridad* Editorial Progreso, S. A. de C. V. México.
- Pérez-Pérez A. Galbany J. Romero A, Martínez LM, Estebanaranz F, Pinilla B, Gamarra B (2010) Origen y evolución de los dientes: de los cordados primitivos a los humanos modernos, *Rev. Esp. Antrop. Fís.* 31: 167-192 .
- Pilloud MA, Adams DM, Hefner JT. (2019) Observer error and its impact on ancestry estimation using dental morphology. *Int J Legal Med.*;133(3):949-962. doi: 10.1007/s00414-018-1985-3. Epub 2018 Dec 18. PMID: 30564914.
- Pilloud Marin A. Hefner., Joseph T. (2016) *Biological Distance Analysis: Forensic and Bioarchaeological Perspectives*, Elsevier.
- Pimentel Merlín, Martha, Gallardo Velázquez, Alfonso, & Cisneros Reyes, Héctor. (2012). Afinidad biológica a través de la morfología dental de dos muestras de la Península de Yucatán, México. *Cuicuilco*, 19(55), 69-87.
- Pompa y Padilla ,José A. 1990), *Antropología dental. Aplicación en poblaciones prehispánicas*. Colección Científica 195, INAH, México.
- Quinonez, S. C., Innis, J. W. (2014). Human HOX gene disorders. *Molecular Genetics and Metabolism*.
- Ramanathan Anand, (2017) Homeobox genes and tooth development: Understanding the biological pathways and applications in regenerative dental science, *Archives of Oral Biology*, Elsevier.
- Riojas Garza M. T. (2014) *Anatomía dental México, Manual Moderno*.
- Rivera Velásquez Camilo Alberto, Ossa H. Alexander Aroma Dwayne (2012) *Fragilidad y comportamiento mecánico del esmalte dental*, Revista Ingeniería Biomecánica, Colombia.

- Rodríguez L. 2001. Antropología Dental de los Restos el "Hombre del Sidrón". Tesis de grado. Universidad de Oviedo, España.
- Ross, A.H., Ubelaker, D.H. (2019). Complex Nature of Hominin Dispersals: Ecogeographical and Climatic Evidence for Pre-Contact Craniofacial Variation. *Sci Rep* **9**, 11743. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48205-1>
- Sanchez-Herrero, E. (2013). Hox targets and cellular functions. *Scientifica* (Cairo).
- Schnutenhaus & Rosing FW (1998) World variation of tooth size. En: Dental anthropology: fundamentals, limits, and prospects. Eds. Alt KW, Rösing FW y Teschler-Nicola M. Springer, New York. pp. 521-535.
- Schwid R. Weiss Gabriela. (2017) *Woelfel Anatomía Dental*. Wolters Kluwer. Philadelphia.
- Scott G. R. Pillow Marin A. (2018) rASUDAS A New Web-Based Application for Estimating Ancestry from Tooth Morphology *Forensic Anthropology* Vol. 1, No. 1: 18-31 DOI 10.5744/fa.2018.0003 .
- Scott GR & Turner CG (1997) The anthropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations. Cambridge University Press, Cambridge.
- Scott, C. R. y Turner, C. C. (2000), *The Anthropology of Modern Human Teeth: Dental morphology and its Variation in Recent Human Populations*, Cambridge University Press. Nueva York.
- Senar J.C.(1999)La Medición de la Repetibilidad y el Error de Medida, Temas actuales en Etología, Museu de Zoologia, Ap. Correus 593, 08080 Barcelona
- Smith P y Shegev, M. 1988. The dentition of Nubians from Wadi Halfa, Sudan: an evolutionary perspective. *Journal of the South African Dental Association*, 43, 539 - 541.
- Sneath, P. H. A. y R. R. Sokal (1973). *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification*. San Francisco, California, EE.UU., W. H. Freeman and Co.
- Štamfelj, I., Hitij, T. y Leben-Seljak, P. (2019). Estimación de la ascendencia dental en un esqueleto humano de 1500 años de Eslovenia utilizando una nueva aplicación basada en web rASUDAS. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 37 (2), 2-8.
- Stanley J. Nelson (2015) *WHEELER Anatomía, fisiología y oclusión dental*. España, Elsevier.
- Swindler R. Daris (2002) *Primate Dentition: An Introduction to the Teeth of Non-human Primates*, Cambridge University Press, New York.
- Tabachnick Barbara G. and Fidell Linda S. (2001). *Using Multivariate Statistics, Fourth Edition*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon. ISBN 0-321-05677-9. Hardcover.
- Thesleff I. (2006). The genetic basis of tooth development and dental defects. *Am J Med Genet Part A* 140A:2530–2535.
- Tise, Meredith L., M. Katherine Spradley, and Bruce E. Anderson 2013 Postcranial Sex Estimation of Individuals Considered Hispanic. *Journal of Forensic Sciences* 58 (S1): S9-S14.
- Tucker, A. S., & Sharpe, P. T. (1999). Molecular genetics of tooth morphogenesis and patterning: The right shape in the right place. *Journal of Dental Research*, 78(4),826–834. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345990780040201>.
- Turner C. G., Nichol, C. R. y Scott, G. R. (1991), "Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: The Arizona State University dental anthropology system", en Kelly, M. A. y Larsen, C. S. (eds.), *Advances in Dental Anthropology*, Wiley-Liss, Nueva York.
- Turner CGII y Scott GR. 1977. Dentition of Easter Islanders. En: *Orofacial Growth and Development*. Dahlberg AA, Graber TM. (Eds.). Mouton, The Hague, pp. 229–249.

- Turner Cristy G. II, (1981) Dental evidence for the peopling of the America, Departamento de antroología, de la Universiad Estatal de Arizona.
- Turner Cristy G. II, MACHADO, Lilia C. A (1983). new dental wear pattern and evidences for high carbohydrate consuption in a brazilian archaic skeletal population. Am. Journal of Phys. Anthropology, n.61, p.125-30.
- Ubelaker Douglas H. (1996) Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis, Interpretation, Manuals on Archeology Series No. 2
- Udo Krenzer (2006) Compendio de métodos antropológicos forenses , para la reconstrucción del perfil osteo-biológico, Antrópología dental,Centro de Análisis Forense y Ciencias Aplicadas CAFCA,Guatemala.
- Weiss, K. M., Stock, D. W., & Zhao, Z. (1998). Dynamic interactions and the evolutionary genetics of dental patterning. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 9(4), 369–398. <http://dx.doi.org/10.1177/10454411980090040101>.
- Welsch Ulrich, Teller Thomas (2010) Histología, Editorial Médica Panamericana.
- White, T.D.; Pieter, A. (2005): The human bone manual. Burlington: Elsevier Academic Press.



# Anexos

## Anexo A. Especificaciones del sistema ASUDAS

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
<b>Rotación</b> ( <i>winging, mesial palatal torsion, bilaterally rotated incisors</i> ).	11-21	Se refiere a la rotación de los incisivos centrales superiores.giroversión en sentido mesial de los Organos dentales 11 y 21 dentro de su mismo alveolo, vistos desde cara oclusal su convergencia asemejan una "V". Para considerar presente el carácter, el cual se presenta por factores genéticos, tiene que excluirse muestras que presenten apiñamiento dental.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Rotación bilateral: Los incisivos centrales están rotados mesiolingualmente</li> <li>2. Rotación unilateral: Solo unos de los incisivos esta rotado y el otro conserva su posición recta</li> <li>3.Sin rotación : Los incisivos se encuentran rectos o siguiendo la curvatura del proceso maxilar</li> <li>4.Rotación contraria: Uno o ambos dientes están rotados distolingualmente</li> </ol>	1-2
<b>Pala</b> ( <i>shoveling, shovel-shaped incisors</i> )	11, 21, 12, 22, 31, 41, 32, 42, 13, 23, 33, 43.	Presencia de crestas marginales mesial y distal perfectamente desarrollados en la cara palatina o lingual, estas prominencias se extienden desde la base del cingulo hasta el borde incisal, puede observarse una sola cresta o diferencia de tamaño entre una cresta y otra.	<ol style="list-style-type: none"> <li>0.Ausencia cara palatina o lingual lisa</li> <li>1.Expresión debil: es posible palpar las elevaciones de las crestas distal y mesial de la cara palatina o lingual.</li> <li>2.Trazas: Elevaciones visibles</li> <li>3.Semipala:Rebordes mas pronunciados con tendecia a convergir en el cingulo</li> <li>4.Semipala: Crestas marginales y convergencia al tercio cervical, mas pronunciada que el grado 3</li> <li>5.Pala : Fuerte desarrollo de los rebordes con almenos un punto de contacto en el cingulo ( invaginación)</li> <li>6.Pala Marcada. Mayor desarrollo que el grado 5 y generalmente existe contacto meial y distan en el cingulo</li> <li>7.Barril : Excesivo creciminineto de las crestas marginales y el cingulo dental, representado en la placa U12</li> </ol>	2

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Rasgo presente a partir del grado
Doble pala ( <i>double-shoveling, labial marginal ridges</i> )	11, 21, 12, 22, 31, 41, 32, 42, 13, 23, 33, 43	Este rasgo se presenta en la cara vestibular de los dientes anteriores superiores y en ocasiones en los inferiores, y se refiere al desarrollo de crestas marginales mesial y distal sobre la superficie, puede presentarse en con una sola o mayor desarrolló de la cresta mesial.	0. Ausencia: Cara vestibular lisa 1. Débil: Los rebordes mesial y distal pueden ser observados a conta luz. El reborde distal puede estar ausente en cualquiera de los grados. 2. Trazas: Las crestas distal y mesial pueden ser palpados y observados con facilidad 3. Semi doble-pala: Los rebordes pueden ser realmente palpados 4. Doble pala: los rebordes se extienden hasta tercio medio 5. Doble pala-pronunciada: Mayor expresión de las crestas, desde tercio incisal hasta tercio cervical. 6. Doble pala extrema	2
Convexidad labial ( <i>labial convexity, labial curvature</i> ).	11-21	Corresponde a la la curvatura presente en la cara vestibular, pero para su gradación se tiene que observar desde el borde incisal de los incisivos superiores desde una vista oclusal.	0. Cara vestibular plana 1. Indicios de convexidad 2. Convexidad ligera 3. Convexidad moderada 4. Convexidad pronunciada	2
Surco de interrupción ( <i>interruption grooves, coronoradicular grooves</i> )	11, 21, 12, 22	Este rasgo consiste en un surco que cruza el cingulo en sentido corono apical y pude llegar a la raíz.	0. Cara palatina, lisa continua y sin interrupciones M. Presencia de un surco que interrumpe el borde mesial D. Presencia de un surco que interrumpe el borde distal MD. Presencia de surcos en ambos bordes mesial y distal MED. Presencia de un surco en el área media del cingulo	M, MED

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Tubérculo dental ( <i>Tuberculum dentale, lingual tubercles. cingular ridges</i> ).	11, 21, 12, 22, 13, 23, 33, 43	Se presenta como una elevación en el tercio cervical de la cara palatina o lingual, en algunas ocasiones se expresa como una cúspide con ápice libre, en el análisis de este rasgo, pueden observarse mas de un tubérculo	0.La cara palatina en la región cingular es lisa 1.Cresta débil 2.Indicios de cresta 3.Cresta marcada 4.Cresta pronunciada 5.Desarrollo de una pequeña cúspide con el ápex libre	2
Cresta mesial canina ( <i>canine mesial ridge, Bushmen canine</i> ).	13, 23	Consiste en la presencia de la cresta mesial y esta es más grande que la distal; en algunas ocasiones, presenta un desviación distal en el tercio medio, ocupando gran parte del tercio medio, uniendo la cresta con el tubérculo dental, la unión aumenta con el tamaño de la cresta.	0. Ausente 1.Cresta débil 2.Cresta poco desarrollada 3. Cresta moderada 4.Cresta muy pronunciada 5.Cesta marcada , unida con el cingulo	1
Cresta distal accesoria canina ( <i>canine distal accesory ridge</i> )	13, 23, 33, 43	Este carácter se puede observar entre el vértice y la cresta distal de la cúspide del canino. Este rasgo es mas común con grados mayores en dientes superiores.  Cara palatina / Lingual	0.Ausencia de la cresta distal complementaria 1.Prencencia muy debil de la cresta distal complementaria ***** 2.Desarrollo debil de la cresta 3.Desarrollo moderado de la cresta 4.Fuerte desarrollo de la cresta 5.Presencia muy marcada de la cresta	2

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Rasgo presente a partir del grado
Cresta distosagital ( <i>distosagittal ridges, uto-Aztcan premolar</i> ).	14, 24	Se observa una cresta muy marcada en sentido sagital, que va desde el ápice de la cúspide bucal hasta el borde distal de la cara oclusal. Razón por la cual la superficie vestibular se rota expandiendo en sentido vestibulo-palatino de la cúspide.	0.Morfología normal de la cara ocluso-vestibular 1.Presencia de una cresta disto-sagital	1
MxPAR	14,24,15,25	Este carácter se expresa como una elevación lineal que se extiende desde la cresta de la cúspide vestibular hasta el surco medial del primer y segundo premolar superior.	0.Ausente: sin formación de cresta detectable. T. Cresta truncada: la cresta no se extiende continuamente desde la cresta vestibular hasta el surco medial 1. Trazado: una cresta continua es apenas perceptible, pero puede observarse bajo luz intensa. 2.Pequeño: una cresta delgada continua observable que es fácilmente palpable. 3.Medio: una cresta continua de espesor moderado. 4. Pronunciado: una cresta grande, gruesa y continua	3
Metacono ( <i>Metacone, distobucal cusp. cusp 3</i> )	16, 26, 17, 27, 18, 28	El metacono es una cúspide situada en la región disto-vestibular,	0.Ausencia del metacono 1.Existe una cresta en lugar del metacono( sin ápex libre) 2.Cúspide débil con ápex libre 3.Cúspide pequeña / mediana 4.Metacono grande 5.Metacono muy grande	2

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
<b>Hipocono</b> ( <i>Hypocone, cusp 4, distolingual cusp</i> )	16, 26, 17, 27, 18, 28	Cúspide que se encuentra en la posición distolingual de los molares, esta cúspide fue la última en adicionarse en la corona dental en molares superiores durante el proceso de evolución de los primates. Los segundos y terceros molares presenta mas variaciones morfológicas y esta cúspide es la que presenta mayormente una reducción o ausencia.	0. Ausencia 1. Se presenta un surco débil 2. Se expresa una pequeña elevación 3. Presencia de una cúspide pequeña / mediana 4. Hipocono grande 5. Hipocono mas grande que grado 4	2
<b>Cúspide 5</b> ( <i>cusp 5, distal accesory tubercle, metaconule</i> )	16, 26, 17, 27, 18, 28	Se observa desde la superficie oclusal ubicado en el margen distal del molar. Esta cúspide se caracteriza por una elevación de esmalte que se distingue entre el metacono y el hipocono. Es sus grados mínimos de expresión se observa una elevación redondeada, la cual toma una forma triangular al aumentar el grado de expresión.	0. Ausencia, solo se presenta un surco que separa la cuspide 3 y 4 1. Presencia de trazas 2. Presencia de trazas de elevaciones 3. Se presenta una pequeña elevación 4. Presencia de una pequeña cúspide 5. Cúspide de tamaño medio	2
<b>Tubérculo de Carabelli</b> ( <i>Carabelli's trait, Carabelli's cusp, tubercle of Carabelli</i> ).	16, 26, 17, 27, 18, 28	Se presente en la cara palatina, en la región mesial en la cúspide 1 de los molares superiores, presenta muchas variaciones de expresión en su forma, desde surcos hasta cúspide con ápice libre	0. Ausencia: Cara mesio-palatina lisa 1. Presencia de un surco 2. Se expresa una fosa pequeña 3. Existe una pequeña deresión en forma de Y 4. Se presenta una gran depresión en forma de Y 5. Aparición de una pequeña cúspide con ápex libre ( no esta en contacto con el surco palatino que separa las cuspides 1 y 4 6. Se expresa una cúspide de tamaño medio, y su cara distal esta en contacto del surco palatino 7. Se presenta una gran cúspide con ápex libre	2

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Variación de cúspide lingual  <i>(premolar lingual cusp variations, multiple lingual cusps).</i>	34,44,35,45	Este rasgo es valorado por el número de cúspides linguales que presenten un ápice libre, así como por su tamaño. La calidad de la observación depende del estado de desgaste dental del diente observado, así como del conocimiento anatómico de los premolares.	A.Sin cúspide lingual. Se manifiesta como una pequeña cresta sin punta libre 0.Una cúspide lingual. La cúspide puede presentar forma variable, pero siempre una punta libre reconocible. 1.Una o dos cúspide linguales. Es una categoría no debe aplicarse a dientes con desgaste, en ese caso se considera como dato perdido. 2.Dos cúspides linguales : la cúspide mesial es mucho mas grande que la distal 3.Dos cúspides linguales : la cúspide mesial es mas grande que la distal 4.Dos cúspides linguales: la cúspide mesial y distal son de igual tamaño 5. Dos cúspides linguales: la cúspide distal es mucho mas grande que la mesial  6.Dos cúspides linguales la cúspide disto-lingual es grande que la cúspide mesio-lingual 7.Dos cúspides linguales: La cúspide distal es bastante mas grande que la mesial , con un desgaste esta categoría puede ser confundida con el grado 0. En caso de duda se considera datoperdido 8.Tres cúspides linguales aproximadamente del mismo tamaño 9.Tres cúspides linguales La cúspide mesial es de mucho mas grande tamaño que la central y/o distal	2

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Cresta trigonoide Cresta medial del trigónido ( <i>Middle Trigonid Crest</i> )	36, 46, 37, 47, 38, 48	Ubicado en la cara oclusal donde las cúspides, mesio-vestibular, mesio-lingual disto-lingual forman un triangulo, el cual constituye la forma básica de conexión de las cúspides de los molares en los mamíferos (Aiello y Dean 1990). Se observa en forma de una cresta, denominada cresta mediad el trigónido en forma de un puente de esmalte que conecta la cúspide mesio-vestibular, mesio-lingual.	0. Ausencia, las crestas de la cara oclusal de las cúspides 1 y 2 no están unidas por una cresta medial 1A. Presencia, las cúspides 1 y 2 están conectadas por un puente de esmalte o cresta delgada 1B. Presencia, las cúspides 1 y 2 están conectadas por un puente de esmalte o cresta amplia que forma una elevación redondeada	1
Protostilido ( <i>Protostylid</i> )	36, 46, 37, 47, 38, 48	se ubica en la cara vestibular de la cúspide mesial de los molares inferiores, observados como una elevación, que puede ser semejante a una expresión cingular. Presenta grados de expresión variables, desde un orificio hasta una cúspide con ápice libre.	0. Superficie bucal lisa 1. Existencia de una cavidad en el surco bucal 2. El surco bucal se curva distalmente 3. Un surco secundario débil se extiende mesialmente desde el surco bucal 4. El surco secundario se vuelve más pronunciado 5. El surco secundario se vuelve más evidente 6. El surco secundario se extiende a través de la superficie bucal de la cúspide 1, considerado como una pequeña cúspide 7. Aparición de una cúspide con el apex libre	2

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Cúspide 5 ( <i>Cusp 5, hypoconulid</i> )	36, 46, 37, 47, 38, 48.	Puede presentarse una quinta cúspide llamada también hipoconúlido, Situada en la región distal vista desde a cara oclusal entre el hipocónido y el entocónido. A este carácter se le asigna un grado de expresión respecto a su tamaño.	0. Ausencia de la cúspide 5, el molar solo tiene 4 cúspides. 1. Presencia de la cúspide 5, muy pequeña. 2. Cúspide 5 pequeña 3. Cúspide 5 de tamaño medio 4. Cúspide 5 grande 5. Cúspide 5 muy grande	2
Cúspide 6 ( <i>cusp 6, tuberculum sextum; entoconulid</i> )	36, 46, 37, 47, 38, 48.	La cúspide 6 al igual que la cúspide 5 son cúspides supernumerarias. La cúspide 6 se presenta en la región distal entre el entocónido y el hipoconúlido. Este rasgo es evaluado dependiendo su tamaño, el cual esta relacionado al tamaño de la cúspide 5. Resulta un poco compleja la observación de este carácter, ya que si esta ausente alguna de las dos cúspides cinco o seis, es difícil identificar cada una.	0. Ausencia de la cúspide 6 1. La cúspide 6 es mucho más pequeña que la cúspide 5 2. La cúspide 6 es más pequeña que la cúspide 5 3. La cúspide 6 es del mismo tamaño que la cúspide 5 4. La cúspide 6 es más grande que la cúspide 5 5. La cúspide 6 es mucho mas grande que la cúspide 5	2
Cúspide 7 ( <i>Cusp 7, tuberculum intermedium, metaconulid</i> )	36, 46, 37, 47, 38, 48.	Este rasgo en una cúspide supernumeraria que se presenta en el surco lingual de los molares inferiores, entre la cúspide mesio y disto lingual ( metacónido y entocónido) , vista en la cara oclusal. Este rasgo se evalúa por su tamaño.	0. Ausencia de cúspide 7 1. Presencia de una débil cúspide 1A. Subtipo débil de de la cúspide 7 aparece desplazado sobre la superficie lingual , como una protuberancia en la cúspide 2 2. Cúspide 7 pequeña 3. Cúspide de tamaño medio 4. Cúspide grande	1A

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Paristilo ( <i>Parastyle, paromolar tubercle</i> )	16, 26, 17, 27, 18, 28	se presenta en la cara vestibular de los molares superiores en la cúspide mesio-vestibular, formando una elevación de esmalte que surge del surco	0.Ausencia 1.Fosa cerca del surco vestibular que separa las cúspides 2 y 3 2.Se observa una pequeña cúspide con ápex adyacente 3.Cúspide de tamaño medio con ápex libre. 4.Cúspide de tamaño medio a grande. 5.Cúspide de tamaño grande 6. Aparición de una gran cúspide parecido a un supernumerario.	2
Fosa anterior ( <i>Anterior Fovea</i> )	36, 46	Se observa como una depresión de forma triangular y la depresión es de profundidad variable, se localiza en el tercio mesial de la cara oclusal, la depresión esta formada por el reborde marginal de las cúspides mesiovestibular y mesiolingual.	0.Ausencia de fosa anterior 1.Débil cresta que conecta las cúspides 1 y 2, generando una depresión apenas visible 2.La cresta que conecta las cúspides es de mayor tamaño, generando una depresión mas profunda que el grado 1 3.La depresión es mayor que el grado 2 4.El reborde marginal es mas grueso y una depresión muy marcada	2
Patron del surco ( <i>Groove patern</i> ).	36, 46, 37, 47, 38, 48.	Este rasgo es ocasionado por la interacción de las cúspides que contactan en el surco central.	0.Ausencia de patrón Y.Cúspides 2 y 3 en contacto. El contacto no debe ser inferior a 0.3 mm +.Las 4 cúspides hacen contacto y convergen en la fosa central de la cara oclusal X. Las cúspides 1 y 4 con contacto no menor de 0.3mm	Y

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Pliegue acodado Doble del metacónido ( <i>Deflecting wrinkle</i> )	36, 46.	Este carácter se presenta en la cara oclusal, sobre el metacónido o cúspide mesio-vestibular. Se caracteriza por la formación de una cresta recta sobre la cúspide, que va desde la fosa central hasta el ápice de la cúspide, en ocasiones la porción de la cresta que esta en contacto con el ápice de la cúspide puede presentar una angulación, el cual es denominado pliegue o doblez. Este pliegue esta formado únicamente por esmalte. Su observación se dificulta por la presencia de desgaste.	0. Ausencia de desviación, la cresta vestibular es recta 1. La cresta vestibular, es recta pero muestra una ligera desviación en su punto medio. 2. La cresta vestibular presenta una ligera desviación hacia distal, pero no hace contacto con la cúspide 4 ( entoconido) 3. Cresta vestibular presenta una desviación hacia distal haciendo contacto con la cúspide 4 y formando una L	1
Odontoma	14,15,24,25, 34,35,44,45	Se presenta principalmente en premolares superiores e inferiores. Fue descrito por Petersen en 1941 y fue definido por Alexandersen 1970. Se caracteriza por la presencia de una proyección con un ápice libre del esmalte en la cara oclusal.	0. Odontoma no presente 1. Odontoma presente	1
Forma de clavija	12,22,32,42,18,28 ,38,48	Se caracteriza por la reducción de tamaño del diente y pérdida de la morfología normal de la corona. Generalmente se observan los dientes con forma cónica, este caracteres es un precedente a la ausencia congénita del órganos dental.	0. Tamaño y morfología normal 1. El molar se observa con un tamaño reducido, con diámetro bucolingual de 7 a 10 mm, morfología normal. 2. El molar tiene menos de 7mm de su diámetro y presenta una morfología de clavija o cono.	2

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Estado dental	<i>Evaluado en todos los dientes</i>	<p>Existe una gran utilidad en la observación del estado dental , la presencia o ausencia y el grado de desgaste de todos los dientes, no solo por el valor intrínseco de la información, sino también por la verificación cruzada de los datos después del registro y antes del análisis.</p> <p>Los datos registrados para los dientes ausentes deben marcarse como “no aplica”, o un sinónimo que haga referencia a la ausencia dental. Se han mencionado que existen rasgos susceptibles a borrarse por el desgaste, en algunos casos, se observa un grado de desgaste igual o superior, al límite, en estos casos, no se debe realizar la observación del rasgo. (Turner; 1991)</p>	<p>0.sin desgaste esto ocurre solo en dientes no erupcionados o en erupción</p> <p><b>0-1.</b>las facetas de desgaste se pueden ver con una lente manual de 10x en uno o más planos oclusales de la cúspide</p> <p><b>1.</b>la dentina está expuesta en una o más cúspides. casi siempre ocurre antes en los incisivos que en los dientes postincisores</p> <p><b>2.</b>cúspide desgastada. los incisivos se califican como 2 si la mayor parte de la masa de la corona se ha ido</p> <p><b>3.</b>pulpa expuesta. coronas incisivas usualmente desgastadas</p> <p><b>4.</b>El muñón de la raíz es funcional. todo o la mayor parte del esmalte está desgastado</p> <p><b>A</b> pérdida antemortem: el receptáculo está parcial o totalmente lleno</p> <p><b>C</b> ausencia congénita: este indicador nunca se utiliza para subadultos, como se define por la erupción del tercer molar o el cierre de la sutura fenóide de base. Se debe dar una puntuación de ausencia congénita de i para aquellos dientes en los que se registra esa característica.</p> <p><b>I</b> impactado: generalmente tercer molar o segundo premolar</p> <p><b>P</b> Pérdida posmortem. el zócalo está abierto y liso y no muestra signos de llenado o reabsorción</p> <p><b>U</b> sin erupción: el diente está presente pero sin erupción</p>	

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Número de cúspides <i>(Cusp number)</i>	36, 46, 37, 47, 38, 48.	En molares inferiores resulta más común encontrar la presencia de cinco cúspides principales, sin embargo conjunto la evolución de los homínidos se puede observar una tendencia a la reducción del número de cúspides, proceso que resulta en la pérdida o reducción de la cúspide distal, cúspide 5 ó hipoconúlido (Gomez;2008)	4.Cuspides 1-4 (1 Protoconido mesiovestibular , 2metaconido mesiolingual, 3 hipoconido, entoconido distolingual 5.Cúspide 5 Hipoconúlido esta presente 6.Cúspide 6 Entoconulido esta presente	5
Torus palatino	<i>Se presenta en el maxilar.</i>	Se observa una exostosis, a lo largo de toda la sutura palatina o solo en una región. Este carácter fue descrito por Turner.	0.Torus ausente 1.Trazas: Se observa una elevación de 1- 2 mm 2.Tamaño medio: Se presenta una elevación de 2 - 5 mm 3.Elevación marcada: El torus se muestra con un tamaño de mas de 5 mm 4.Elevación muy marcada: El torus se muestra con un tamaño mayor de 10 mm	
Torus mandibular	<i>Presente en la mandíbula</i>	Se presenta como una exostosis ósea nodular, la cual se puede observar en la porción ti terna de la mandíbula ( porción lingual ) , exactamente en la región entre el canino y el primer premolar. Fue estandarizado por N. T. Morris en 1970.	0.Ausente: Sin elevación 1.Trazas: Es una elevación que puede ser palpada pero no observada fácilmente. 2.Medio: Se observa una elevación de 2-5mm 3.Marcada: La elevación es mayor a 5 mm	

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

Rasgo	OD (FDI) donde se observa	Descripción	Grados de expresión	Dicotomización
Odontoma	14,15,24,25,34,35,44,45	Se presenta principalmente en premolares superiores e inferiores. Fue descrito por Petersen en 1941 y fue definido por Alexandersen 1970. Se caracteriza por la presencia de una proyección con un ápice libre del esmalte en la cara oclusal.	0. Odontoma no presente 1. Odontoma presente	1

Tabla . Especificaciones para asignación de grado de aparición de un carácter. Referencia Turner Et. al 1991

# Anexo B. Cédula utilizada, modificada de Turner 1991

## Rasgos dentales no-métricos

Licenciatura en ciencia forense  
Laboratorio de Antropología y  
Odontología Forense



Número de identificación: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Colección: \_\_\_\_\_ Procedencia de muestra: \_\_\_\_\_  
 Muestra: **ÓSEA** Temporalidad: \_\_\_\_\_

Maxilar	11	21	12	22	13	23	14	24	15	25	16	26	17	27	18	28
Lesión Cariosa																
Ala																
Pala																
Doble Pala																
Convex. Labial																
Surco interrup.																
Tubérculo dental																
Cresta Mesial																
Cresta Distal																
Crest. Disto- Sagit																
MxPAR (mes/dist)																
Extensión Esmalte																
Metacono																
Hipocono																
Cuspide 5																
T. Carabelli																
Paristilo																
Desgaste																
Mod. Cultural																
Forma Clavija																
Odontoma																
Ausen AM/PM/C																
Microdoncia																
Macrodoncia																
Torus Palatino																

Dientes Supernumerarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

AM= Ausencia antemortem PM= ausencia postmortem C=ausencia congénita P= presente Grados caries = G1 G2 G3 G4 0 = Ausencia de rasgo  
 Ausencia dental = ○ X = No registrable

rASUDAS : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Rasgos dentales no-métricos**

Licenciatura en ciencia forense  
Laboratorio de Antropología y  
Odontología Forense



Número de identificación: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_  
 Colección: \_\_\_\_\_ Procedencia de muestra: \_\_\_\_\_  
 Muestra: **ÓSEO** Temporalidad: \_\_\_\_\_

	31	41	32	42	33	43	34	44	35	45	36	46	37	47	38	48
Lesión Cariosa																
Pala																
Doble Pala																
Cresta Distal																
Odontoma																
Fovea anterior																
Patrón Surco																
No. Cuspides																
Torus mandibular																
Cresta Trigonoide																
Protostilido																
Cusp. 5																
Cusp. 6																
Cusp. 7																
Ausencia AM/PM																
Desgaste																
Mod. Cultural																
Varia. Cus. Lingual																
Defecto de W.																
Microdoncia																
Macrodoncia																

Dientes Supernumerarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

AM= Ausencia antemortem PM= ausencia postmortem C=ausencia congénita P= presente Grados caries = G1 G2 G3 G4 0 = Ausencia de rasgo  
 Ausencia dental = ○ X = No registrable

rASUDAS : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo C . Tabla completa de concordancia de las muestras 1,2,3,4,5 de las 5 observaciones

Prueba de error 1

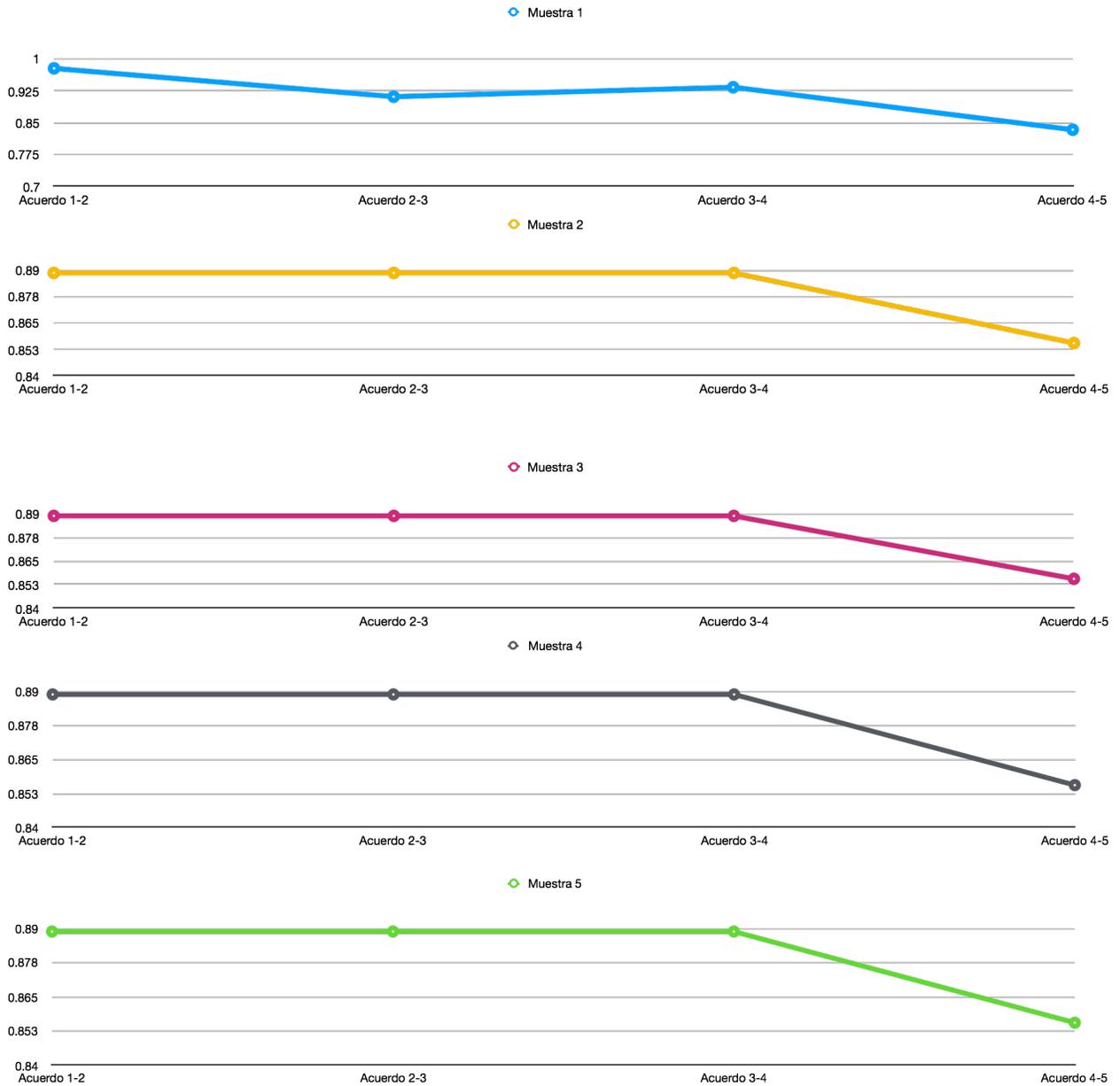
Rasgo	Muestra 1 Concordancia	Muestra 2 Concordancia	Muestra 3 Concordancia	Muestra 4 Concordancia	Muestra 5 Concordancia
Rotación 11	1	1	1	1	1
Rotación 21	1	1	1	1	1
Pala 11	0.75	1	0.75	1	0.75
Pala 21	0.75	1	0.75	1	0.75
Pala 12	1	0.5	0.75	1	0.75
Pala 22	1	0.5	0.75	1	0.75
Pala 31	0.5	1	1	0.5	1
Pala 32	0.5	1	1	0.5	1
Pala 41	0.5	1	1	0.5	1
Pala 42	0.5	1	1	0.5	1
Doble pala 21	1	1	1	1	1
Doble pala 22	1	1	1	1	1
Doble pala 11	1	1	1	1	1
Doble pala 12	1	1	1	1	1
Doble pala 31	1	1	1	1	1
Doble pala 32	1	1	1	1	1
Doble pala 41	1	1	1	1	1
Doble pala 42	1	1	1	1	1
Curvatura labial 21	1	0.75	1	0.5	0.5
Curvatura labial 11	1	0.75	1	0.5	0.5
Surco 11	1	1	0.5	1	1
Surco 21	1	1	0.5	1	1
Surco 12	1	1	0.5	1	0.5
Surco 22	1	1	0.5	1	0.5
Tubérculo 11	1	1	1	1	0.5
Tubérculo 21	1	1	1	1	0.25
Tubérculo 12	0.75	0.5	1	1	1
Tubérculo 22	0.5	1	1	1	1
Tubérculo 13	1	1	1	1	1
Tubérculo 23	1	1	1	1	0.25
Cresta mesial 13	0.75	0.5	1	1	0.5
Cresta mesial 23	0.25	0.5	1	1	0.5
Cresta distal 13	1	0.75	0.75	1	1

Cresta distal 23	1	0.75	0.75	1	1
Cresta distal 33	1	0.75	0.75	1	0.75
Cresta distal 43	1	0.75	0.75	1	0.75
Uto azteca 14	1	1	1	1	1
Uto azteca 24	1	1	1	1	1
Metacono 16	1	1	1	1	1
Metacono 26	1	1	1	1	1
Metacono 17	1	1	1	1	1
Metacono 27	1	1	1	1	1
Hipocono 16	1	1	1	1	1
Hipocono 26	1	1	1	1	1
Hipocono 17	0.5	1	0.75	0.25	1
Hipocono 27	0.5	0.5	0.75	0.25	0.75
Cúspide 5 16	1	1	1	1	1
Cúspide 5 26	1	1	1	1	1
Cúspide 5 17	1	1	1	1	1
Cúspide 5 27	1	1	1	1	1
Carabelli 16	1	1	1	0.5	1
Carabelli 26	1	1	1	0.5	1
Carabelli 17	1	1	1	1	1
Carabelli 27	1	1	1	1	1
Paristilo 16	1	1	1	1	1
Paristilo 26	1	1	1	1	1
Paristilo 17	1	1	1	1	1
Paristilo 27	1	1	1	1	1
Fosa anterior 36	0.5	0.25	0.5	0.25	0.75
Fosa anterior 46	0.5	0.25	0.5	0.25	0.75
Patrón de surco 36	0.75	1	1	1	1
Patrón de surco 46	0.75	1	1	1	1
Patrón de surco 37	1	1	1	1	1
Patrón de surco 47	1	1	1	1	1
No. Cúspides 36	1	1	1	1	1
No. Cúspides 46	1	1	1	1	1
No. Cúspides 37	1	0.5	1	1	0.25
No. Cúspides 47	1	0.5	1	1	0.25
Cresta trigonoide 36	0.75	1	1	1	1
Cresta trigonoide 46	0.75	1	1	1	1

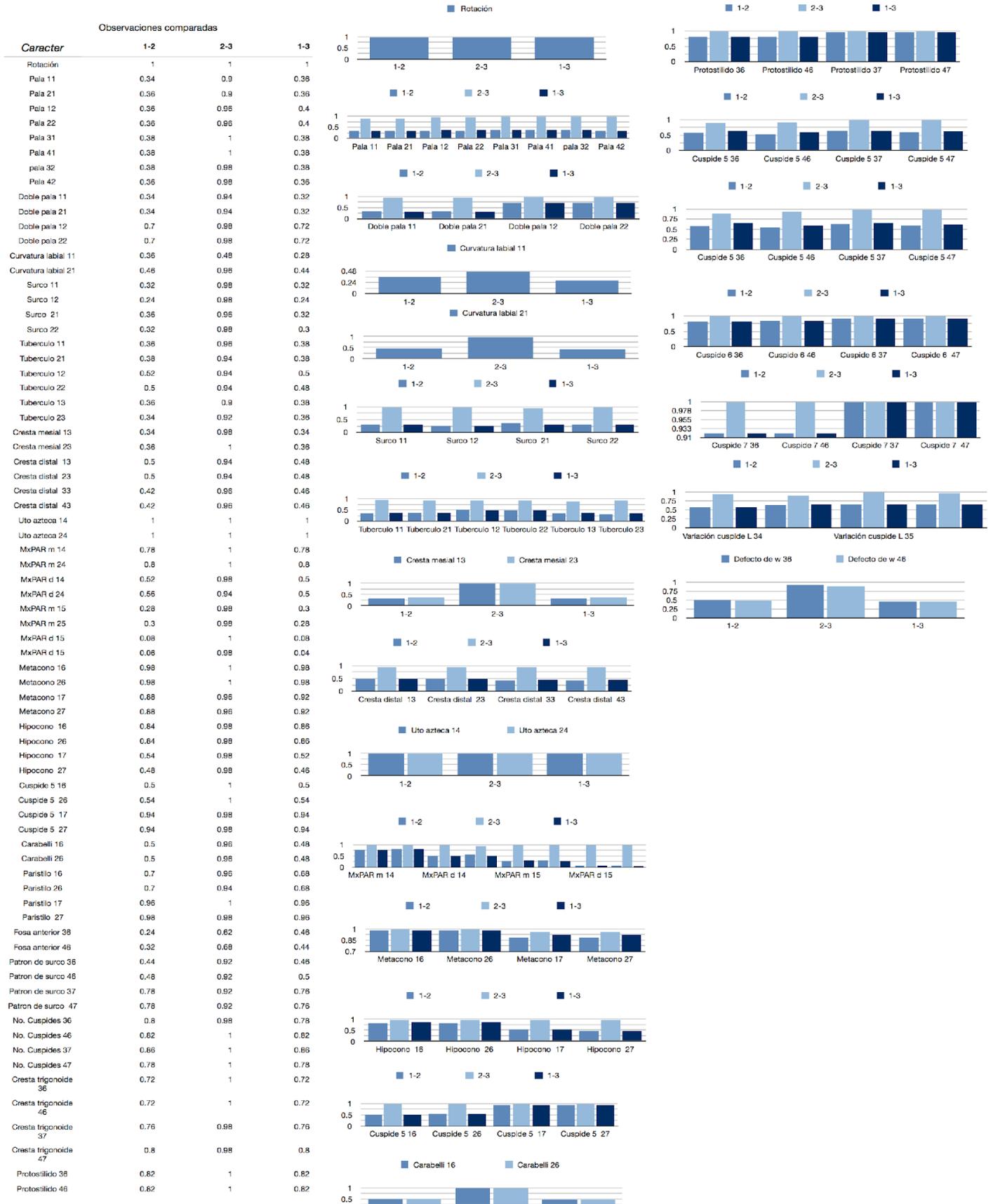
Cresta trigonoide 37	1	1	0.5	1	0.75
Cresta trigonoide 47	1	1	0.5	1	0.75
Cúspide 5 36	1	1	0.25	1	1
Cúspide 5 46	1	1	0.25	1	1
Cúspide 5 37	1	1	1	1	1
Cúspide 5 47	1	1	1	1	1
Protostílido 36	1	1	1	1	1
Protostílido 46	1	1	1	1	1
Protostílido 37	1	1	1	1	1
Protostílido 47	1	1	1	1	1
Cúspide 6 36	1	1	1	1	1
Cúspide 6 46	1	1	1	1	1
Cúspide 6 37	1	1	1	1	1
Cúspide 6 47	1	1	1	1	1
Variación cúspide L 34	0.75	1	1	1	1
Variación cúspide L 44	0.75	1	1	1	1
Variación cúspide L 35	1	1	1	1	0.75
Variación cúspide L 45	1	1	1	1	0.75
Defecto de w 36	1	1	1	0.25	1
Defecto de w 46	1	1	1	0.25	1

## Anexo D. Graficas desglosadas de error prueba 1

### Prueba de error 1



# Anexo E. Base de datos completa del error prueba 2



## Anexo F. Frecuencias dicotómicas y por grados de las tres colecciones

Rasgo	Colección	Dicotómicas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
<b>Rotación</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	0.00	10	0.0	0								
	Colección Osteológica San Andrés	12.5	87.5	12.5									
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo												
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	0.00	100										
<b>Pala</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	98.00	2.00	0.00	14.00	22.00	30.00	28.00	4.00				
	Colección Osteológica San Andrés	92.83	7.14	0.00	21.42	21.42	35.71	14.28					
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo												
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	99.91	0.00	0.00	60.80	4.34	4.34	17.39	13.04				
<b>Doble pala</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	26.00	26.00	48.00	10.00	8.00	8.00						
	Colección Osteológica San Andrés	26.66	40.00	33.33	20.00	6.66	0.00						
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo												
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	38.08	33.33	28.57	9.52	9.52	4.76	14.28					
<b>Convexidad Labial</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	62.00	10.00	28.00	60.00	2.00							
	Colección Osteológica San Andrés	21.42	14.28	64.28	21.42								

	Colección osteológica Danghu- Hidalgo							
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	52.62	10. 52	36.84	31.57	0.00	21.05	
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	60.00	24	10	0.00	4.00	60	2.00
<b>Surco</b>	Colección Osteológica San Andrés	5.26	63. 15	26.31	0.00	10.52	5.26	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	66.66	0.0 0	0.00	0.00	33.33	66.66	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	0.00	54. 16	33.33	12.5			
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	40.00	32. 00	26.00	18.00	12.00	6.00	4.00
<b>Tubérculo</b>	Colección Osteológica San Andrés	15.78	78. 94	5.26	0.00	10.52	0.00	5.26
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo		10 0					
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	29.16	62. 5	0.00	4.16	25.00	0.00	0.00
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	96.00	4.0 0	30.00	48.00	18.00		
<b>Cresta mesial</b>	Colección Osteológica San Andrés	58.6	41. 37	13.79	24.13	20.68		
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	90.00	10. 00	40.00	10.00	40.00		
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	82.04	17. 94	25.64	41.02	15.38		

<b>Cresta distal</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	92.00	2.00	6.00	48.00	30.00	12.00	2.00
	Colección Osteológica San Andrés	64.28	25.00	10.71	25.00	25.00	10.71	3.57
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	80.00	10.00	10.00	30.00	30.00	10.00	10.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	84.69	7.69	7.69	20.51	38.46	20.51	2.56

<b>UTO- Azteca</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	0.00	10.00	0.00	0.00
	Colección Osteológica San Andrés	0.00	10.00	0.00	0.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0.00	10.00	0.00	0.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	0.00	10.00	0.00	0.00

<b>MxPAR m</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	18.00	78.00	4.00	0.00	0.00	18.00
	Colección Osteológica San Andrés	0	89.28	10.71			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0	93.33	6.66			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	13.50	78.37	2.70	5.40	0.00	5.40

<b>MxPAR d</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	38.00	50.00	2.00	10.00	6.00	32.00
	Colección Osteológica San Andrés	3.57	92.85	3.57	0.00	0.00	3.57
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0	87.5	0.00	6.25		

	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	18.91	78.37	0.00	2.70	2.70	5.40	10.81	
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	54.00	30.00	6.00	10.00	22.00	30.00	0.00	2.00
<b>MxPAR m</b>	Colección Osteológica San Andrés	7.69	88.46	0.00	3.84	7.69			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0.00	94.11	5.88	0.00	0.00			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	15.78	73.68	2.63	7.89	7.89	5.26	2.63	
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	70.00	8.00	8.00	14.00	36.00	32.00	0.00	2.00
<b>MxPAR d</b>	Colección Osteológica San Andrés	3.84	96.15	0.00	0.00	3.84			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	5.88	88.23	5.88	0.00	5.88			
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	18.41	76.31	5.26	0.00	5.26	0.00	13.15	
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	80.00	
<b>Metacono</b>	Colección Osteológica San Andrés	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00	7.14	92.85	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	99.99	0.00	0.00	0.00	0.00	4.54	95.45	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	100.00	0.00	0.00	0.00	20.00	36.00	44.00	
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	84.00	14.00	2.00	28.00	34.00	0.00	12.00	10.00

<b>Hipocono</b>	Colección Osteológica San Andrés	158.81	0.00	5.88	11.76	58.82	0.00	82.35	5.88
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	86.35	13.63	0.00	9.09	27.27	0.00	31.81	18.18
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	36.36	12.12	51.51	21.21	15.15			
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	36.00	46.00	18.00	34.00	0.00	0.00	2.00	
<b>Cúspide 5</b>	Colección Osteológica San Andrés	24.24	69.69	6.06	12.12	6.06	6.06		
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	27.56	55.17	17.24	10.34	10.34	3.44	3.44	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	12.9	45.16	9.67	6.45	6.45			
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	68.00	28.00	4.00	8.00	26.00	14.00	6.00	2.00
<b>Tubérculo de Carabelli</b>	Colección Osteológica San Andrés	41.16	52.94	5.88	0.00	5.88	8.82	5.88	5.88
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	62.95	37.03	0.00	0.00	3.70	55.55	0.00	0.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	21.73	69.56	8.60	0.00	0.00	21.73		
	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	32.00	68.00	26.00	6.00				
<b>Paristilo</b>	Colección Osteológica San Andrés	0	10.00						
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0	10.00						
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	0	10.00						

<b>Fosa anterior</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	88.00	6.00	4.00	44.00	40.00	4.00
	Colección Osteológica San Andrés	35.71	50.00	10.71	25.00	7.14	3.57
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	3.70	7.40	3.70	0.00	3.70	0.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	69.22	30.76	0.00	34.61	26.92	7.69

<b>Patrón de surco</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	76.00	22	76.00			
	Colección Osteológica San Andrés	14.28	14.28	14.28	60.71	7.14	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	25.00	25.00	25.00	50.00		
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	15.38	7.69	1.00	15.38	76.92	

<b>No. Cúspides</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	100.00	0.00	82.00	18.00		
	Colección Osteológica San Andrés	86.2	10.34	68.96	17.24		
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	100.00	0.00	75.00	25.00	66.66	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	99.99	0.00	80.64	19.35		

<b>Protostílido</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	8.00	70.00	20.00	8.00	0.00	0.00	2.00
	Colección Osteológica San Andrés	0.00	10.00					
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0.00	10.00					

Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	0.00	10 0.0 0
--	------	----------------

<b>Cúspide 5 L</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	100.00	0.0 0	0.00	0.00	6.00	8.00	86.00
	Colección Osteológica San Andrés	82.13	17. 85	0.00	0.00	10.71	17.85	53.57
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	100	0.0 0	0.00	0.00	25	0.00	75.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	96.76	3.2 2	0.00	6.45	29.03	22.58	38.70

<b>Cúspide 6</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	16.00	84. 00	2.00	12.00	2.00
	Colección Osteológica San Andrés	10.33	86. 20	0.00	6.89	3.44
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	25.00	75. 00	0.00	0.00	25.00
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	5.7	94. 28	2.85	2.85	

<b>Cúspide 7</b>	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	6.00	90. 00	0.00	2.00	0.00	4.00
	Colección Osteológica San Andrés	10.33	89. 65	0.00	0.00	6.89	3.44
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	0.00	10 0.0 0	0.00	0.00	0.00	
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	4.00	96. 00	0.00	0.00	4.00	

Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	38.00	62. 00	0.00	10.00	4.00	18.00	4.00	0.00	0.00	2.00
--	-------	-----------	------	-------	------	-------	------	------	------	------

<b>Variación lingual</b>	Colección Osteológica San Andrés	19.98	74.28	0.00	0.00	11.42	5.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.85
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	50.00	50.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00					
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	38.09	4.76	57.14	28.57	4.76	0.00	4.76					

	Colección Odontológica Nacional de Interés Forense	90.00	10.00	32.00	56.00	2.00							
<b>Pliegue acodado</b>	Colección Osteológica San Andrés	48.13	48.14	7.40	33.33	7.40							
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo	50.00	50.00	0.00	50.00								
	Colección osteológica Danghu- Hidalgo DIENTES AISLADOS	89.46	10.52	42.10	10.52	36.84							

Anexo G Tabla de PCA completos de Modelos Dentales

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Standard deviation	21.5384	20.7084	17.7022	16.3057	13.1574	12.82878
Proportion of Variance	0.2018	0.1865	0.1363	0.1156	0.0753	0.07158
Cumulative Proportion	0.2018	0.3883	0.5246	0.6402	0.7155	0.78710
	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12
Standard deviation	10.48046	10.43484	7.75614	6.64825	6.07653	5.82380
Proportion of Variance	0.04777	0.04736	0.02616	0.01922	0.01606	0.01475
Cumulative Proportion	0.83487	0.88223	0.90840	0.92762	0.94368	0.95843
	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17	PC18
Standard deviation	4.42702	4.3157	3.18692	2.79301	2.65704	2.30921
Proportion of Variance	0.00852	0.0081	0.00442	0.00339	0.00307	0.00232
Cumulative Proportion	0.96696	0.9751	0.97948	0.98287	0.98594	0.98826
	PC19	PC20	PC21	PC22	PC23	PC24
Standard deviation	2.01800	1.87744	1.7314	1.54612	1.41790	1.33814
Proportion of Variance	0.00177	0.00153	0.0013	0.00104	0.00087	0.00078
Cumulative Proportion	0.99003	0.99156	0.9929	0.99391	0.99478	0.99556
	PC25	PC26	PC27	PC28	PC29	PC30
Standard deviation	1.25949	1.1773	1.0704	1.00367	0.89517	0.87341
Proportion of Variance	0.00069	0.0006	0.0005	0.00044	0.00035	0.00033
Cumulative Proportion	0.99625	0.9969	0.9973	0.99779	0.99814	0.99847
	PC31	PC32	PC33	PC34	PC35	PC36
Standard deviation	0.84803	0.73179	0.70954	0.6704	0.59730	0.4873
Proportion of Variance	0.00031	0.00023	0.00022	0.0002	0.00016	0.0001
Cumulative Proportion	0.99878	0.99902	0.99923	0.9994	0.99958	0.9997
	PC37	PC38	PC39	PC40	PC41	PC42
Standard deviation	0.4692	0.42466	0.36098	0.28052	0.23269	0.18202
Proportion of Variance	0.0001	0.00008	0.00006	0.00003	0.00002	0.00001
Cumulative Proportion	0.9998	0.99986	0.99992	0.99995	0.99998	0.99999
	PC43					
Standard deviation	0.14305					
Proportion of Variance	0.00001					
Cumulative Proportion	1.00000					

Anexo H, Tabal de probabilidades de pertenecia a un grupo rASUDAS, de 50 modelos dentales .

ID Ancestría	Temporalidad	Sexo	Edad	Procedencia de muestra	American Arctic & Northeast Asia	Australo-Melanesia & Micronesia	East Asia	American Indian	Southeast Asia & Polynesia	Sub-Saharan Africa	Western Eurasia
001-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	17	CDMX / Iztapalapa	0.008	0.0443	0.6947*	0.0674	0.1337	0	0.0316
002-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	18	CDMX / Xochimilco	0.0042	0.4159*	0.1128	0.0063	0.1494*	0.1008	0.2106*
003-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Magdalena Contreras	0.0017	0.02	0.7688*	0.0505	0.1369	0	0.0021
004-LAOD-MOD	Contemporanea	Masculino	16	Dato perdido	0.0003	0.3535*	0.004	0.0001	0.0646	0.0546	0.5229*
005-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	19	Dato perdido	0.2328*	0.0827	0.2188*	0.2348*	0.0828	0.0341	0.1139
006-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	18	Dato perdido	0.0011	0.0228	0.7548*	0.0775	0.1434*	0	0.0003
007-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	15	CDMX / Tláhuac	0.036	0.0235	0.5938*	0.2364*	0.063	0	0.0473
008-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	15	CDMX / Xochimilco	0.2328*	0.0827	0.2188*	0.2348*	0.0828	0.0341	0.1139
009-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	16	CDMX / Coyoacan	0.0157	0.0272	0.7191*	0.0722	0.1555*	0	0.0064
010-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	17	CDMX / Tlalpan	0.0089	0.4834*	0.1236	0.0044	0.1648*	0.0731	0.1217
011-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	12	CDMX / Coyoacan	0.0432	0.0066	0.2036*	0.724*	0.021	0	0.0016
012-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Gustavo A. Madero	0.0053	0.2148*	0.4431*	0.018	0.2523*	0.0342	0.0322
013-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	19	CDMX / Iztapalapa	0.002	0.2034*	0.1141	0.0051	0.142	0.1854*	0.3481*
014-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Iztapalapa	0.0289	0.0614	0.402*	0.0345	0.1761*	0.0824	0.2146*
015-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	12	CDMX / Iztapalapa	0.0207	0.0078	0.6945*	0.1897*	0.0495	0	0.0379
016-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	12	CDMX / Álvaro Obregón	0.039	0.0257	0.2556*	0.8346*	0.0442	0	0.0008
017-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	19	CDMX / Iztapalapa	0.1187	0.0552	0.3012*	0.4703*	0.052	0	0.0026
018-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	22	CDMX / Benito Juárez	0.0156	0.0271	0.4186*	0.4498	0.0576	0	0.0313
019-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	15	CDMX / Tlalpan	0.0134	0.1053	0.1821*	0.0211	0.1177	0.0423	0.5191*
020-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	12	Dato perdido	0.0398	0.1004	0.5635*	0.1895*	0.122	0	0.005
021-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	20	CDMX/ Cuauhtémoc	0.0007	0.3933*	0.1097	0.0012	0.1821*	0.1009	0.212*
022-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Coyoacan	0.0162	0.0373	0.6103*	0.1457*	0.1863*	0	0.0042
023-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	15	CDMX / Iztapalapa	0.1786*	0.0018	0.2369*	0.5685*	0.0135	0	0.0006
024-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	20	CDMX / Iztapalapa	0.001	0.1107	0.4568	0.0041	0.325*	0.0369	0.0664
025-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	20	CDMX / Gustavo A. Madero	0.1397	0.4245*	0.125	0.0371	0.1063	0.116	0.0514
026-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	21	CDMX / Coyoacan	0.0084	0.2263*	0.1992*	0.0071	0.1976*	0.1077	0.2527
027-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	11	CDMX / Iztapalapa	0.0407	0.2042*	0.388*	0.1063	0.2807*	0	0.0001
028-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	15	CDMX / Iztapalapa	0.0462	0.0239	0.2327*	0.6234*	0.0737	0	0.0001
029-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	16	CDMX / Tlalpan	0.1187	0.0552	0.3012*	0.4703*	0.052	0	0.0026
030-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	27	Dato perdido	0.2517*	0.008	0.383*	0.3213*	0.0344	0	0.0017
031-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	19	CDMX/ Cuauhtémoc	0.064	0.0189	0.7006*	0.1272	0.0684	0	0.0209
032-LAOD-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Coyoacan	0.0001	0.4799*	0.0464	0.0003	0.1282	0.238*	0.1069
033-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	16	CDMX / Gustavo A. Madero	0.2078*	0.0461	0.5478*	0.1371	0.0499	0	0.0112
034-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	16	CDMX / Coyoacan	0.0298	0.0496	0.5945*	0.1916*	0.0876	0	0.0527
035-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	12	CDMX / Coyoacan	0.0112	0.1706*	0.4679*	0.0948	0.2531*	0	0.0024
036-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	20	Dato perdido	0.0369	0.0009	0.112	0.8366*	0.0136	0	0
037-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	17	CDMX / Magdalena Contreras	0.0016	0.0162	0.7643*	0.0703	0.1452*	0	0.0004
038-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	11	CDMX / Benito Juárez	0.0474	0.0315	0.3731*	0.4722*	0.0745	0	0.0013
039-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	16	CDMX / Coyoacan	0.0396	0.1004	0.5635*	0.1695*	0.122	0	0.005
040-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	20	CDMX / Coyoacan	0.0037	0.5422*	0.0645	0.0086	0.0784	0.1051	0.1976*
041-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	16	Dato perdido	0.0317	0.0115	0.213*	0.7171*	0.025	0	0.0016
042-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	13	CDMX / Coyoacan	0.1143	0.0164	0.6192*	0.1472*	0.1009	0	0.002
043-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	14	CDMX / Iztapalapa	0.0176	0.0018	0.58*	0.355*	0.0452	0	0.0004
044-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	14	CDMX / Xochimilco	0.0402	0.3942*	0.1999*	0.0179	0.1336	0.0242	0.1909*
045-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	18	CDMX / Xochimilco	0.2517*	0.008	0.383*	0.3213*	0.0344	0	0.0017
046-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	15	CDMX / Tlalpan	0.0171	0.3716*	0.1277	0.0252	0.0931	0.0373	0.3278*
047-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	14	CDMX / Tlalpan	0.0637	0.2025*	0.1656*	0.1346	0.117	0.1613*	0.1153
048-LAOF-MOD	Contemporanea	Femenino	22	CDMX / Coyoacan	0.0145	0.1272	0.6248*	0.0273	0.1963*	0	0.0089
049-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	15	CDMX / Benito Juárez	0.1732*	0.317*	0.1153	0.2224*	0.1226	0.0443	0.0053
050-LAOF-MOD	Contemporanea	Masculino	16	CDMX / Magdalena Contreras	0.2292*	0.0481	0.3855*	0.2746*	0.0613	0	0

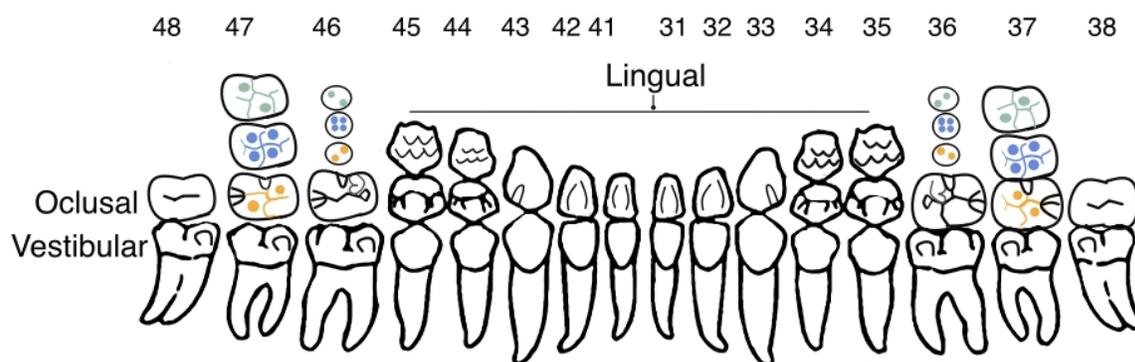
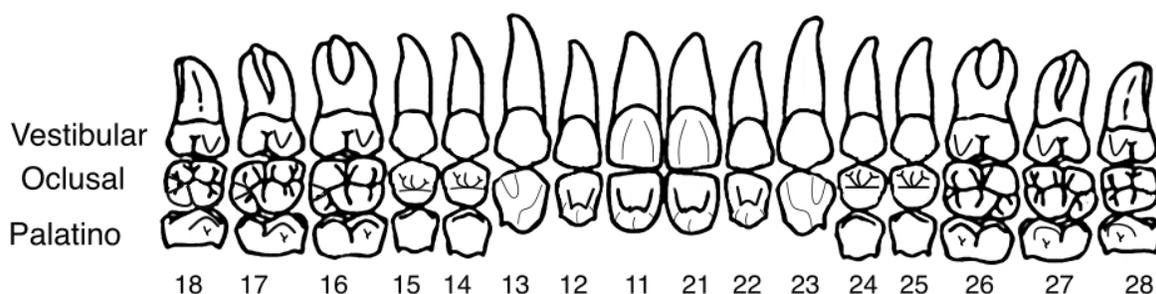
# Anexo I Cédula para identificación de caracteres morfológicos dentales

Formato No: \_\_\_\_\_

## GESTIÓN DE CADAVERES Y RESTOS HUMANOS NO IDENTIFICADOS POSTMORTEM

Estimación de Ancestría (órganos dentales): \_\_\_\_\_

Método empleado: \_\_\_\_\_



## Fenotipado

(Colorear en el diagrama el carácter observado y completar en el formulario el grado de expresión que presenta)

Pala (OD 11-21)

- 0-1
- 2-3
- 4-7
- Perdido /No observable

Pala (OD 12-22)

- 0-1
- 2-3
- 4-7
- Perdido /No observable

Doble pala (OD 11-21)

- 0-1
- 2-3
- 4+

Surco de interrupción (OD 11-21)

- 0
- Presente
- Perdido /No observable

MxPAR (OD 14-24)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

MxPAR (OD 15-25)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

Hipocono (OD 16-26)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

Hipocono (OD 17-27)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

Cresta distal canina (OD 33-43)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

Múltiple cúspide lingual (OD 34-44)

- 0-1
- 2-3
- Perdido /No observable

Múltiple cúspide lingual (OD 35-45)

- 0-1
- 2-3
- Perdido /No observable

Fosa anterior

- 0
- 1
- 2-3
- 4

Cúspide 5 (OD 37-47)

- 0-1
- 2-3
- 4+
- Perdido /No observable

Cúspide 6 (OD 36-46)

- 0
- 1-5
- Perdido /No observable

Cúspide 6 (OD 37-47)

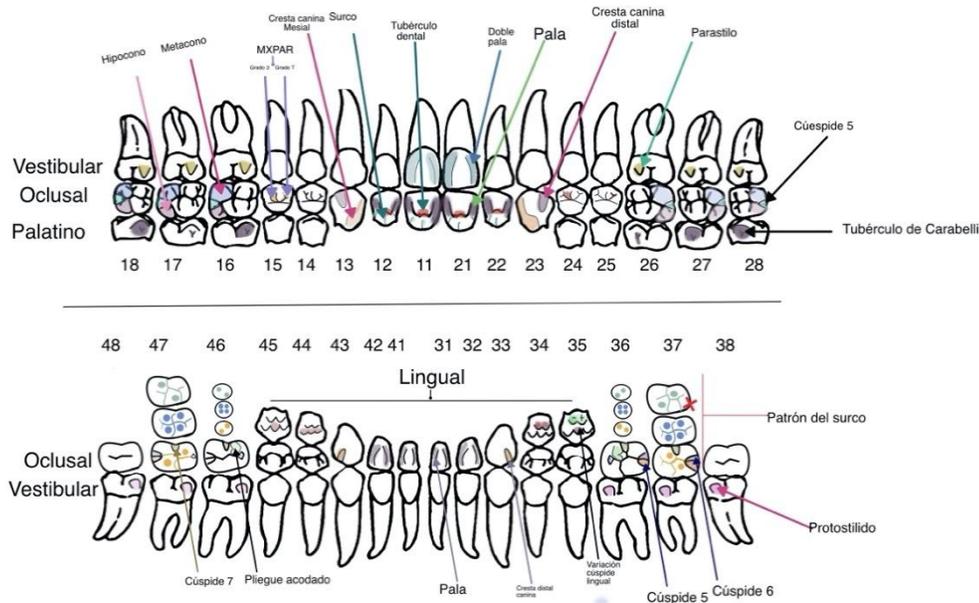
- 0
- 1-5
- Perdido /No observable

Cúspide 7 (OD 36-46)

- 0-1A
- 1-4
- Perdido /No observable

Surco de interrupción (OD 12-22) O 0 O Presente O Perdido /No observable	Tubérculo de Carabelli (OD 16-26) O 0-1 O 2-4 O 5+ O Perdido /No observable	Patrón del surco (OD 36-46) O X, + O Y O Perdido /No observable	Cúspide 7 (OD 37-47) O 0-1A O 1-4 O Perdido /No observable
Tubérculo dental (OD 11-21) O 0-1 O 2-3 O 4+ O Perdido /No observable	Tubérculo de Carabelli OD 17-27) O 0-1 O 2-4 O 5+ O Perdido /No observable	Patrón del surco OD 37-47) O X, + O Y O Perdido /No observable	Protostílido (Molares inferiores) O 0 O 1 O 2-7 O Perdido /No observable
Tubérculo dental (OD 12-22) O 0-1 O 2-3 O 4+ O Perdido /No observable	Cúspide 5 (OD 16-26) O 0 O 1-5 O Perdido /No observable	Pliegue acodado (OD 36-46) O 0-2 O 3 O Perdido /No observable	Microdoncia , reducción , perdida tercer molar O Ausencia O Presencia O Perdido /No observable
Cresta mesial canina (OD 13-23) O 0-1 O 2-3 O 4+ O Perdido /No observable	Cúspide 5 (OD 17-27) O 0 O 1-5 O Perdido /No observable	Cúspide 5 (OD 36-46) O 0-1 O 2-3 O 4+ O Perdido /No observable	
Cresta distal canina (OD 13-23) O 0-1 O 2-3 O 4+ O Perdido /No observable	Parastilo (OD 17-27) O 0-1 O 2 O 3		

## Ejemplo de llenado



### Pala

0. Ausencia
1. Expresión débil, palpable
2. Trazas: Elevaciones visibles
3. Semipala rebordes con tendencia a convergir en el cingulo
4. Semipala crestas marginales mas pronunciada que el grado 3
5. Pala: Fuerte desarrollo de crestas (invaginación).
6. Pala marcada: contacto de cresta mesial y distal en el cingulo
7. Forma de barril solo en laterales

### Doble pala

0. Ausencia
1. Débil: rebordes mesial y distal pueden ser observados a contra luz
2. Trazas: rebordes observados y con facilidad
3. Semi doble pala, los rebordes palpables
4. Doble pala : los rebordes se extienden hasta tercio medio
5. Doble pala pronunciada mayor expresión de las crestas desde tercio incisal ata tercio cervical
6. Doble pala extrema

### MxPAR

0. Ausente
- T. Cresta truncada
1. Trazas, cresta continua apenas perceptible
2. Cresta pequeña
3. Cresta continua mediana de espesor moderado
4. Cresta grande pronunciada

### Parastilo

0. Ausencia
1. Fosa cerca del surco vestibular que separa las cúspides 2 y 3
2. Se observa una pequeña cúspide con ápex adyacente
3. Cúspide de tamaño medio con ápex libre.
4. Cúspide de tamaño medio a grande .
5. Cúspide de tamaño grande
6. Aparición de una gran cúspide parecido a un supernumerario.

### Cúspide 5

0. Ausencia
1. Cúspide muy pequeña
2. Cúspide 5 pequeña
3. Tamaño medio
4. Cúspide 5 grande
5. Cúspide 5 muy grande

### Cúspide 6

0. Ausencia
1. La cúspide 6 es mucho mas pequeña que la cúspide 5
2. La cúspide 6 es mas pequeña que la cúspide 5
- 3.6 la cúspide 6 es del mismo tamaño que la cúspide 5
4. La cúspide 6 es más grande que la cúspide 5
5. La cúspide 6 es mucho más grande que la cúspide 5

### Cúspide 7

0. Ausencia de cúspide 7
1. Presencia débil
- 1A. Subtipo débil, aparece como protuberancia de la cúspide 2
2. Cúspide 7 pequeña
3. Cúspide de tamaño medio
4. Cúspide grande

## Surco de interrupción

- 0. Sin interrupciones
- M. Interrupción en el borde mesial
- D. Interrupción en el borde distal
- MD Interrupción en ambos bordes mesial y distal
- MED. Interrupción en la zona central del cingulo

## Tubérculo dental

- 0. Ausente
- 1. Cresta débil
- 2. Indicios de cresta
- 3. Cresta marcada
- 4. Cresta pronunciada
- 5. Pequeña cúspide con ápex libre

## Cresta mesial canina

- 0. Ausente
- 1. Cresta débil
- 2. Cresta poco desarrollada
- 3. Cresta moderada
- 4. Cresta muy pronunciada
- 5. Cresta marcada, unida con el cingulo

## Cresta distal canina

- 0. Ausencia
- 1. Presencia muy débil
- 2. Desarrollo débil de la cresta
- 3. Desarrollo moderado de la cresta
- 4. Fuerte desarrollo de la cresta
- 5. Presencia muy marcada de la cresta

## Patrón del surco

- 0. Ausencia
- Y. Cúspides 2 y 3 en contacto, no menor a 0.3mm
- + Las 4 cúspides hacen contacto y convergen en la fosa central
- X. Las cúspides 1 y 4 con contacto no menor de 0.3mm

## Cúspide 5 Superior

- 0. Ausencia
- 1. Indicios de presencia
- 3. Elevación palpables
- 4. Pequeña elevación
- 5. Cúspide de tamaño medio

## Hipocono

- 0. Ausencia
- 1. Presencia de un surco débil
- 2. Se expresa una pequeña elevación
- 3. Presencia de cúspide pequeña
- 4. Hipocono grade
- 5. Hipocono mas grande

## Pliegue acodado

- 0. Ausencia
- 1. Cresta recta con ligera desviación en el punto medio
- 2. Crsta vestibular presenta una desviación hacia distal si hacer contacto con la cúspide 4
- 3. Cresta vestibular presenta una desviación hacia distal haciendo contacto con la cúspide 4 y formando una L

## Tubérculo de Carabelli

- 0. Ausencia
- 1. Presencia de un surco
- 2. Fosa pequeña
- 3. Pequeña depresión en forma de Y
- 4. Gran depresión en forma de Y
- 5. Pequeña cúspide con ápex libre sin contacto con el surco palatino
- 6. Cúspide de tamaño medio, cara distal en contacto con el surco
- 7. Gran cúspide con ápex libre

## Variación de cúspide lingual

- A. Sin cúspide lingual
- 0. Una cúspide lingual (ápex libre)
- 1. Una o dos cúspides linguales
- 2. Dos cúspides linguales, la mesial mucho mas grande que la distal
- 3. Dos cúspides linguales la mesial mas grande que la distal
- 4. Dos cúspides linguales, de igual tamaño
- 5. Dos cúspides linguales, la distal mucho más grande que la mesial
- 6. Dos cúspides linguales la distal más grande que la mesial
- 7. Dos cúspides linguales la cúspide distal es bastante mas grande que la mesial
- 8. Tres cúspides linguales del mismo tamaño
- 9. Tres cúspides linguales, la cúspide mesial es mucho mas grande que la central y/o distal

## Parastilo

- 0. Ausencia
- 1. Fosa cerca del surco vestibular que separa las cúspides 2 y 3
- 2. Se observa una pequeña cúspide con ápex adyacente
- 3. Cúspide de tamaño medio con ápex libre.
- 4. Cúspide de tamaño medio a grande.
- 5. Cúspide de tamaño grande
- 6. Aparición de una gran cúspide parecido a un supernumerario

## Fosa anterior

- 0. Ausencia
- 1. Débil cresta que conecta la cúspide 1 y 2 (depresión apenas visible)
- 2. La cresta que conecta las cúspides es de mayor tamaño, depresión mas profunda
- 3. Depresión mayor que el grado 2
- 4. Reborde marginal es mas grueso y la depresión muy marcada

## Protostílido (Molares inferiores)

- 0. Superficie vestibular lisa
- 1. Cavidad en el surco vestibular
- 2. El surco se curva a distal
- 3. Un surco se curva a mesial
- 4. El surco secundario se vuelve más pronunciado
- 5. Surco más evidente
- 6. El surco secundario se extiende a través de la superficie vestibular de la cúspide 1 (Pequeña cúspide)
- 7. Cúspide con ápex libre