

*TRABAJO DE TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ESPECIALISTA EN OFTALMOLOGÍA*



Universidad Autónoma de Bucaramanga

***CREACIÓN DE UNA BASE NORMATIVA PARA UN TOPÓGRAFO Y TRES  
TOMÓGRAFOS CORNEALES EN OJOS NORMALES Y CON  
QUERATOCONO***

**DIRECTORES:**

Dr. Virgilio Galvis Ramírez  
Dr. Alejandro Tello Hernández  
Dr. Paul Camacho

**AUTOR**

Dra. Liliana María Arosemena Girolidi

Octubre del 2015

## Dedicatoria

*A Dios por permitirme soñar y cumplir su voluntad en mi vida.  
Gracias Dios, por los triunfos y momentos difíciles que me estimularon a crecer  
y me enseñaron a valorar cada día más tus inmensas bendiciones.  
A mi madre “Lilionga”, mi persona favorita, la que me enseñó a nunca rendirme  
a pesar de las adversidades, la que me ha acompañado incondicionalmente en  
todo momento de mi vida.*

*A mi hermano por su apoyo.*

*A mi padre, Diógenes Arosemena.*

*A mi hermana de la vida, Johani Dixon, su esposo, “Neno” Falcón, y sus padres,  
“tía” Chiky y “tío” Jorge Dixon, me quedo sin palabras para agradecerles, sin  
ustedes no hubiese sido posible.*

*A mi pareja, Jonattan Chanis, gracias por ser mi apoyo y fortaleza a lo largo de  
todo mi caminar.*

*A mis profesores y compañeros que con amor y paciencia estuvieron a mi lado  
para ser la profesional que soy hoy.*

*Y a todos los que de una u otra manera, me apoyaron en esta aventura.  
Para todos, lo logramos!!!*

**Lily**

## Tabla de Contenido

1. Introducción
2. Marco teórico

3. Pregunta de investigación
4. Objetivos
  - 4.1 Objetivo General
  - 4.2 Objetivo Específicos
5. Metodología
  - 5.1 Tipo de estudio
  - 5.2 Universo y Muestra
  - 5.3 Población
  - 5.4 Criterios de inclusión
  - 5.5 Criterios de exclusión
6. Consideraciones éticas
7. Resultados
8. Discusión
9. Conclusiones
10. Limitaciones
11. Anexos
12. Bibliografía

## **INTRODUCCIÓN**

La topografía y la tomografía corneal son exámenes que se realizan rutinariamente en aquellos pacientes interesados en cirugía refractiva. Es indispensable para descartar la presencia de patologías ectásicas de la córnea, como queratocono, y adicionalmente, porque los datos paquimétricos

suministrados por los tomógrafos se emplean para los cálculos del lecho estromal remanente luego de la ablación. Los topógrafos analizan la superficie corneal anterior como por ejemplo; el Keratron Scout, y los tomógrafos estudian de manera adicional, la superficie corneal posterior y otras estructuras del segmento anterior como por ejemplo; el Orbscan IIz, Galilei, Sirius, entre otros. En este estudio construiremos una base normativa de estos equipos en ojos sanos y con queratocono en una población de Floridablanca (Colombia).

El Keratron Scout es un equipo basado en la reflexión de alrededor de 26 discos de Plácido sobre la córnea, cuyos radios siendo el menor de 0.165mm y el mayor de 4.29mm. La imagen es capturada y digitalizada, para ser analizada por un software específico. Su desempeño es muy bueno en la determinación de radios de curvatura de la superficie anterior de la córnea, pero tiene la limitante inherente a su tecnología, de no realizar mediciones de la cara posterior, ni de otras estructuras del segmento anterior, razón por la que no puede generar datos de paquimetría, ni de profundidad de la cámara anterior, entre otros. Construye mapas de elevación anterior a partir de los datos de curvatura, con aproximaciones matemáticas.

El Orbscan IIz es un equipo híbrido, que cuenta con discos de Plácido más una luz de hendidura, permitiendo el análisis tanto de la cara anterior, posterior, de la superficie anterior del iris y el cristalino. Por ello, genera datos de paquimetría y profundidad de la cámara anterior. También genera datos de queratometría simulada (SimK), distancia blanco-blanco y ángulo kappa. Se ha demostrado su reproducibilidad en las mediciones en córneas sanas, pero en córneas operadas o con alteraciones ha sido puesta en duda su confiabilidad.

El Galilei también cuenta con discos de Plácido, más una hendidura rotacional que es captada por dos cámaras con el principio Scheimplug, lo que permite un mejor análisis del segmento anterior, y disminuye el error secundario a los movimientos oculares. El principio de Scheimpflug, que fue introducido en oftalmología en 1960, permite obtener imágenes enfocadas de la superficie anterior de la córnea a la superficie posterior del cristalino, y el primer instrumento comercial lo obtuvimos hacia finales de 1980. El Galilei fue

introducido recientemente en el 2007, se ha encontrado en estudios medida repetibles con este instrumento. La tecnología de Scheimplug consiste en que existe un ángulo entre el plano del lente, los planos del objeto y de la imagen con el fin de generar mayor profundidad de foco.

Finalmente, existe dos instrumentos que tienen una sola cámara de Scheimpflug y discos de Plácido, Sirius y TMS-5. Actualmente, existe muy poca literatura sobre éstos últimos. Nuestro trabajo se basará en el Sirius, el cual cuenta con discos de Plácido, y una hendidura rotacional captada por una cámara con el principio Scheimplug. Por su reciente introducción no existen valores de referencia para los diferentes parámetros que determina.

Nuestro estudio pretende obtener una base normativa de pacientes sanos y con queratocono, y a su vez, comparar las medidas automatizadas brindadas por el Keratron, Galilei, Sirius y Orbscan IIz.

## **MARCO TEÓRICO**

La córnea es considerada la estructura ocular con el poder refractivo más importante, ya que dos tercios del poder óptico depende de ella. Desde el año 1600, ya se conocía el interés para medir y calcular el poder queratométrico.

Scheiner fue quien comparó las reflexiones producidas por esferas de vidrio de diámetro conocido y las reflexiones producidas por la superficie anterior de la córnea. Desde entonces, muchos han sido los avances en la queratometría,

disco de Plácidos y queratocopia, evolucionando en terreno de su eficacia y habilidad para medir de mejor manera la superficie corneal. Durante los últimos años, la videoqueratografía computarizada, se ha vuelto parte de la práctica clínica. Ésta realiza un mapeo topográfico de la córnea para determinar su poder y forma. La combinación topográfica de la curvatura y elevación corneal tiene una alta capacidad para detectar y clasificar las anomalías, el ajuste de lentes de contacto y planes quirúrgicos (1)(2). Hoy en día el poder corneal se puede medir con base en 5 tecnologías: la queratometría manual, la queratometría automatizada, la topografía corneal con disco de Plácido, la topografía con luz de hendidura y la imagen Scheimpflug (3).

Al año se realizan millones de procedimientos de cirugía refractiva (4), y es donde la topografía corneal ha ganado su basta importancia, por su ayuda en determinar quiénes son los candidatos ideales para realizar las correcciones refractivas, y monitorizar la córnea intra y posoperatoriamente. De manera relevante, el realizar un buen análisis preoperatorio en nuestros pacientes, garantiza el riesgo de no aparición de ectasias corneales iatrogénicas. El mecanismo de las queratoectasias aún no es completamente conocido, pero los estudios parecen indicar la relación de pertinencia de un queratocono frusto preoperatorio o un queratocono preexistente (5)(6)(7). El queratonoco es una patología que inicialmente se manifiesta en la superficie corneal posterior, algunos sistemas de imágenes se han desarrollado para medir de manera eficaz esta superficie, y a su vez, excluir a los pacientes con riesgo de desarrollar queratoectasias (7). Podemos mencionar otra aplicación de los sistemas de videoqueratografías como lo es la medición efectiva del grosor corneal, considerado un parámetro importante para el diagnóstico de los pacientes con glaucoma, y más aún que hoy conocemos que variaciones en el grosor corneal puede afectar la eficacia de la tonometría de aplanación. Es muy importante la repetitividad y baja variación de las distintas evaluaciones para hacer un seguimiento adecuado de la córnea en el transcurrir del tiempo (8).

La topografía corneal originalmente se utilizó para describir la curvatura corneal. Nuevas tecnologías permitieron documentar la forma y curvatura, o la elevación de la córnea. Muchos sistemas mediante software ayudan a los clínicos guiándoles hacia ciertos diagnósticos como queratocono, degeneración

marginal pelúcida y/o la exposición previa a una cirugía refractiva. Existen ciertos índices y métodos de inteligencia artificial como por ejemplo; el Test de Rabinowitz-McDonnell, el índice de KISA%, el sistema experto de Klyce-Maeda-Smolek y el navegador corneal de Nidek, que ayudan a realizar el diagnóstico correcto de un queratocono. Algunos sistemas topográficos asumen una forma prolata de la córnea, por lo tanto, en ocasiones mal diagnostican o pasan desapercibidas corneas no prolatas o superficies corneales irregulares, como en el caso del queratocono. Inicialmente la topografía solo brindaba el mapa de curvatura. Luego fue evolucionando con el desarrollo del mapa de elevación que era calculado con los datos de curvatura. Este avance permitió mejores tratamientos de islas centrales y ablaciones descentradas. Más recientemente, la tomografía corneal ha permitido la medición directa de la elevación corneal. La Tomografía corneal es la creación de modelos tridimensionales creados a partir de dos cortes transversales. Esto se logra mediante la hendidura de sondeo, imágenes Scheimpflug, tomografía de coherencia óptica (OCT), y las imágenes de ultrasonido de frecuencia alta.

La primera tecnología que permitía medir la superficie posterior de la córnea fue el Orbscan mediante la hendidura de sondeo. Luego se perfeccionó un sistema híbrido que constaba de la hendidura de sondeo y la técnica reflectiva de Plácido. Cuarenta hendiduras son proyectadas secuencialmente en la córnea. Los bordes anterior y posterior de la hendidura son capturados y analizados. La imagen es luego visualizada en un mapa topográfico tridimensional. La presentación clásica incluye mapas de curvatura, de elevación anterior y posterior, y el mapa paquimétrico (Figura 2- ver anexos).

Lim y Fam estudiaron la forma de las córneas en la población asiática. Realizaron un estudio prospectivo no aleatorizado, evaluaron 724 ojos, y documentaron la esfera de mejor ajuste anterior y posterior, la queratometría simulada media, el blanco- blanco horizontal y la profundidad de cámara anterior. Esta información es muy importante en dicha población por la alta prevalencia de miopía, y por esto, el crecimiento de la cirugía refractiva.

Hoy en día sabemos la importancia del papel que juega la superficie posterior de la córnea en relación a la integridad estructural y calidad óptica. Conocido esto, en el año 1995, fue cuando se introduce a la práctica clínica el topógrafo Orbscan, este fue un gran paso hacia el objetivo de conocer más

detalladamente toda la estructura corneal y su capacidad óptica (9). Ha sido el método más usado para medir las características de la córnea. El primer sistema Orbscan permitía acceder a valores de curvatura, grosor y elevación corneal usando una luz de hendidura sobre la córnea (10). Más tarde surge el Orbscan II (Bausch & Lomb) (Figura 2- ver anexos), un sistema híbrido que adquiere la información a través de una hendidura de barrido y le adhieren un anillo de Plácido. Los datos logrados con la hendidura de barrido y la paquimetría corneal se utilizan para generar mapas de elevación de la córnea anterior y posterior. Las reflexiones de los discos de Plácido suplementan la hendidura de barrido para generar la información y obtener los mapas de curvatura, como lo son los mapas queratométricos tanto axial como meridional. Los mapas de elevación se calculan utilizando una esfera de mejor ajuste (EMA) (Figura 1- ver anexos), sin esta esfera, pequeñas variaciones de la elevación corneal pudiesen quedar enmascaradas. La esfera de mejor ajuste, se puede comprender como que la suma de las elevaciones son iguales a la suma de las depresiones. La magnitud de la EMA es importante para determinar el perfil de elevación relativa de la córnea (6). Desde la década pasada, el amplio uso del sistema del Orbscan II, se ha convertido en como instrumento de referencia por muchos cirujanos refractivos (8)(11).

La tecnología de imagen Scheimpflug fue la segunda que permitió la medición de la superficie corneal posterior. Tiene aplicaciones clínicas como lo son la medición de la forma, poder y paquimetría corneal, y a su vez, ayudar a los cirujanos de catarata en el cálculo del lente intraocular (12).

Las cámaras Scheimpflug proveen medidas que eran imposible obtener hace algunos años atrás. Son capaces de acceder la curvatura corneal posterior, el poder total dióptrico corneal (poder de toda la córnea que incluye tanto la superficie anterior y la posterior), y el volumen y profundidad de la cámara anterior. De igual manera, nos ayudan a obtener mapas paquimétricos e imágenes transversales de la córnea, el cristalino y el lente intraocular (13). Fue en el 2002, que se introduce la primera cámara rotacional de Scheimpflug, y surgen aparatos como el Pentacam (Oculos Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Germany. Posteriormente, se introduce el Galilei (Zeimer Ophthalmic Systemis AG, Zurich, Switzerland) (Figura 3- ver anexos) y el Sirius (Costruzione Strumenti Oftalmici, Florence, Italy) (Figura 4- ver anexos), los cuales son una

combinación de las cámaras de Scheimpflug con el sistema de topografía de Plácido. Para obtener el poder queratométrico de la superficie anterior de la córnea, el Pentacam se basa en las imágenes de Scheimpflug, mientras que el Galilei y Sirius, lo hacen mediante los discos de Plácido(14).

El principio de Scheimpflug se introduce en la oftalmología en 1960, y el primer instrumento (EAS 1000, Nidek Co. Ltd.; SL-45, Topcon Corp.) estuvo disponible comercialmente a finales de 1980. Sin embargo, la primera cámara Scheimpflug que ganó popularidad clínica fue el Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH), que se introdujo en 2002, e incluía un software que analizaba la captura de imágenes transversales y las transformaba en un modelo tridimensional y relacionaba medidas cuantitativas (ejemplo: curvatura anterior y posterior de la córnea, grosor central y periférico de la córnea, profundidad y volumen de cámara anterior) que podían adjuntarle mayor información al cirujano del segmento anterior (15) (16).

Los dispositivos que incorporan el principio de Scheimpflug han demostrado ser más precisos en la medición de la dispersión de la luz y más confiables para obtener datos de medición cuantitativa del segmento anterior y la biometría corneal. Nos ayudan al diagnóstico de patologías corneales, planificación de la cirugías refractivas y seguimiento de patologías ectásicas de una manera más eficaz que los sistemas anteriores de que median la luz dispersa. En resumen, los sistemas de imágenes han evolucionado, ya que en primera instancia únicamente se evaluaba la superficie de la córnea anterior, el mejor ejemplo; los queratómetros y los topógrafos basados en los discos de Plácido. Hoy en día existen sistemas más sofisticados con la capacidad de evaluar la curvatura corneal posterior, como por ejemplo tenemos los sistemas: Orbascan II, Pentacam y Galilei (7).

El sistema de imágenes en 3D del Sirius combina dos mecanismos de acción: la cámara rotacional de Scheimpflug amonocromática de 360 grados y la topografía mediante los discos de Plácido. El proceso de sondeo adquiere una serie de 25 imágenes Scheimpflug y un imagen superior con anillo de Plácido de 22 anillos. Una luz LED de 475nm es usada para medir 35,632 puntos de la superficie anterior de la córnea y 30,000 puntos de la córnea posterior. Los datos de altura, curvatura y depresión corneal son calculados por las imágenes de Plácido y los perfiles de superficie corneal (anterior y posterior), cristalino

anterior y superficie del iris son calculados por las imágenes de Scheimpflug. Un mapa paquimétrico es reconstruido usando punto a punto datos de la superficie corneal anterior y posterior (17). Su repetitividad ha sido medida y validada para la curvatura corneal, grosor corneal mínimo y profundidad de cámara anterior (18) (13) (15).

El sistema de análisis de el Galilei (Dual Scheimpflug system; Zimmer Ophthalmics, Port, Switzerland), un sistema desarrollado recientemente, está compuesto de una dualidad mejorada de canales para dos cámaras de Scheimpflug, separadas a 180 grados, y combinada con la tecnología de Plácido. Teóricamente, las dos cámaras nos brindan la ventaja de grabar simultáneamente y compensar micro-movimientos durante la toma del examen, lo que concluye un tecnología más confiable para obtener datos paquimétricos y de curvatura posterior (2)(19). Recientemente, se han incluido tomógrafos que permiten una medición más eficaz de la curvatura corneal posterior, el ángulo iridocorneal y el cristalino. Estos sistemas permiten la recreación de múltiples imágenes, lo que conlleva a una mejor evaluación de la elevación y grosor corneal (18). Salouti y Karmian, revelaron que el Galilei tiende a subestimar los mapas de elevación anterior, dando mayor significancia a la superficie posterior de la córnea. Por lo tanto, si esta técnica se utiliza como tamizaje para candidatos a cirugía refractiva, esta subestimación puede resultar en no diagnosticar queratoconos en estadios tempranos. Savini y asociados, concluyeron que el Galilei es un sistema con alta eficacia para calcular el poder corneal total, y consecuentemente, calcular el adecuado poder de lente intraocular en las cirugías refractivas (3).

El Keratron Scout (Opticon, USA) (Figura 5- ver anexos) es un equipo basado en la reflexión de alrededor de 26 discos de Plácido sobre la córnea, cuyos radios siendo el menor de 0.165mm y el mayor de 4.29mm. La imagen es capturada y digitalizada, para ser analizada por un software específico. Similar a todos los topógrafos, el Keratron, deriva los datos de curvatura por la medida de las distancias entre los anillos proyectados sobre la córnea, específicamente, la K simulada es calculada como la media entre el poder el meridiano más plano a 3mm de diámetro y el poder del meridiano a 90 grados de éste, independientemente de su curvatura, por lo tanto, el último no será el meridiano más curvo (15). Su desempeño es muy bueno en la determinación

de radios de curvatura de la superficie anterior de la córnea, pero tiene la limitante inherente a su tecnología, de no realizar mediciones de la cara posterior, ni de otras estructuras del segmento anterior, por lo que no puede generar datos de paquimetría, ni de profundidad de la cámara anterior, entre otros. Construye mapas de elevación anterior a partir de los datos de curvatura, con aproximaciones matemáticas.

Por último, el Queratocono es una condición no inflamatoria, usualmente un desorden ectásico progresivo, caracterizado por un adelgazamiento y protusión central de la córnea, desencadenando disminución de la agudeza visual por una miopía y un astigmatismo irregular (20). Su etiología se mantiene desconocida, a pesar de haber sido ampliamente estudiada, en relación a su genética, bioquímica, y hasta algunos aspectos de su comportamiento. Con una incidencia de 1 en 4000 Asiáticos, de 1 en 30000 Caucásicos y de 1 en 3 candidatos a cirugía refractiva (21). El término de queratocono subclínico aplica a un estadio temprano de esta condición, cuando las características retinoscópicas, biomicroscópicas y signos queratométricos están ausentes pero presenta sutiles características topográficas similares al queratocono clínico, que sólo son evidentes en la topografía moderna (20).

Hoy en día existe poca literatura que sustente los rangos normales de las elevaciones y depresiones corneales, y por consiguiente, los rangos en las patologías relacionadas, como el queratocono. En nuestro estudio planeamos obtener una base normativa de pacientes sanos y con queratocono, y a su vez, comparar las medidas automatizadas brindadas por el Keratron, Galilei, Sirius y Orbscan IIz.

**PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cuáles son los valores normales corneales calculados mediante la tomografía y topografía corneal en los pacientes sanos y con queratonoco en una población, Floridablanca (Colombia)?

## **OBJETIVO**

1. Establecer una base normativa de los equipos tomográficos (Orbscan IIz, Sirius, Galilei) y el topógrafo Keratron para un grupo de ojos sanos y un grupo de ojos con queratocono en Floridablanca (Colombia).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar una base normativa de cada uno de los equipos en los pacientes sanos y con queratocono de la población de Floridablanca.
2. Establecer la base normativa por grupo de edad y sexo. Comparar los parámetros respectivos en los pacientes sanos y con queratocono de los distintos equipos teniendo como punto de comparación los valores obtenidos con el tomógrafo Orbscan.
3. Obtener y valorar los parámetros para observar correlación en los parámetros con los distintos equipos.

## **PACIENTES Y MÉTODOS**

En este trabajo prospectivo se analizaron 96 ojos de pacientes sanos interesados en cirugía refractiva y 29 ojos de pacientes con diagnóstico de queratocono previo a manejo de su patología con cirugía de entrecruzamiento del colágeno corneal (crosslinking). Con un promedio de edad de 36 años (rango de 20 a 53 años) que asistieron al Centro Oftalmológico Virgilio Galvis, Floridablanca, Colombia entre los meses de Junio de 2011 y Abril de 2013. Se incluyeron como "Normales" a pacientes con córneas normales, definidas de

acuerdo a los resultados del Orbscan IIz, teniendo como criterios de inclusión: Paquimetría central mayor de 500 micras; elevación posterior máxima menor de 40 micras; diferencia de la curvatura superior e inferior medida a 3 mm, menor de 1.4 D y patrón del mapa axial anterior simétrico (Figura 6- ver anexos) (22)(23).

Se incluyeron como con diagnóstico de “queratocono” a pacientes con córneas anormales, tomando como parámetro los resultados del Orbscan IIz, teniendo como criterios de inclusión: Paquimetría central menor de 500 micras, elevación posterior máxima mayor de 40 micras, diferencia de la curvatura superior e inferior medida a 3mm mayor de 1.4D y patrón del mapa axial anterior asimétrico, diferencia en micras entre el punto de la máxima elevación posterior y máxima depresión posterior igual a 100 (criterio de Roush) (Figura 7- ver anexos).

Como criterios de exclusión se consideraron: antecedente de cirugías oculares, ojos que no cumplieran con todos los criterios de inclusión de acuerdo a lo mencionado anteriormente y los ojos sin los cuatro sistemas de imágenes (Figura 8- ver anexos).

Los pacientes seleccionados se incluían en la base de datos como pacientes normales y con queratocono, seguidamente, se les realizaba la toma con los otros tres aparatos.

Los exámenes fueron realizados por optómetras expertos del consultorio, corroborando la calidad de la toma (CJ, OB). Cada medida fue repetida si la calidad era baja. En el Galilei y el Siruis la calidad de la imagen es discernible por un índice mínimo de calidad, proveído por el fabricante. En el Keratron se tomaban cuatro imágenes y se escogía la de mejor calidad.

Los parámetros obtenidos por los 4 instrumentos se introdujeron en una hoja de trabajo de Excel (Microsoft corp.) y los tomados en cuenta para este estudio fueron: máxima elevación anterior (MEA), máxima depresión anterior (MDA), máxima elevación posterior (MEP), máxima depresión posterior (MDP), esfera de mejor ajuste anterior (EMAA), esfera de mejor ajuste posterior (EMAP), queratometría más plana (K1) y más curva (K2), paquimetría más delgada y profundidad de cámara anterior medida desde el endotelio (ACD) (Figura 7- ver anexos).

Las elevaciones anteriores fueron medidas por los cuatro equipos (en el caso del Keratron basándose en cálculos matemáticos a partir de los radios de curvatura de la cara anterior), mientras que las posteriores solo por los tomógrafos. En todos los equipos se emplearon los parámetros pre-establecidos para la determinación de la esfera de mejor ajuste y la modalidad de comparación con la superficie de la córnea. La máxima elevación anterior y posterior, definidas como el punto más alto en relación con la esfera de mejor ajuste, fue tomada en los 5 mm centrales y la máxima depresión anterior y posterior, definidas como el punto más bajo en relación con la esfera de mejor ajuste, fue tomada en un diámetro máximo de 12 mm.

Las queratometrías simuladas (SimK) se anotaron en dioptrías calculadas a partir del radio de curvatura por el equipo, usando el índice queratométrico estándar de 1.3375.

La paquimetría (teniendo en cuenta el punto más delgado) y la profundidad de la cámara anterior solo se midieron con los tomógrafos.

Para cada instrumento las medidas fueron tomadas de acuerdo a las guías del fabricante. Cada dispositivo se enfocaba en el eje visual del paciente por medio de una luz de fijación central. Se le decía al paciente que parpadeara y mantuviese completamente abierto su ojo antes de cada toma.

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Según la resolución 8430 de 1993 en su artículo 11 se considera que este estudio está clasificado como:

Investigaciones con riesgo mínimo: “Son estudios prospectivos que emplean el registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran: pesar al sujeto, electrocardiogramas, pruebas de

agudeza auditiva, termografías, colección de excretas y secreciones externas, obtención de placenta durante el parto, recolección de líquido amniótico al romperse las membranas, obtención de saliva, dientes deciduales y dientes permanentes extraídos por indicación terapéutica, placa dental y cálculos removidos por procedimientos profilácticos no invasores, corte de pelo y uñas sin causar desfiguración, extracción de sangre por punción venosa en adultos en buen estado de salud, con frecuencia máxima de dos veces a la semana y volumen máximo de 450 ml en dos meses excepto durante el embarazo, ejercicio moderado en voluntarios sanos, pruebas psicológicas a grupos o individuos en los que no se manipulará la conducta del sujeto, investigación con medicamentos de uso común, amplio margen terapéutico y registrados en este Ministerio o su autoridad delegada, empleando las indicaciones, dosis y vías de administración establecidas y que no sean los medicamentos que se definen en el artículo 55 de esta resolución”.

### **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Fueron considerados con propósitos estadísticos ambos ojos (58 pacientes (47 sanos y 11 queratoconos) que cumplieran con los criterios de inclusión. El grado de concordancia fue evaluado entre los 4 instrumentos con el Orbscan II mediante el método de Bland and Altman, que sugiere trazo de las diferencias entre las medidas del eje y, y su media en el eje x.

Los trazos de Bland and Altman permiten la evaluación de las diferencias sistemáticas entre medidas. La diferencia de la media es el sesgo estimado, y

la desviación estándar de la medida de la media mide las fluctuaciones al azar alrededor de la media. Si el valor medio de la diferencia difiere significativamente del 0, tal como se determina sobre la base de una muestra de ensayo de 1-t, que indica un sesgo fijo.

El límite del 95% de concordancia (LoA) fue definido como  $G \pm 2 \text{ SD}$  de la diferencia entre las medidas tomadas con los respectivos instrumentos.

Se usó la prueba de Kruskal- Wallis como método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos.

El resto del análisis fue realizado utilizando Microsoft Excel.

Se obtuvo un valor de P menor de 0.05 como estadísticamente significativo.

## **RESULTADOS**

Se incluyeron 49 pacientes en el grupo de “normales” (los 2 ojos de 47 pacientes y 1 solo ojo de 2 pacientes = 96 ojos). El 44.9% (n=22) de los pacientes fueron mujeres y el 55.1% (n=27) hombres. De los 96 ojos incluidos, 43 ojos fueron de mujeres y 53 ojos de pacientes varones. La media de la edad de la población fue de  $36,21 \pm 10,45$  años.

Se incluyeron 18 pacientes con “queratocono” (los 2 ojos de 11 pacientes y 1 ojo de 7 pacientes= 29 ojos). El 66.6% (n=12) de los pacientes fueron mujeres

y 33.3% (n=6) hombres. De los 29 ojos incluidos, 20 ojos fueron mujeres, y 9 ojos de pacientes varones. La media de la edad de la población fue de  $31.2 \pm 6.36$  años.

Los resultados obtenidos, que constituyen nuestra base normativa, para los valores de la máxima elevación anterior (MEA) y la máxima elevación posterior (MEP); los radios de curvatura de las esferas de mejor ajuste (EMA) para la cara anterior y para la cara posterior, determinados por el equipo; los meridianos más plano (K1) y más curvo (K2) de la queratometría simulada; el punto paquimétrico más delgado y la profundidad de la cámara anterior (ACD), se muestran en la **Tabla 1- sanos** y **Tabla 2- queratoconos**. Para cada parámetro estudiado con cada equipo se determinó el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza del 95%.

Para los pacientes sanos:

La media de MEA, MEP, DMP, EMA anterior y posterior, paquimetría y ACD fue estadísticamente diferente entre los 4 instrumentos ( $P < 0.001$ ), lo que quiere decir que los valores obtenidos para dichas medidas son diferentes en los cuatro equipos.

En cuanto a los valores de la media obtenidos para A K1y K2, fueron estadísticamente significativos, por lo tanto, los valores de las medias son similares medidos entre los 4 equipos.

Para la media de la MEP, nos dieron valores más altos con el Orbscan, mientras que valores más disminuidos con el Sirius y Galilei.

Para los pacientes con queratocono:

La media de MEA, MEP, MDP y la paquimetría fueron estadísticamente significativas ( $P < 0.001$ ), lo que nos quiere decir que son realmente diferentes los valores obtenidos con los diferentes equipos.

En los pacientes con queratocono existe más concordancia entre los valores obtenidos con los diferentes equipos específicamente en el radio de curvatura de la EMA de superficie anterior y posterior medidos en milímetros.

Para la K1 y K2 se observó concordancia entre los 4 equipos, mientras que para la ACD concuerdan entre los 3 equipos que obtienen dicho valor.

El grado de concordancia fue evaluado entre los 4 instrumentos con el Orbscan II mediante el método de Bland and Altman, que sugiere trazo de las

diferencias entre las medidas del eje y, y su media en el eje x (**Gráficos -ver anexos**).

Tabla 1. Todas las variables en pacientes **sanos**.

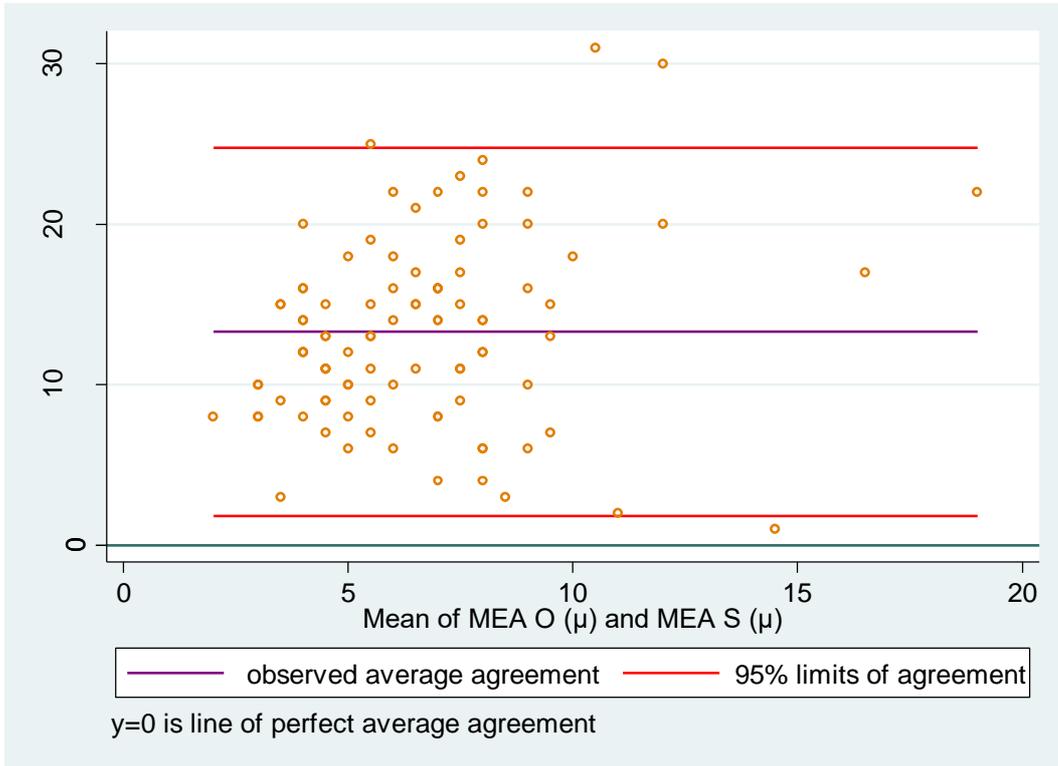
Tabla 1: Parámetros con los cuatro equipos en el grupo "normales"					
Parámetros	Orbscan	Sirius	Galilei	Keratron	P value*
	n=96	n=96	n=96	n=96	
Elevación Máxima de la Superficie Anterior ( $\mu\text{m}$ )	13.28 $\pm$ 4.51	-0.010 $\pm$ 3.53	3.5 $\pm$ 1.63	1.82 $\pm$ 1.22	<0.001
Elevación Máxima de la Superficie Posterior ( $\mu\text{m}$ )	26.99 $\pm$ 6.16	0.54 $\pm$ 4.03	8.01 $\pm$ 3.43		<0.001
Depresión Máxima de la Superficie Posterior ( $\mu\text{m}$ )	-39.45 $\pm$ 14.03	-89.04 $\pm$ 22.49	-33.71 $\pm$ 14.22		<0.001
Radio de Curvatura de la BFS de la superficie anterior (mm)	7.95 $\pm$ 0.26	8.06 $\pm$ 0.26	7.86 $\pm$ 0.25	7.80 $\pm$ 0.23	<0.001
Radio de curvatura de la BFS de la superficie posterior (mm)	6.50 $\pm$ 0.28	6.83 $\pm$ 0.27	6.57 $\pm$ 0.26		<0.001
K1 (meridiano más plano) Mapa Axial (D)	43.09 $\pm$ 1.47	43.46 $\pm$ 1.99	42.61 $\pm$ 1.34	42.75 $\pm$ 1.28	0.0170
K2 (meridiano más curvo) Mapa Axial	44.18 $\pm$ 1.62	44.57 $\pm$ 2.17	43.77 $\pm$ 1.51	43.82 $\pm$ 1.43	0.0712
Paquimetría (Punto más delgado)	540.81 $\pm$ 20.91	536.31 $\pm$ 19.41	550.88 $\pm$ 18.85		<0.001
Profundidad de la Cámara Anterior (mm)	2.77 $\pm$ 0.39	2.90 $\pm$ 0.39	2.98 $\pm$ 0.39		<0.001

Tabla 2. Todas las variables en pacientes con queratocono.

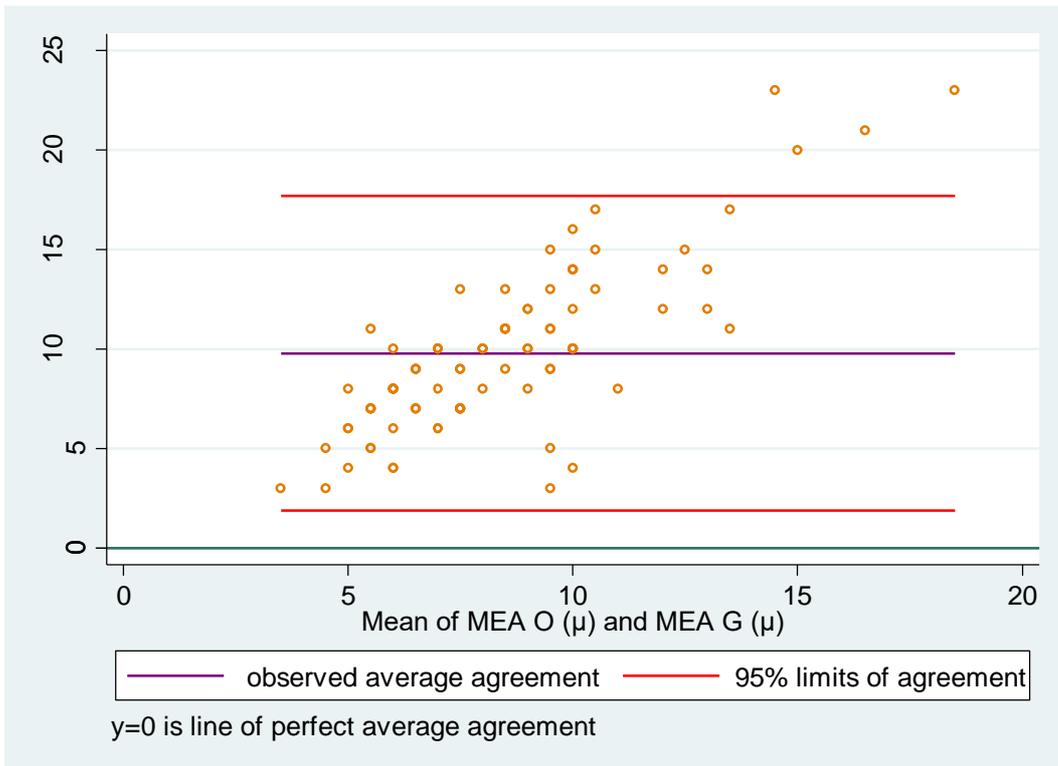
Tabla 2: Parámetros con los cuatro equipos en el grupo "queratocono"					
Parámetros	Orbscan	Sirius	Galilei	Keratron	P value*
	n=29	n=29	n=29	n=29	
Elevación Máxima de la Superficie Anterior ( $\mu\text{m}$ )	40.3 $\pm$ 22.1	15.9 $\pm$ 11.0	22.6 $\pm$ 21.8	10.0 $\pm$ 6.36	<0.001
Elevación Máxima de la Superficie Posterior ( $\mu\text{m}$ )	81.8 $\pm$ 37.4	30.3 $\pm$ 24.4	39.4 $\pm$ 22.9		<0.001
Depresión Máxima de la Superficie Posterior ( $\mu\text{m}$ )	-70.9 $\pm$ 28.1	-108.5 $\pm$ 38.6	-84.5 $\pm$ 35.0		<0.001
Radio de Curvatura de la BFS de la superficie anterior (mm)	7.58 $\pm$ 0.34	7.44 $\pm$ 0.39	7.33 $\pm$ 0.43	7.23 $\pm$ 0.63	0.1069
Radio de curvatura de la BFS de la superficie posterior (mm)	6.08 $\pm$ 0.32	6.23 $\pm$ 0.42	6.05 $\pm$ 0.33		0.2479
K1 (meridiano más plano) Mapa Axial (D)	44.8 $\pm$ 3.55	44.9 $\pm$ 2.76	45.9 $\pm$ 3.75	45.2 $\pm$ 3.54	0.7878
K2 (meridiano más curvo) Mapa Axial	50.0 $\pm$ 4.66	48.2 $\pm$ 3.15	50.2 $\pm$ 5.36	49.6 $\pm$ 4.49	0.6840
Paquimetría (Punto más delgado)	430.6 $\pm$ 43.9	477.9 $\pm$ 57.6	474.0 $\pm$ 45.5		<0.001
Profundidad de la Cámara Anterior (mm)	3.20 $\pm$ 0.18	3.26 $\pm$ 0.16	3.28 $\pm$ 0.19		0.2982

**Gráficos de pacientes sanos** – grado de concordancia fue evaluado entre los 4 instrumentos con el Orbscan II mediante el método de Bland and Altman.

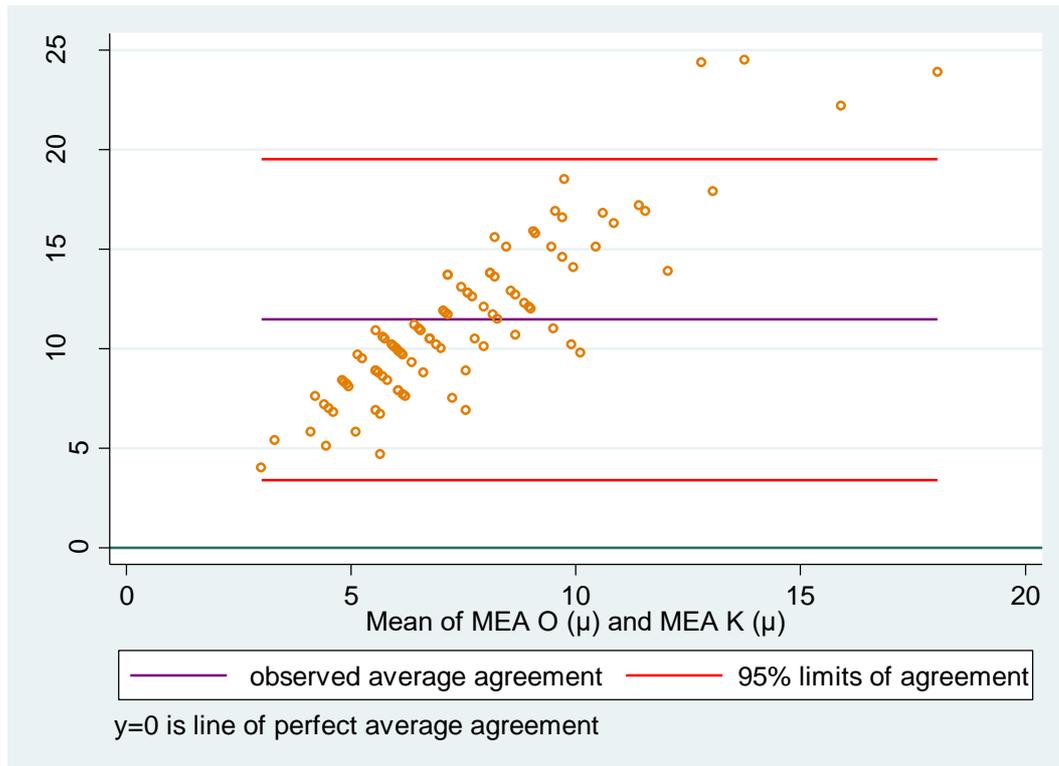
**Elevación Máxima de la superficie anterior**  
Orbscan vs Sirius



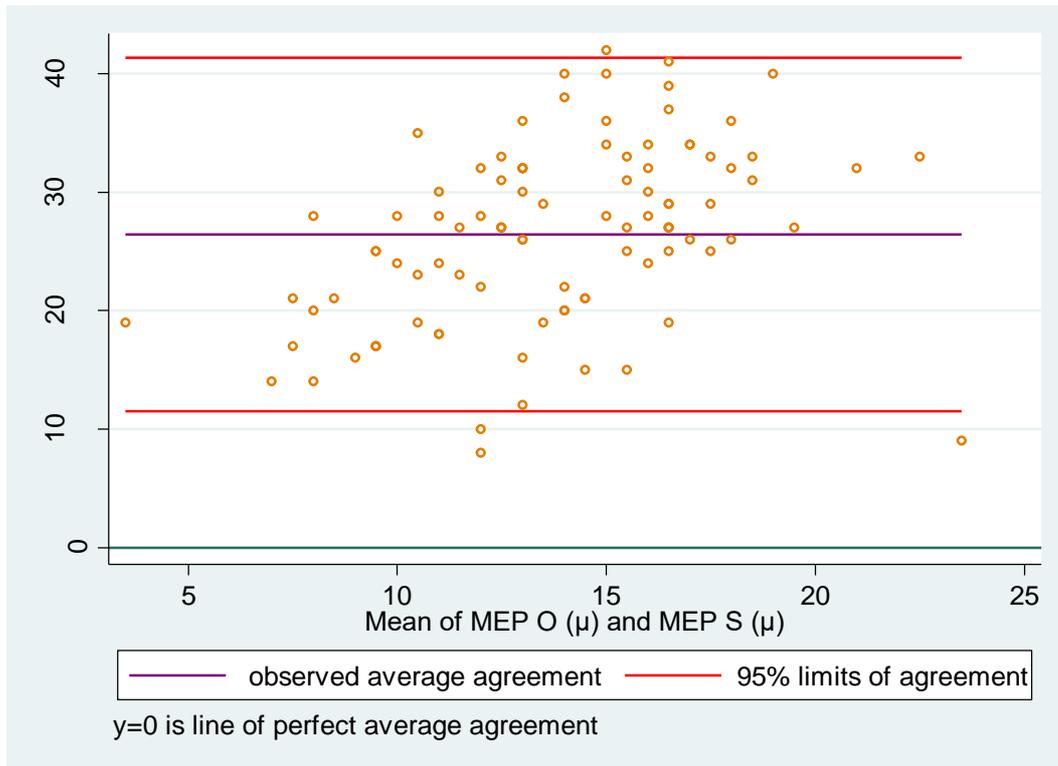
Orbiscan vs Galilei



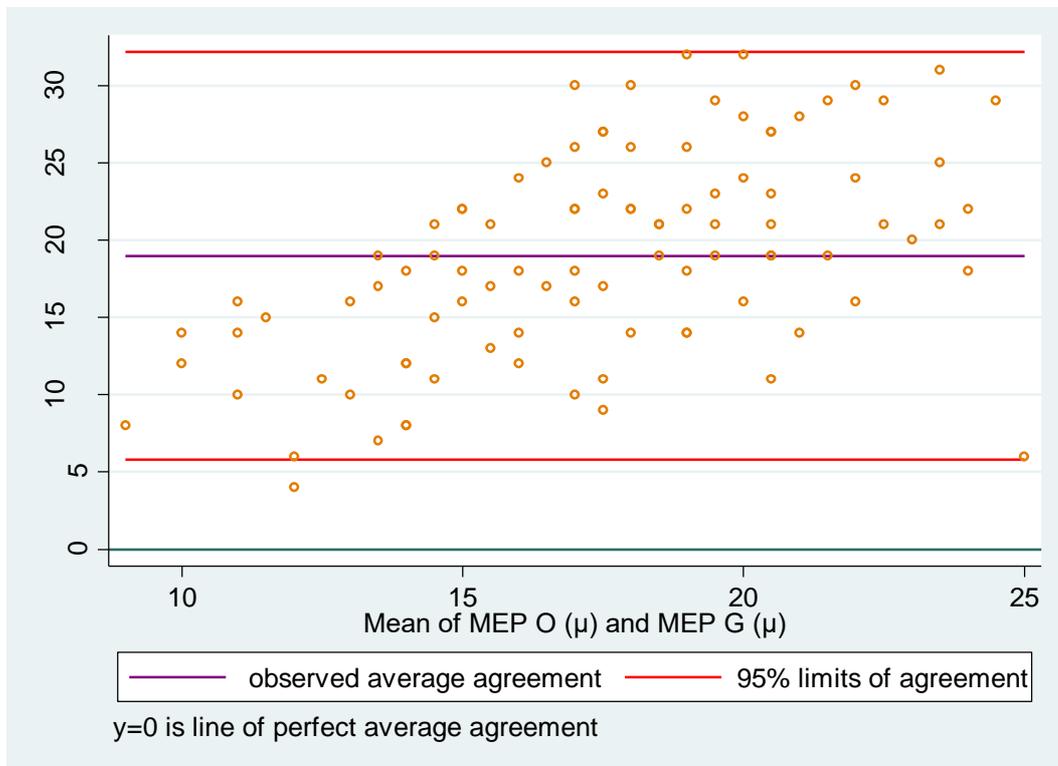
## Orbscan vs Keratron



### Elevación Máxima de la Superior Posterior Orbscan vs Sirius

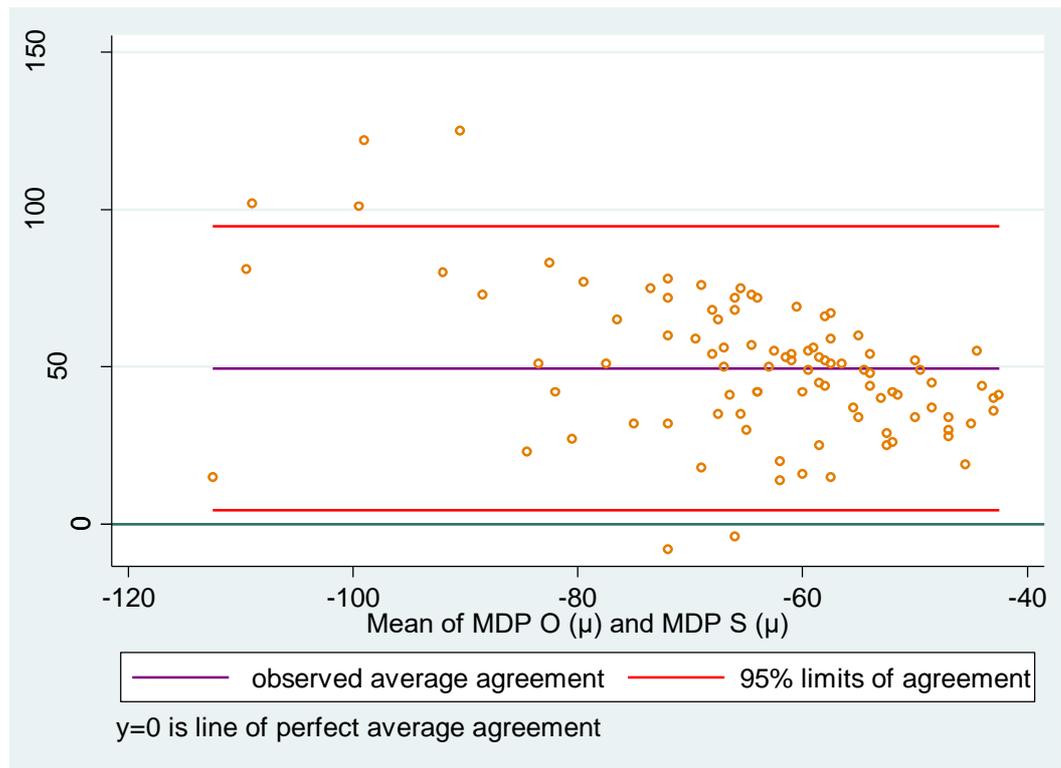


### Orbscan vs Galilei

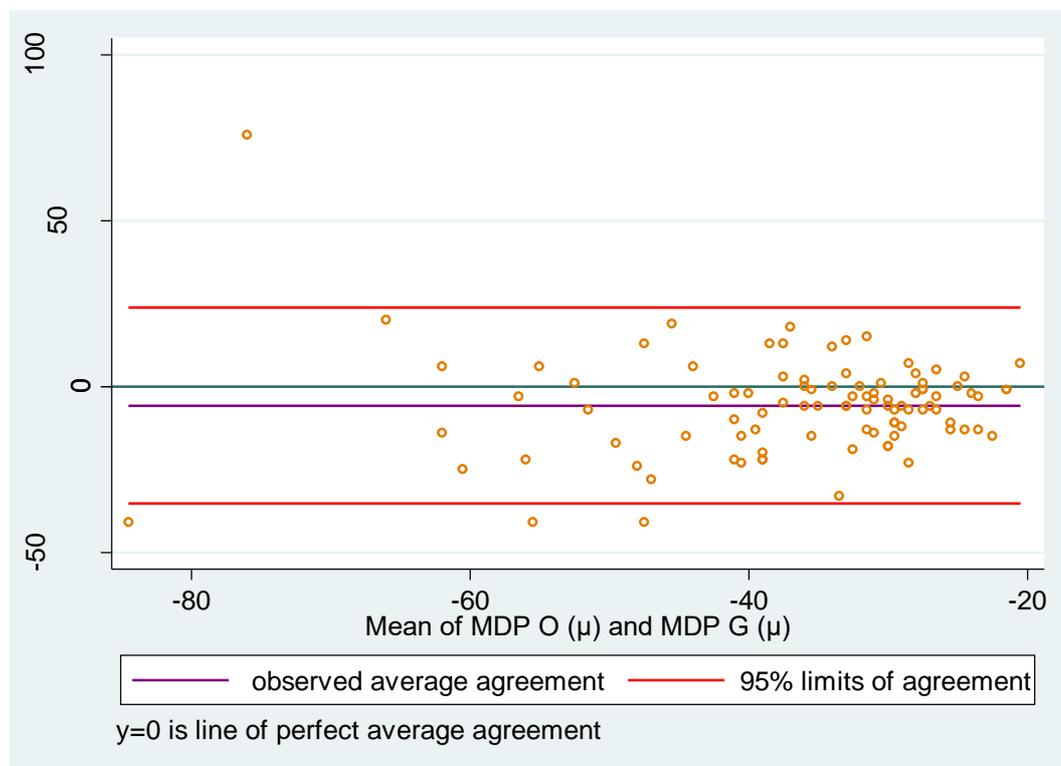


## Depresión máxima de la superior posterior

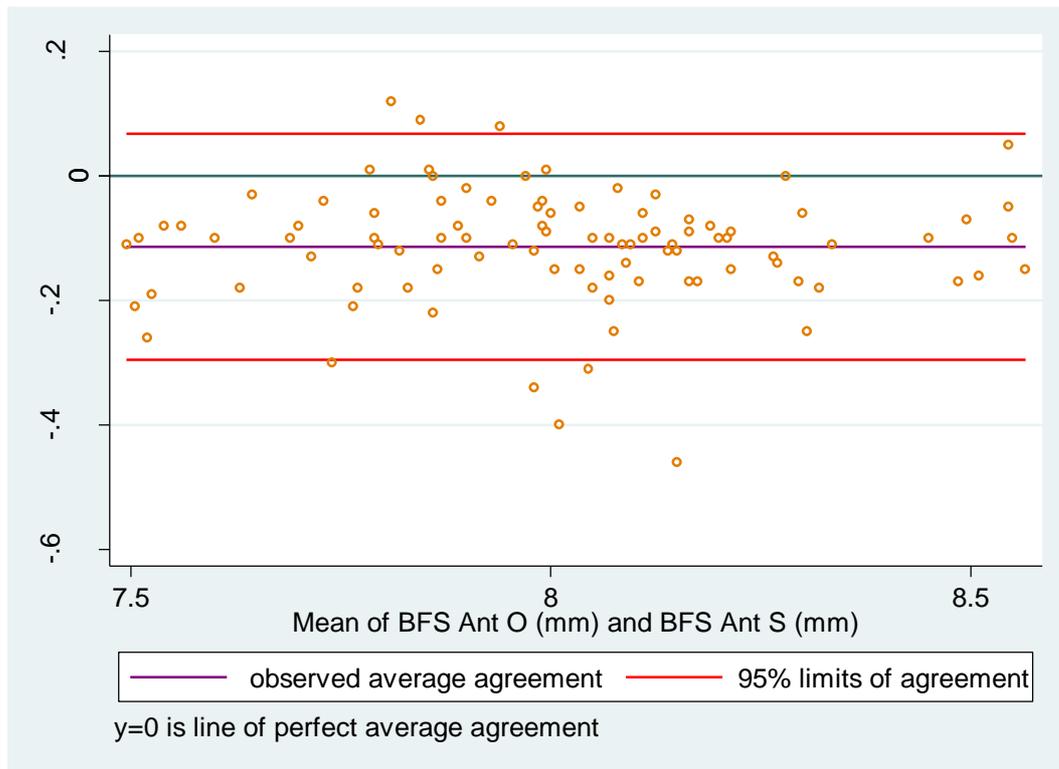
Orbscan vs Sirius



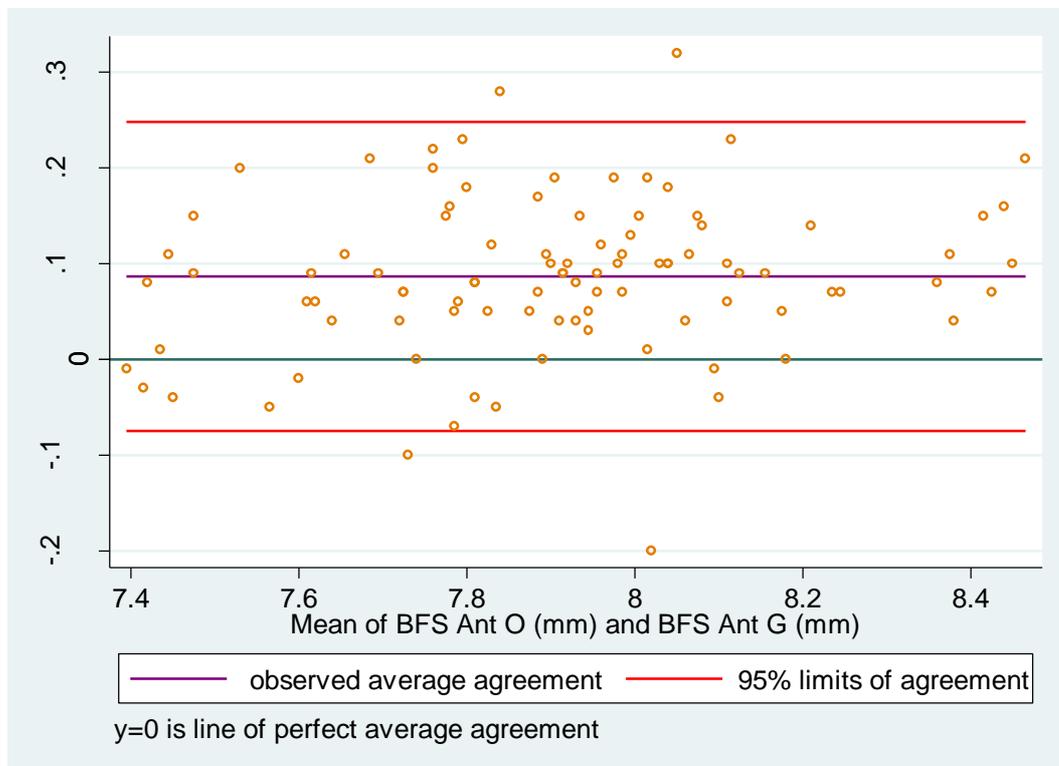
Orbscan vs Galilei



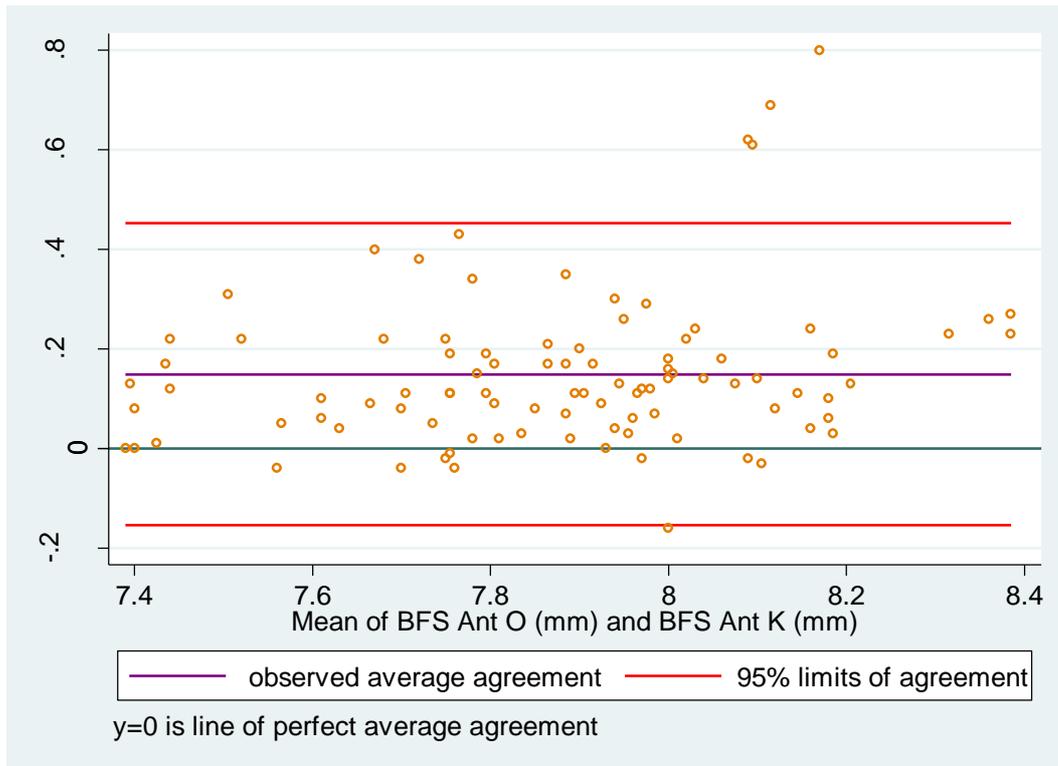
### Radio Curvatura BFS superior anterior Orbiscan vs Sirius



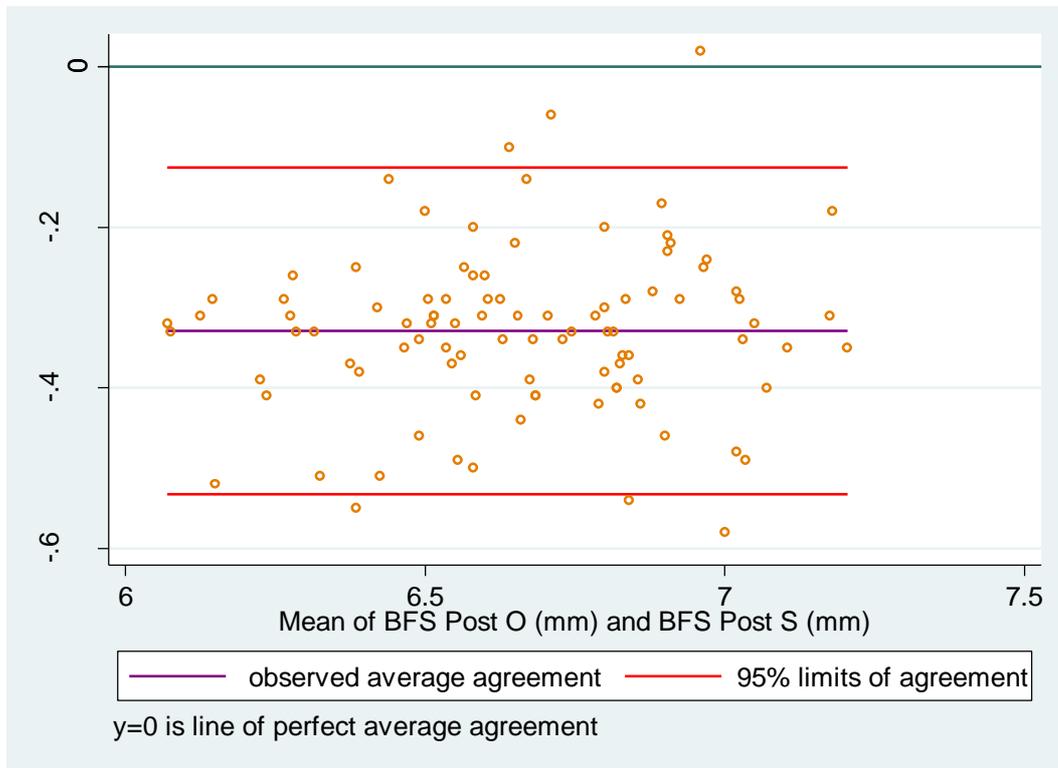
### Orbiscan vs Galilei



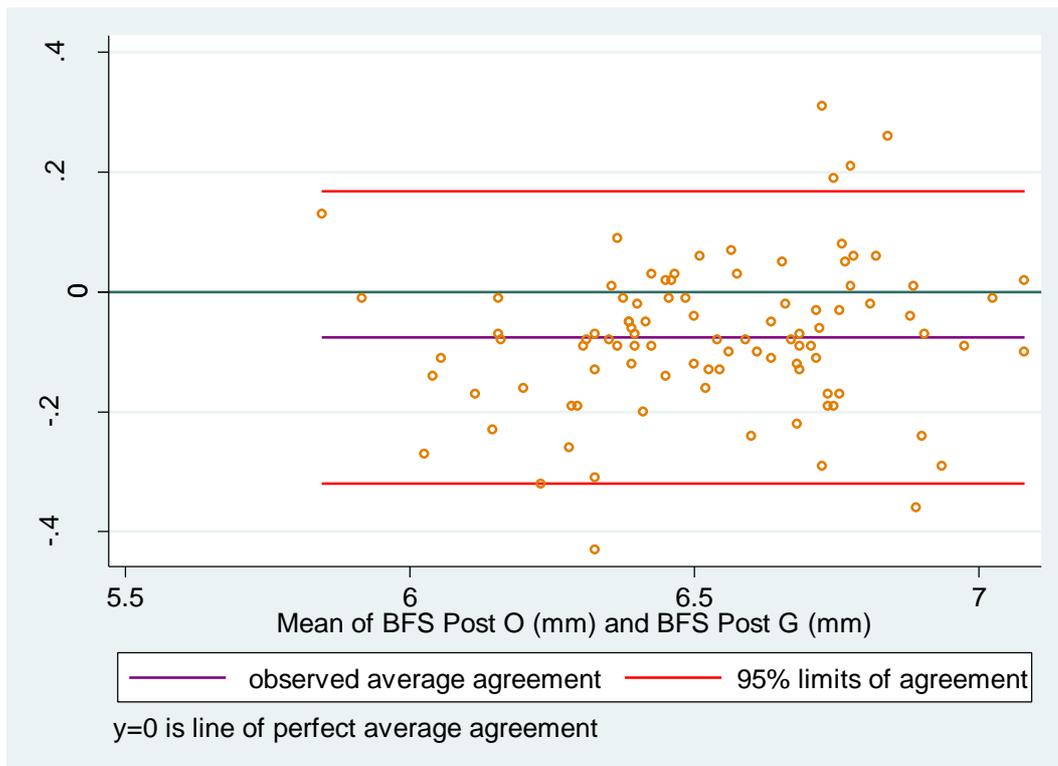
## Orbscan vs Keratron



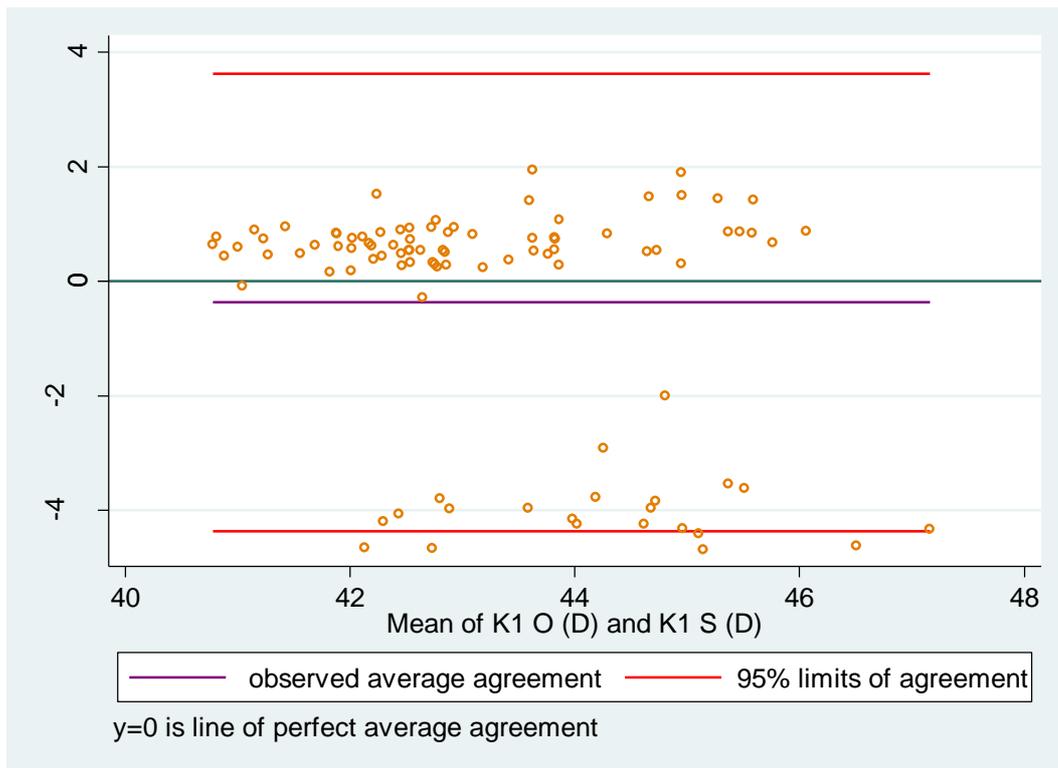
### Radio Curvatura BFS superior posterior Orbscan vs Sirius



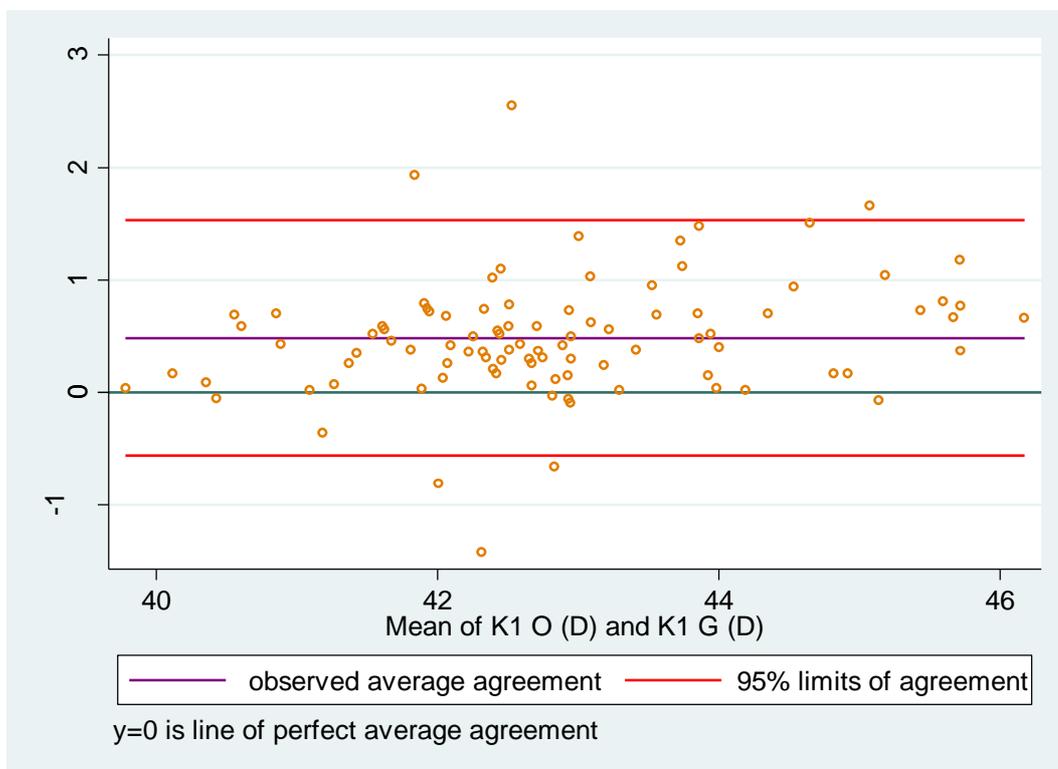
### Orbscan vs Galilei



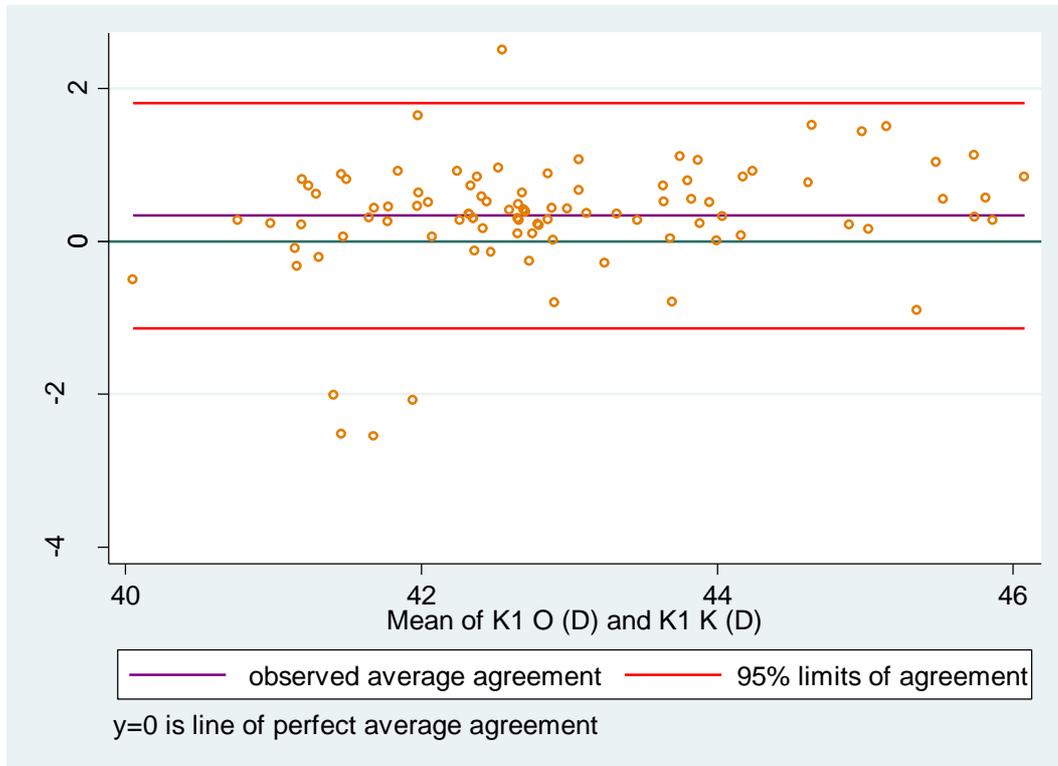
## K1 Orbscan vs Sirius



## Orbscan vs Galilei

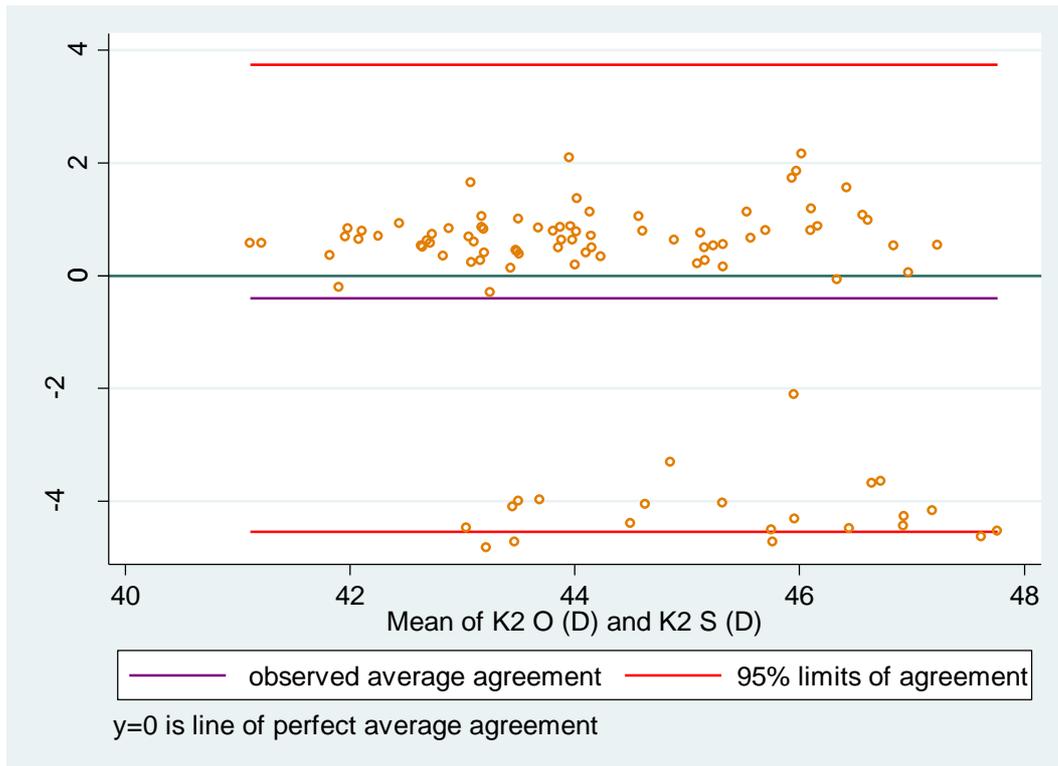


## Orbscan vs Keratron

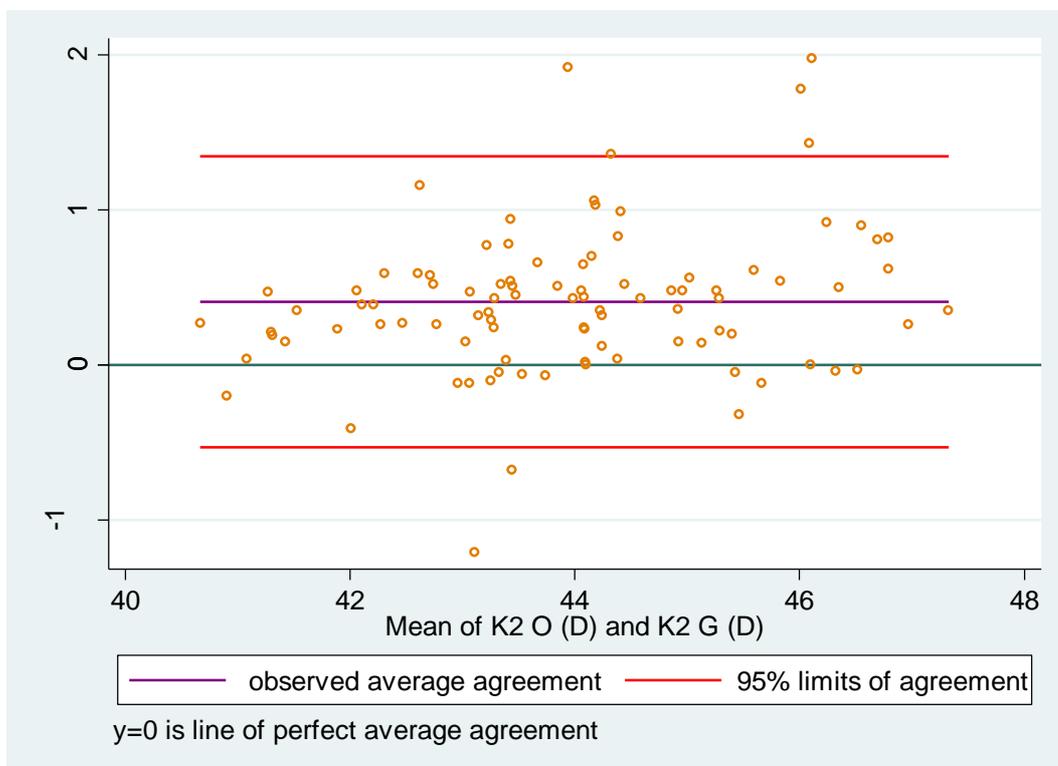


**K2**

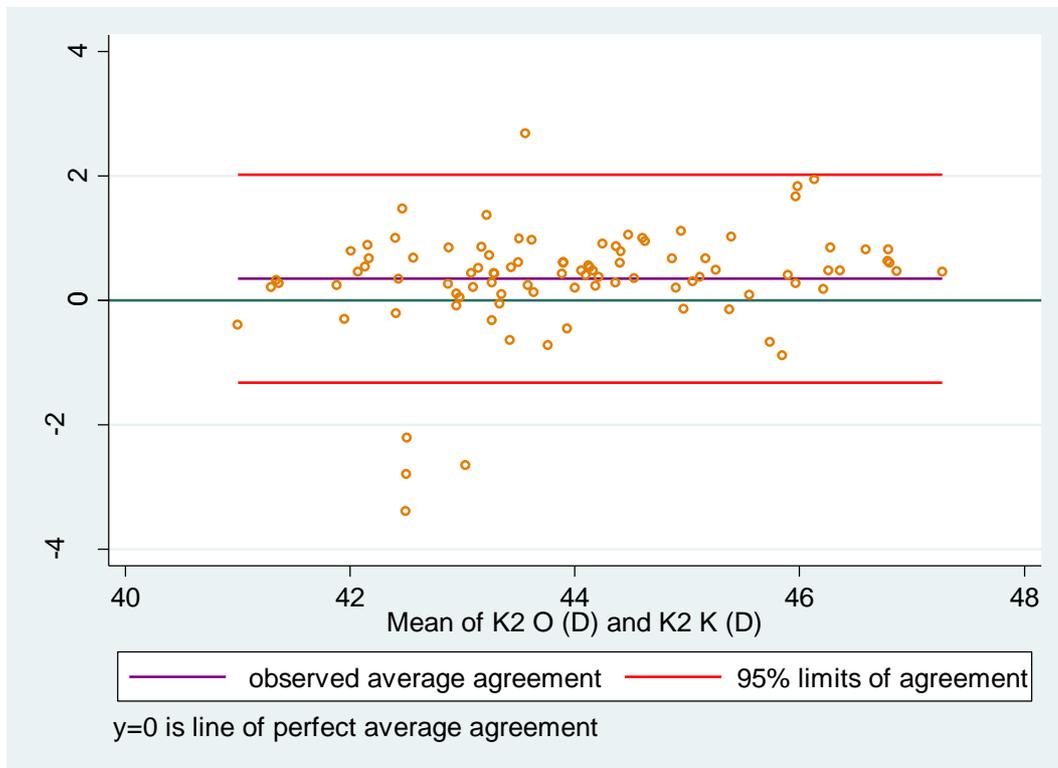
## Orbscan vs Sirius



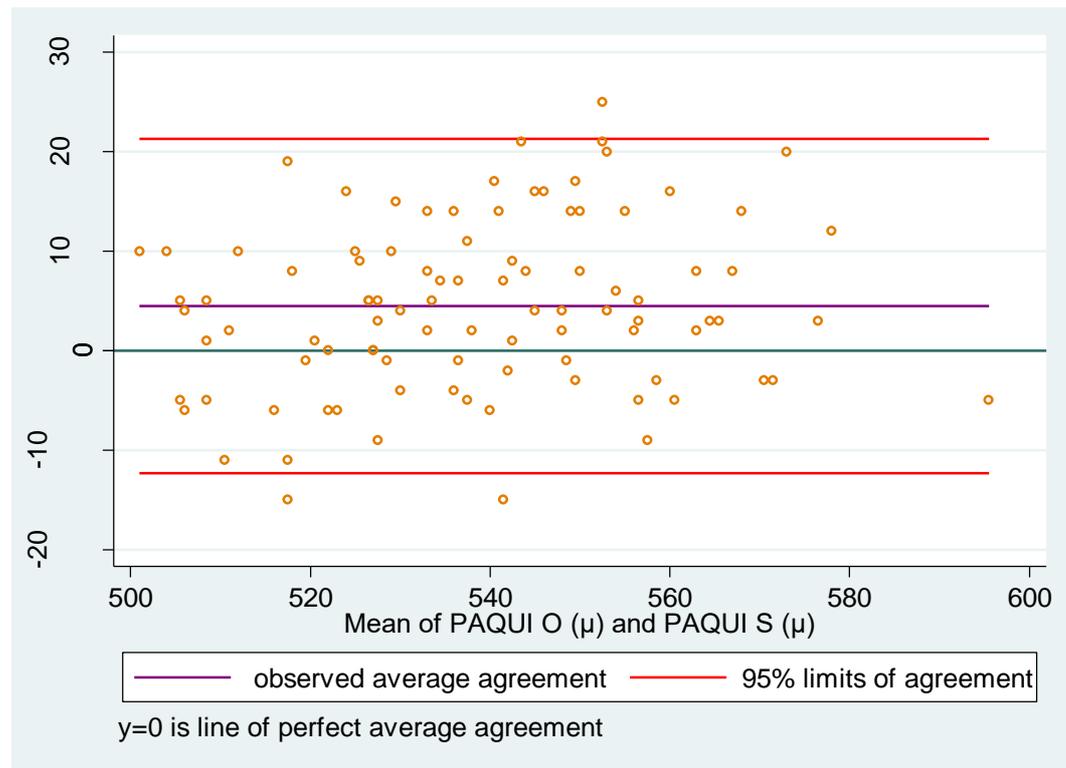
## Orbscan vs Galilei



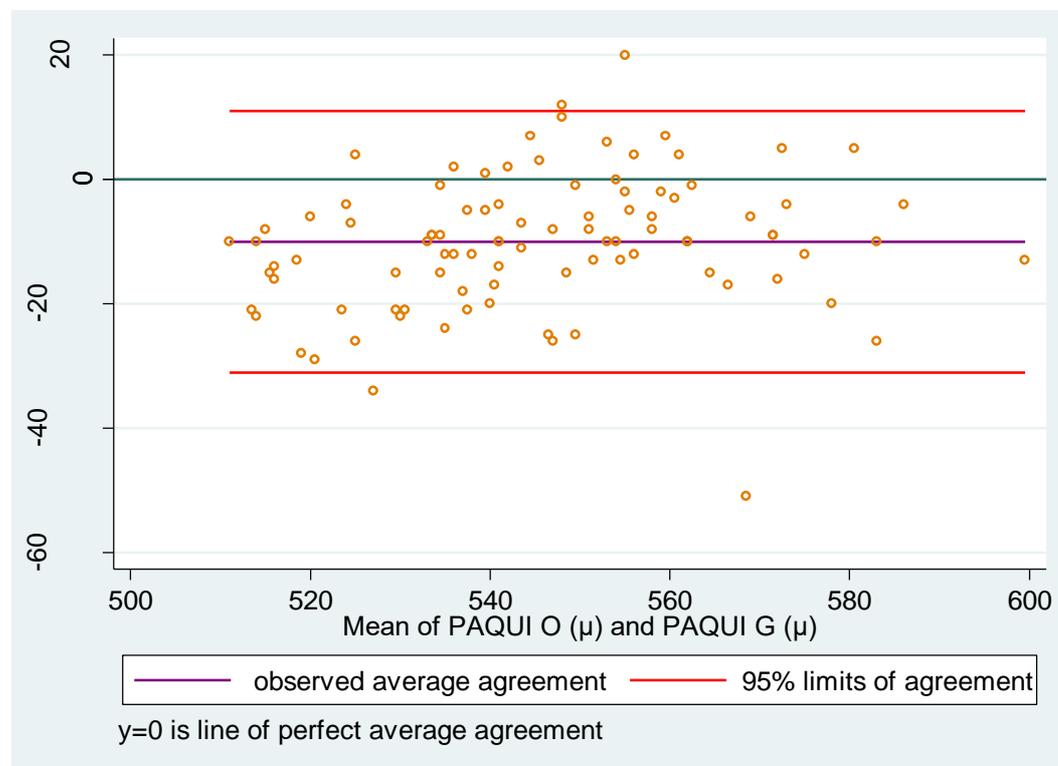
## Orbscan vs Keratron



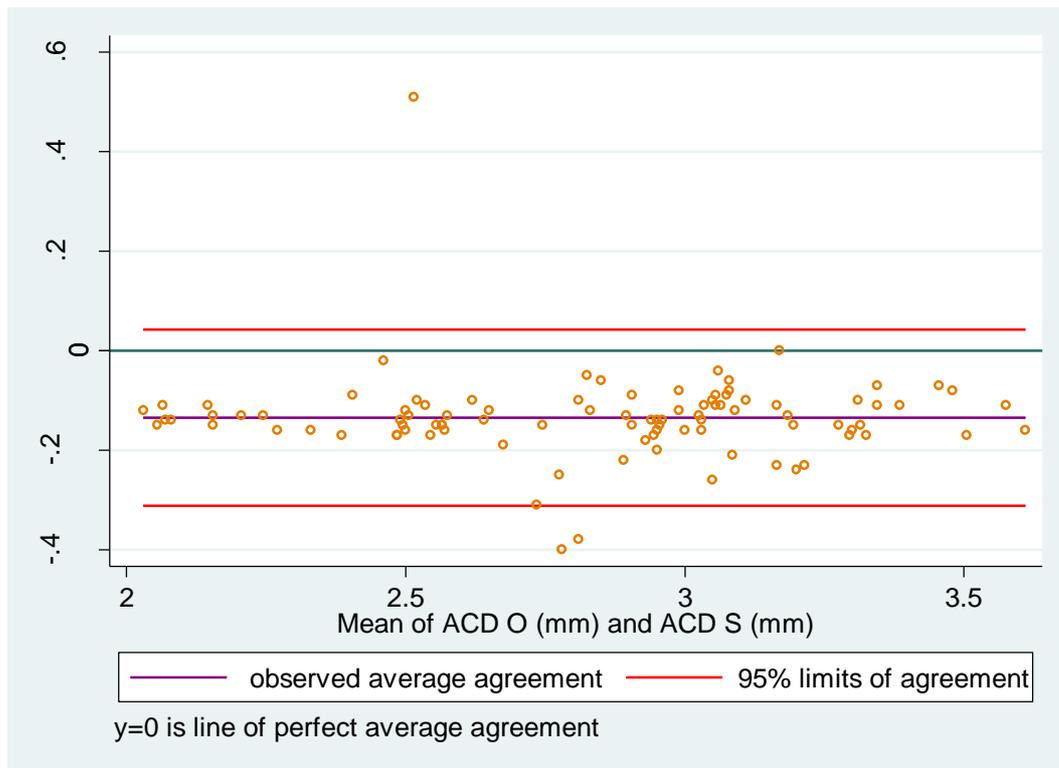
### Paquimetría Orbscan vs Sirius



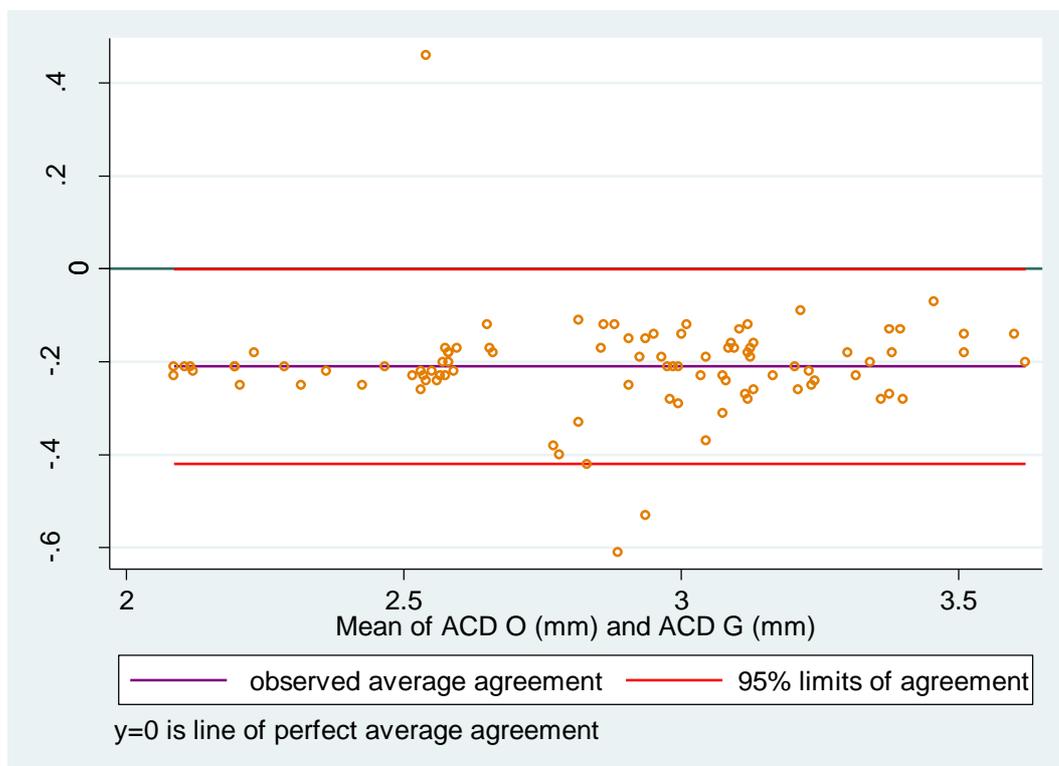
### Orbscan vs Galilei



### ACD Orbscan vs Sirius



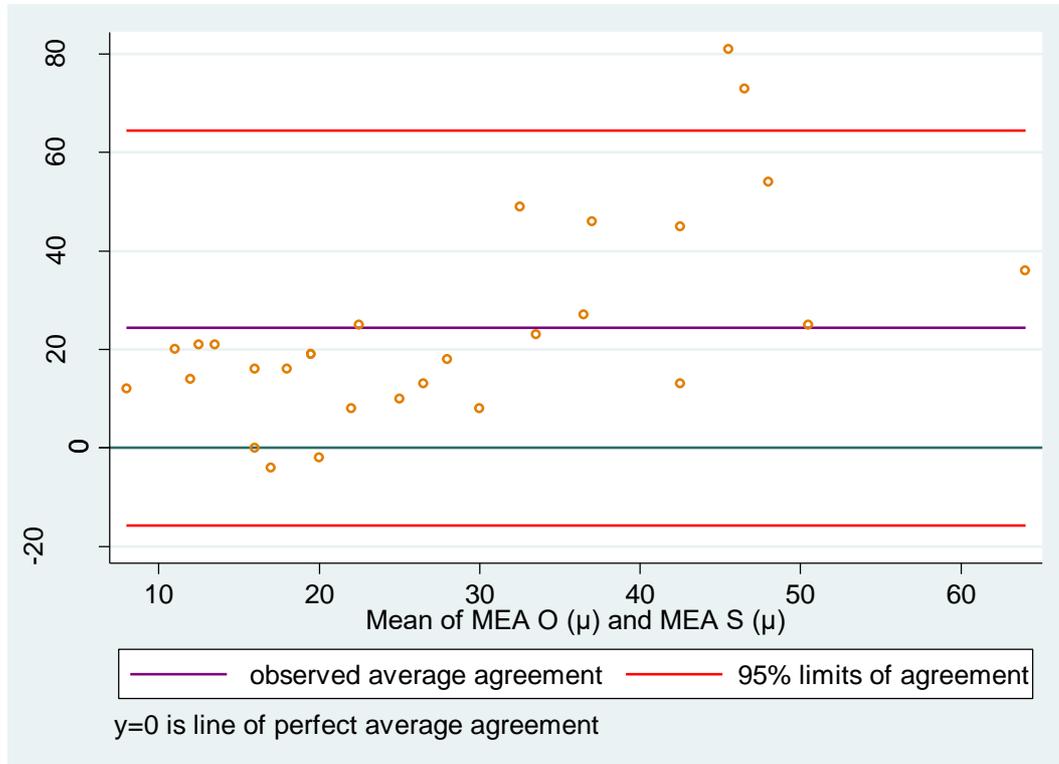
### Orbscan vs Galilei



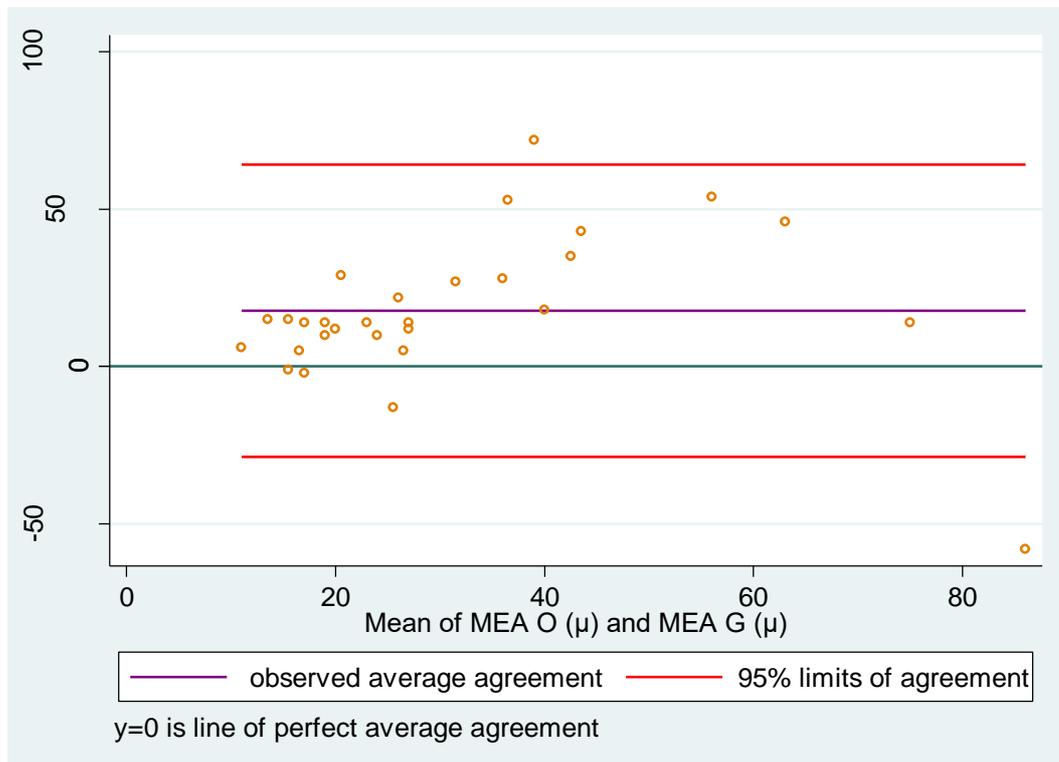
**Gráficos de pacientes con queratocono** – grado de concordancia fue evaluado entre los 4 instrumentos con el Orbscan II mediante el método de Bland and Altman.

### Elevación Máxima de la superficie anterior ( $\mu\text{m}$ )

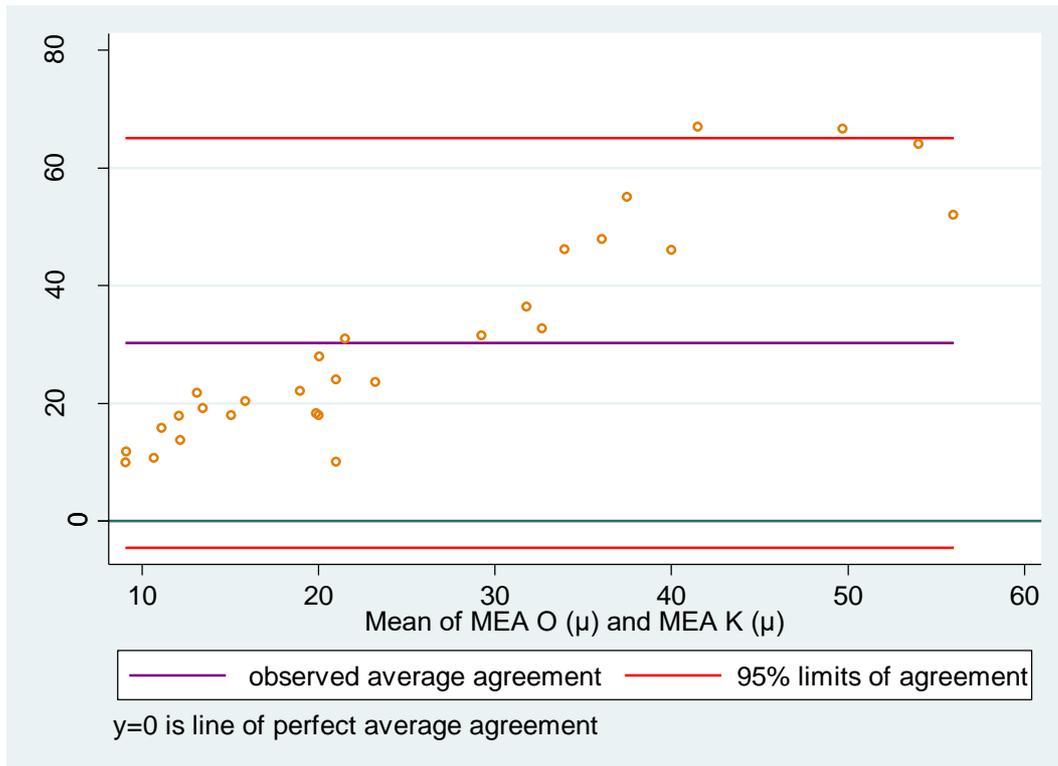
Orbscan vs Sirius



Orbscan vs Galilei

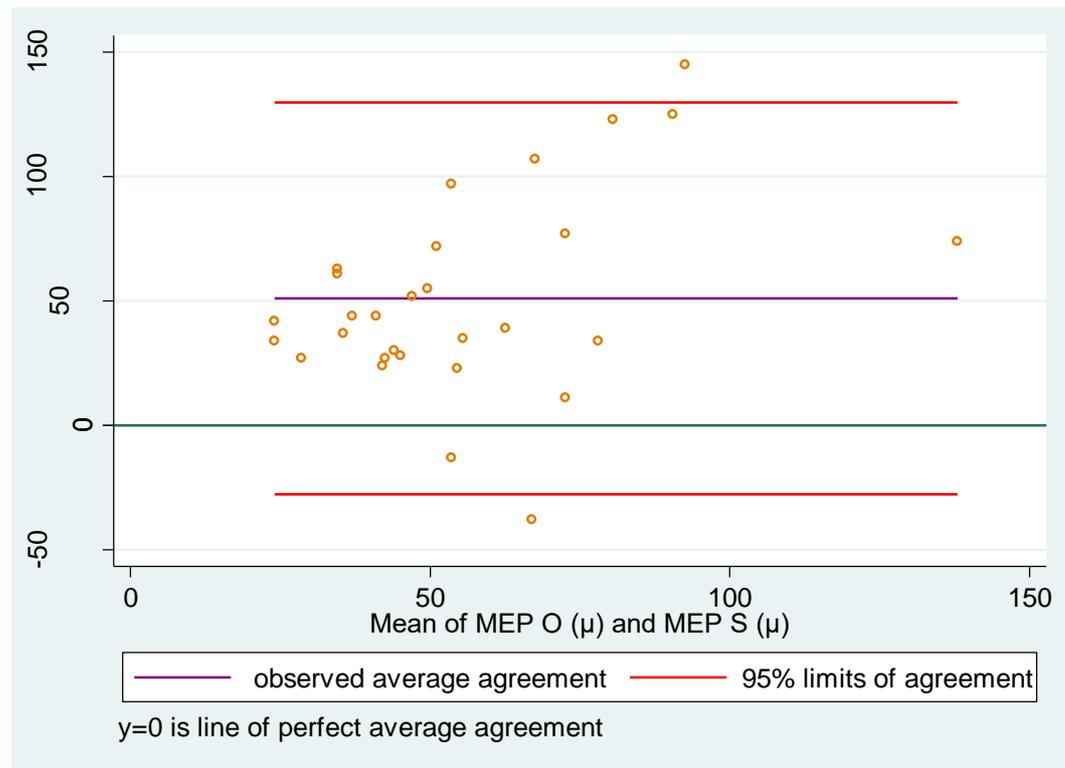


## Orbiscan vs Keratron

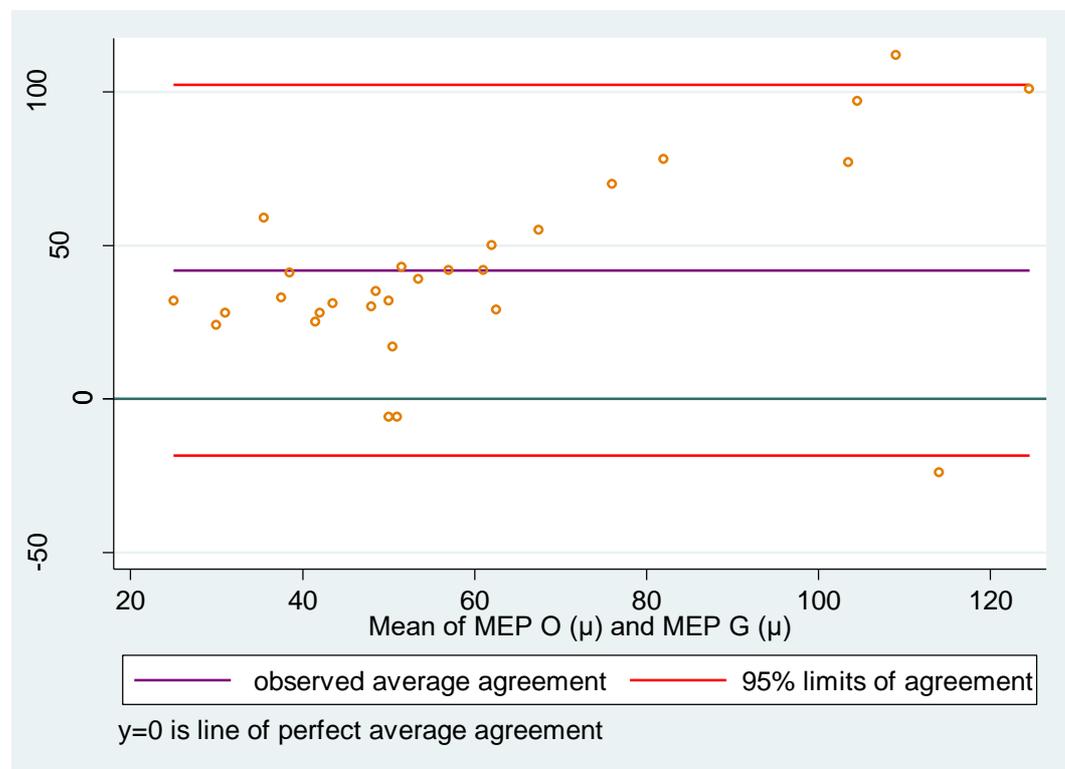


### Elevación Máxima de la superficie posterior ( $\mu\text{m}$ )

Orbscan vs Sirius

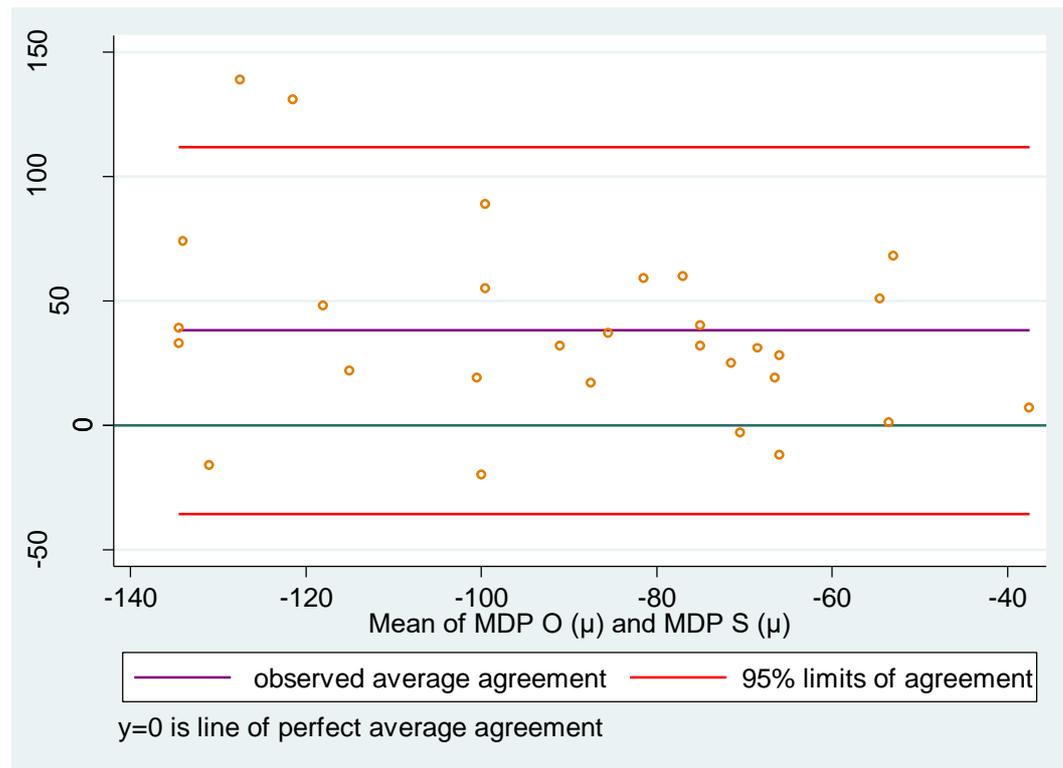


Orbscan vs Galilei

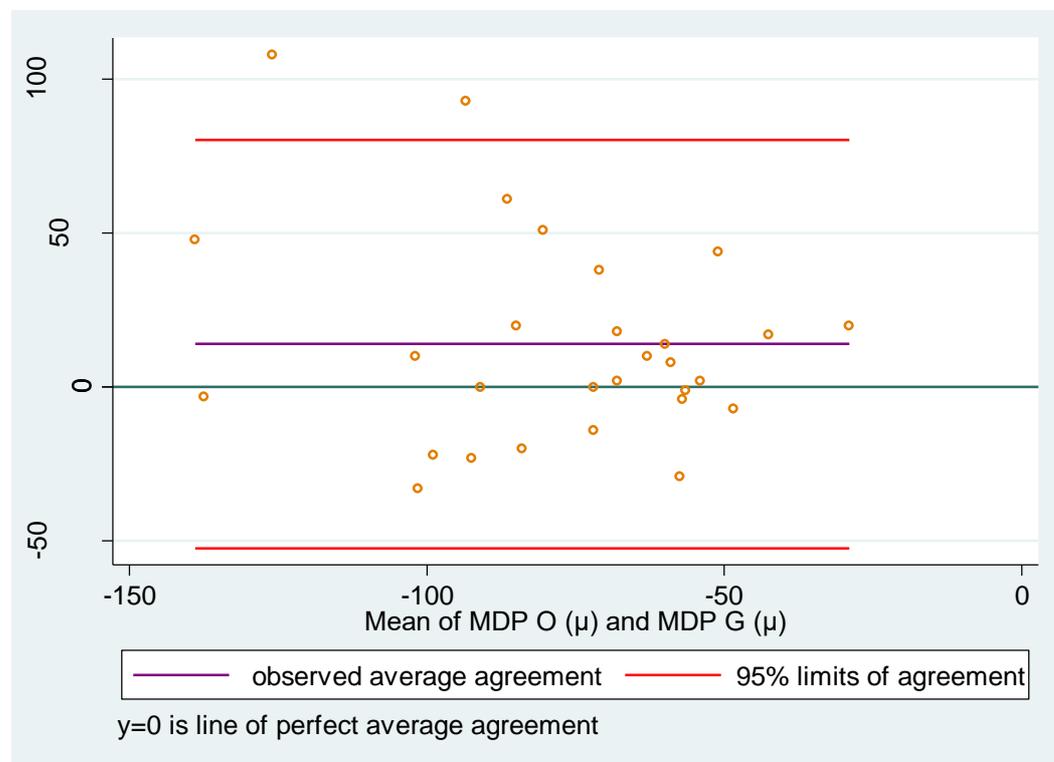


### Depresión Máxima de la superficie posterior ( $\mu\text{m}$ )

Obrscan vs Sirius

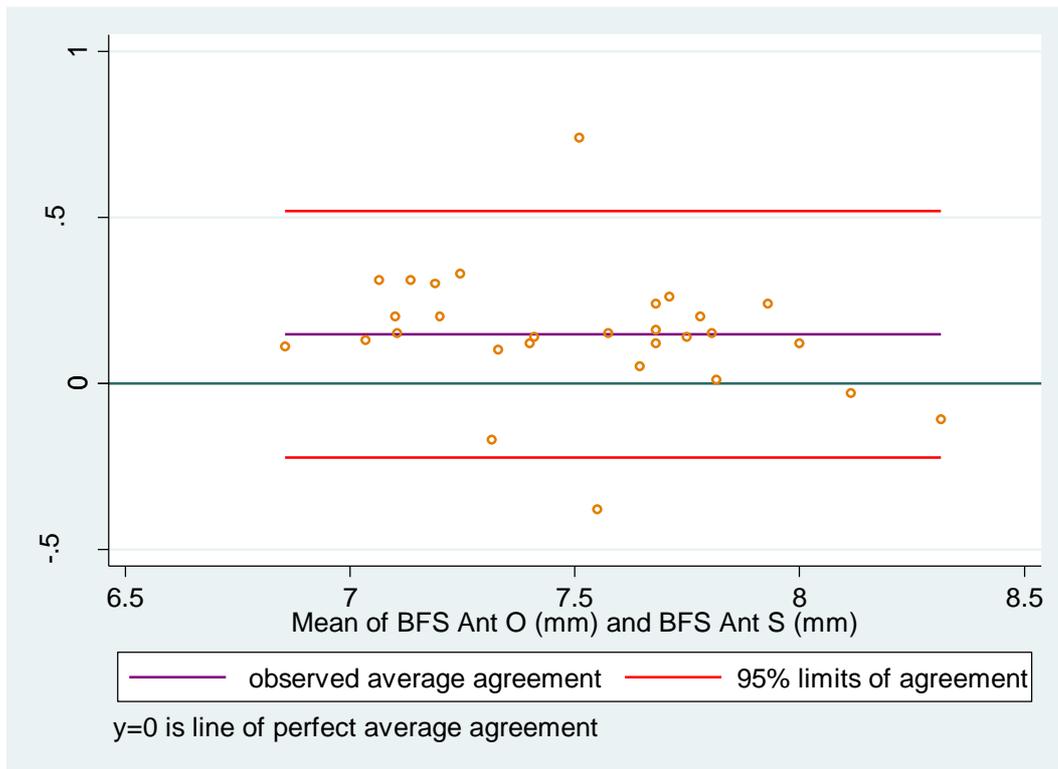


Orbscan vs Galilei

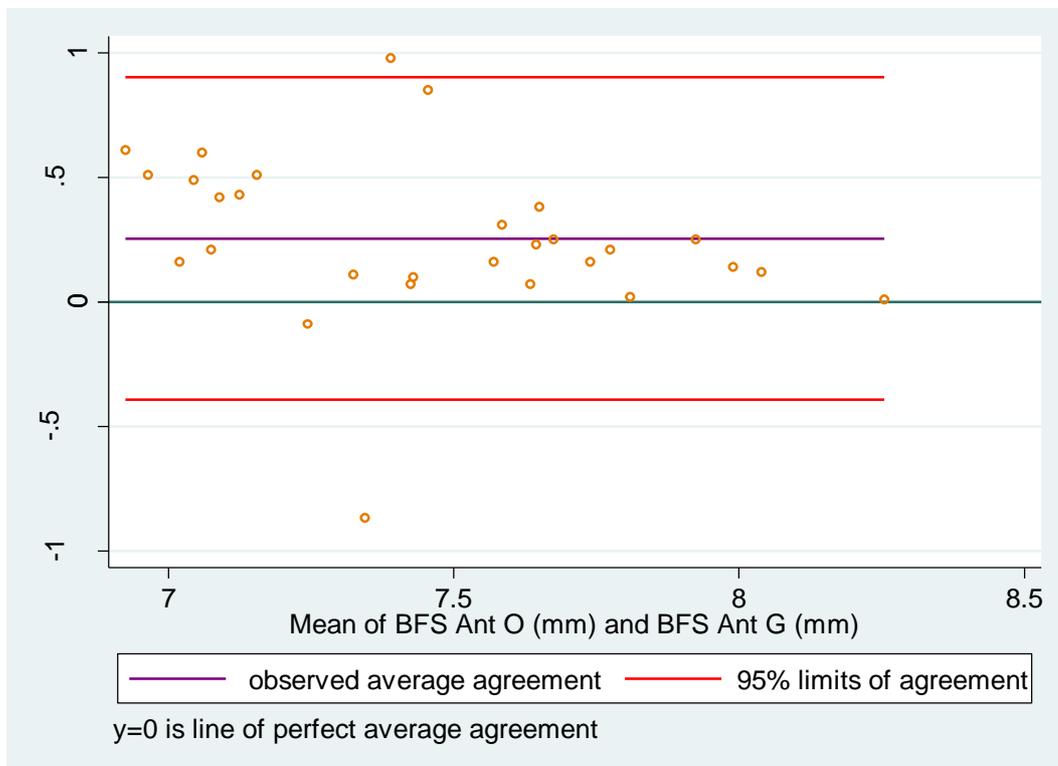


### Esfera de mejor ajuste anterior (mm)

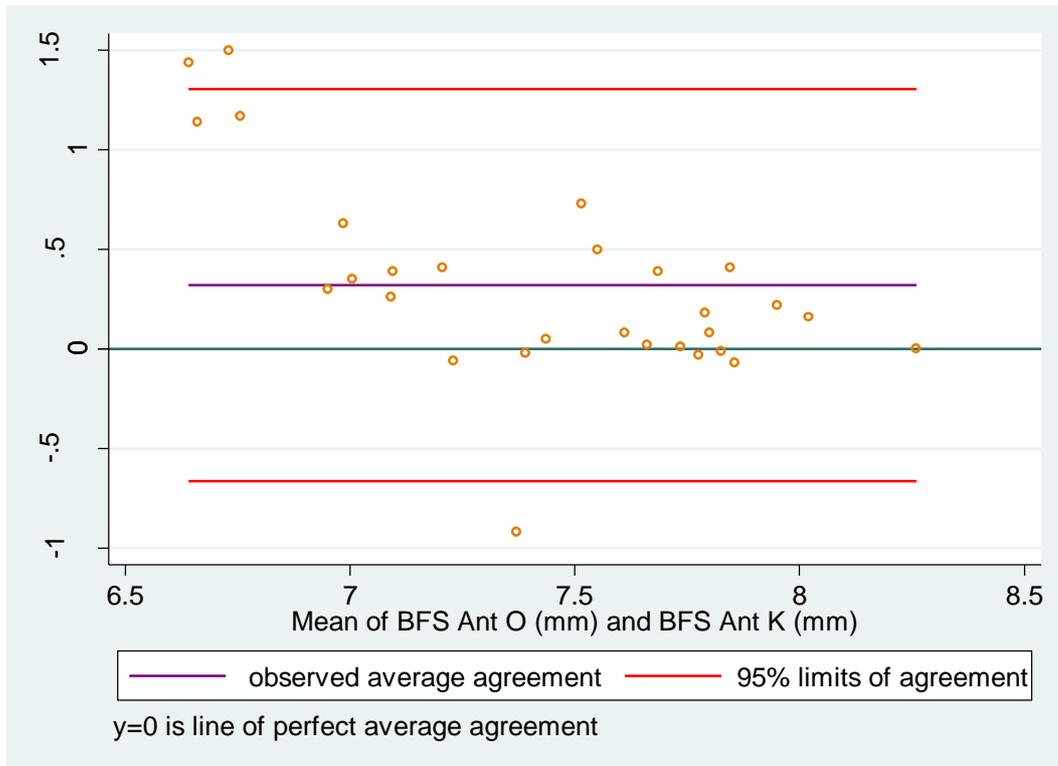
Orbiscan vs Sirius



Orbiscan vs Galilei

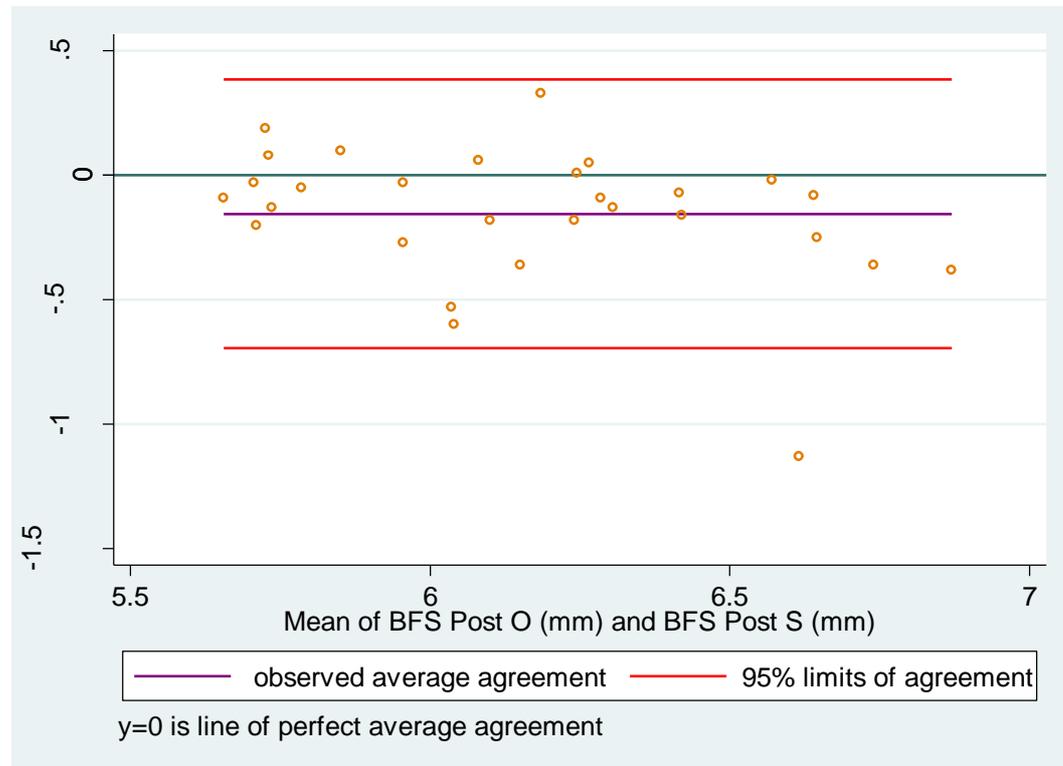


## Orbscan vs Keratron

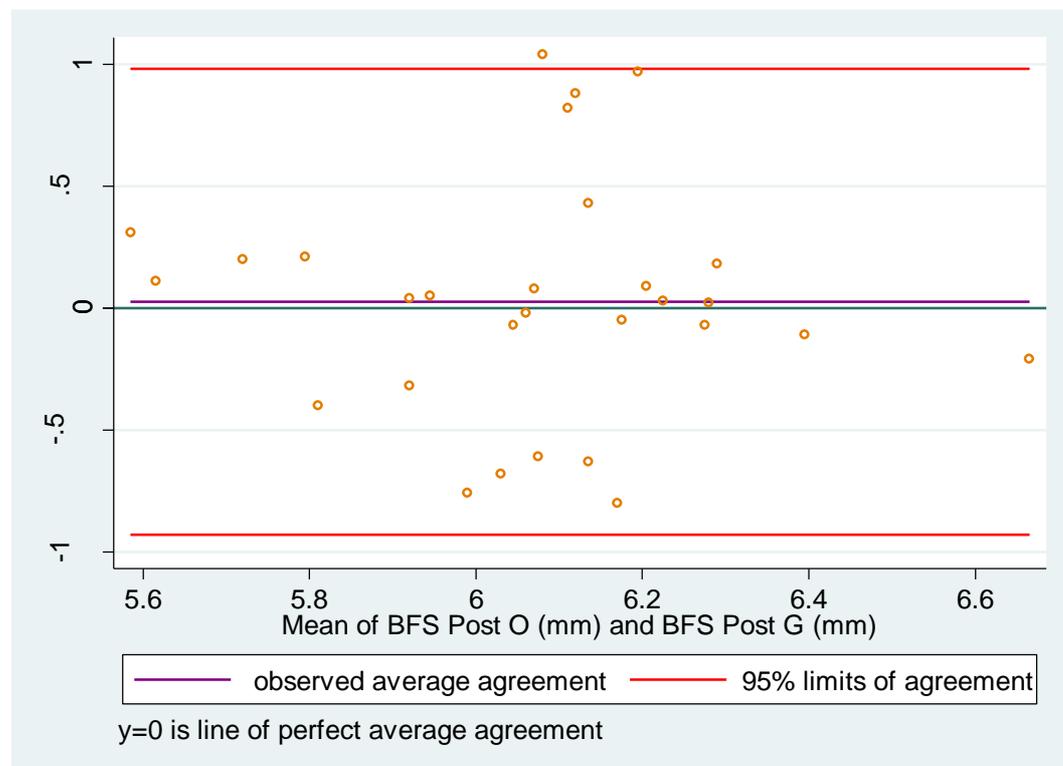


### Esfera de mejor ajuste posterior (mm)

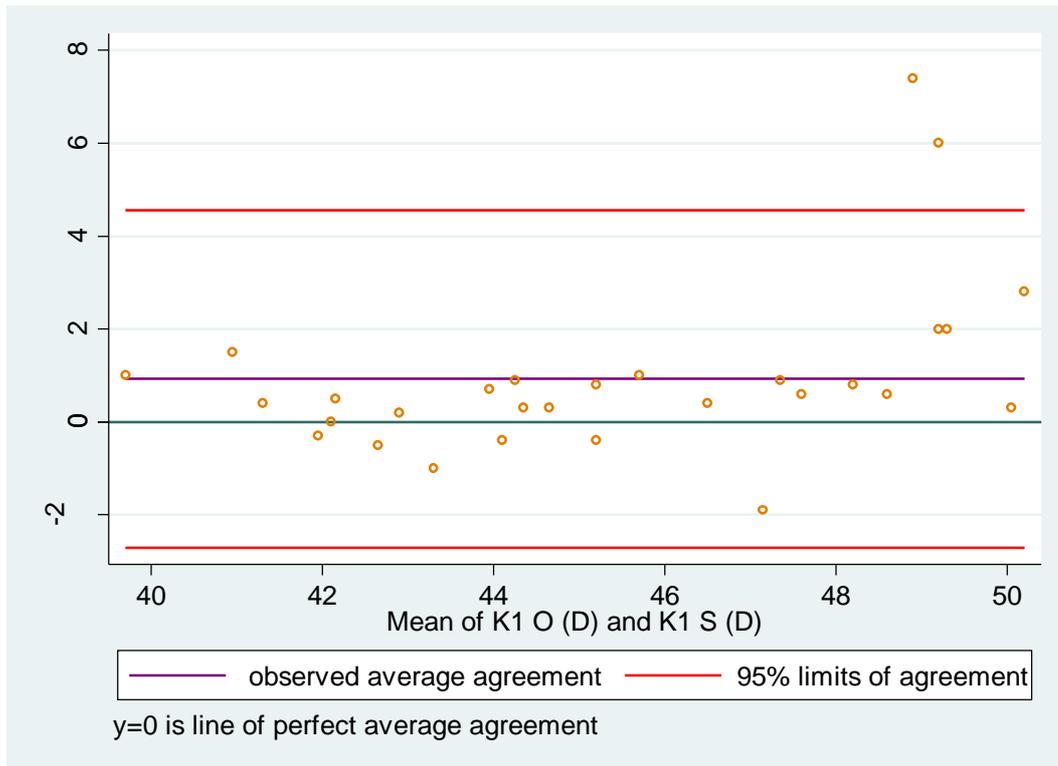
Orbiscan vs Sirius



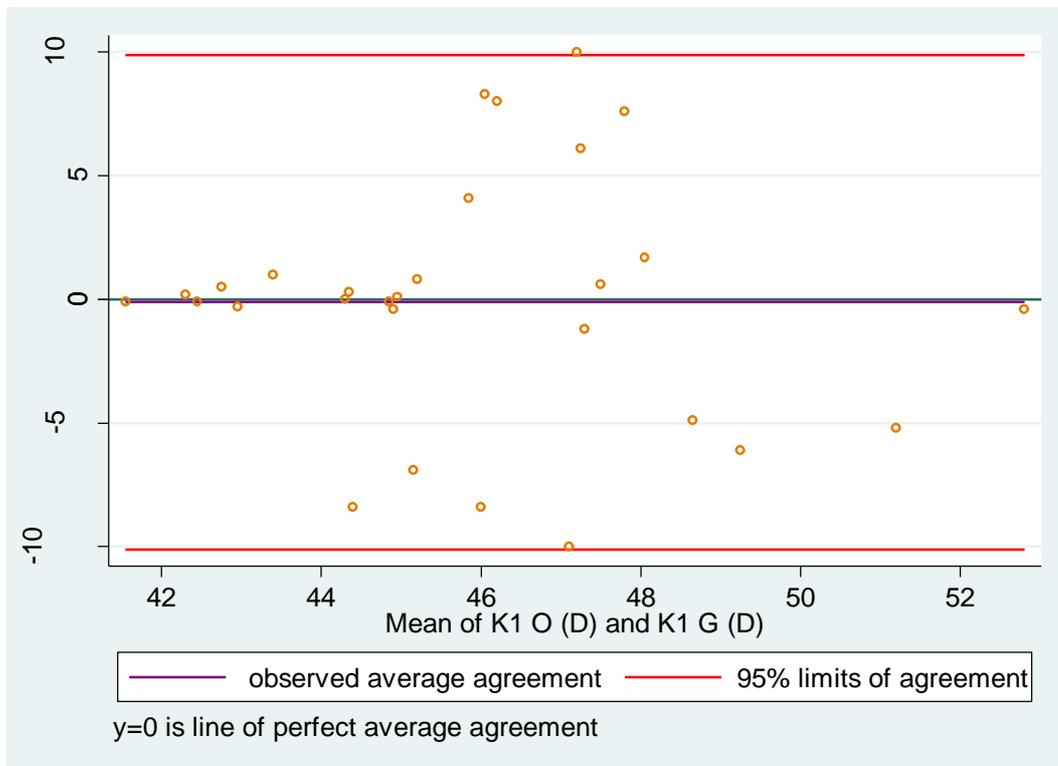
Orbiscan vs Galilei



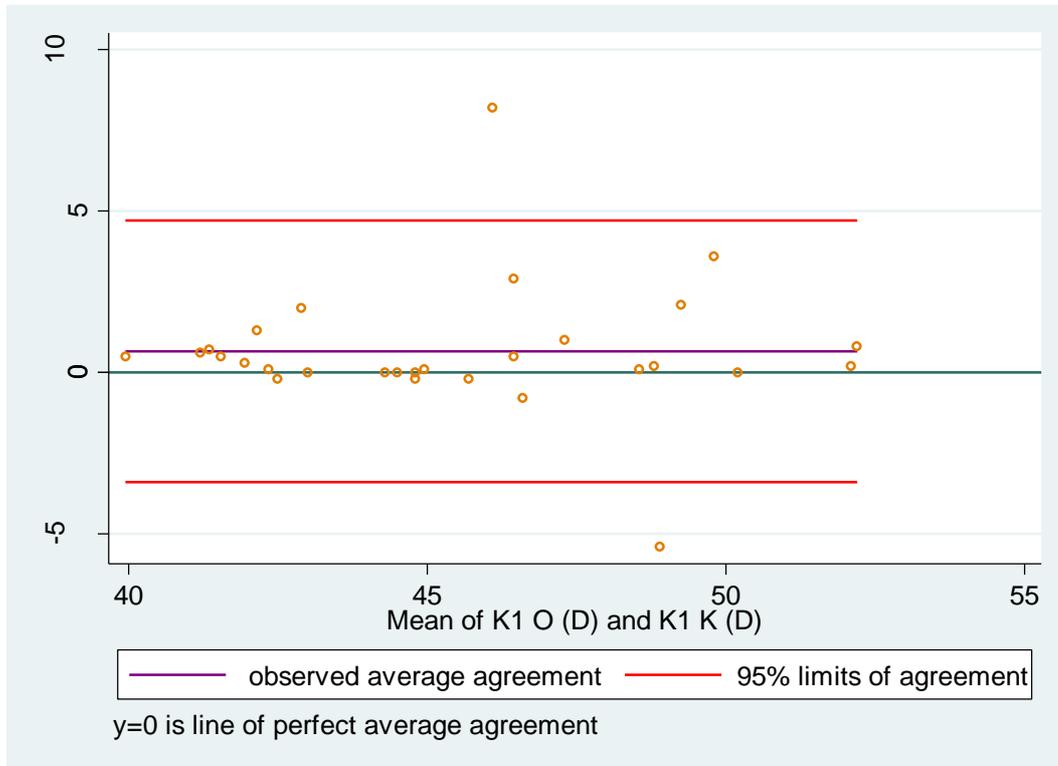
### K1 (D) Orbscan vs Sirius



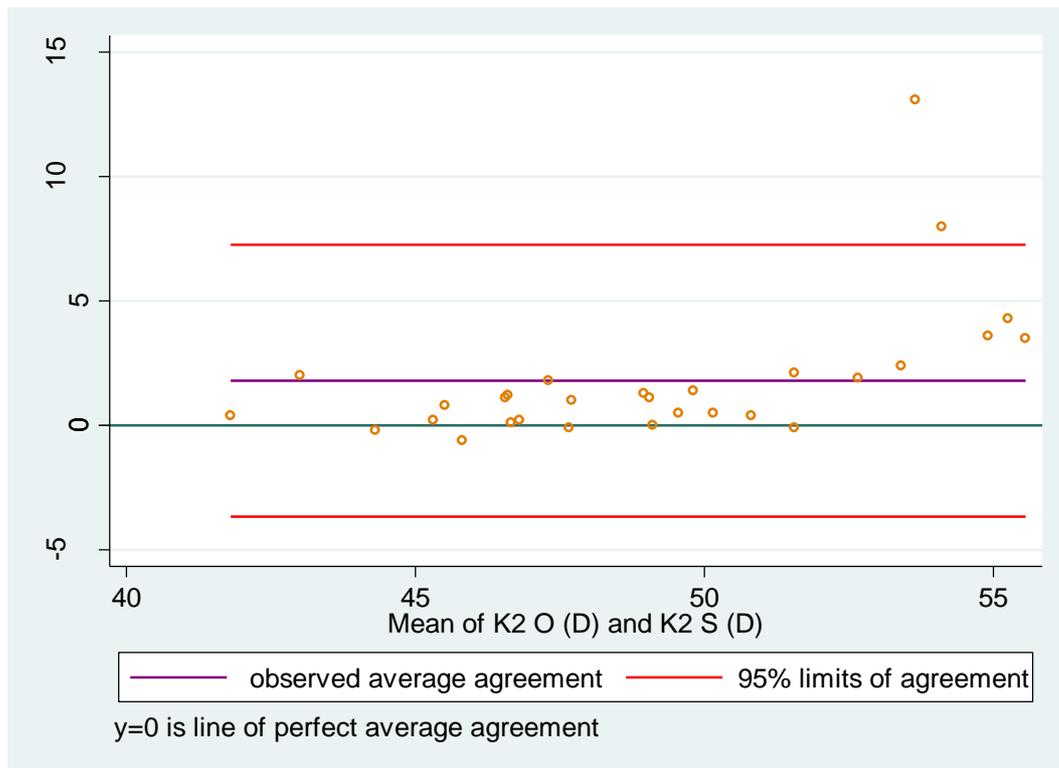
### Orbscan vs Galilei



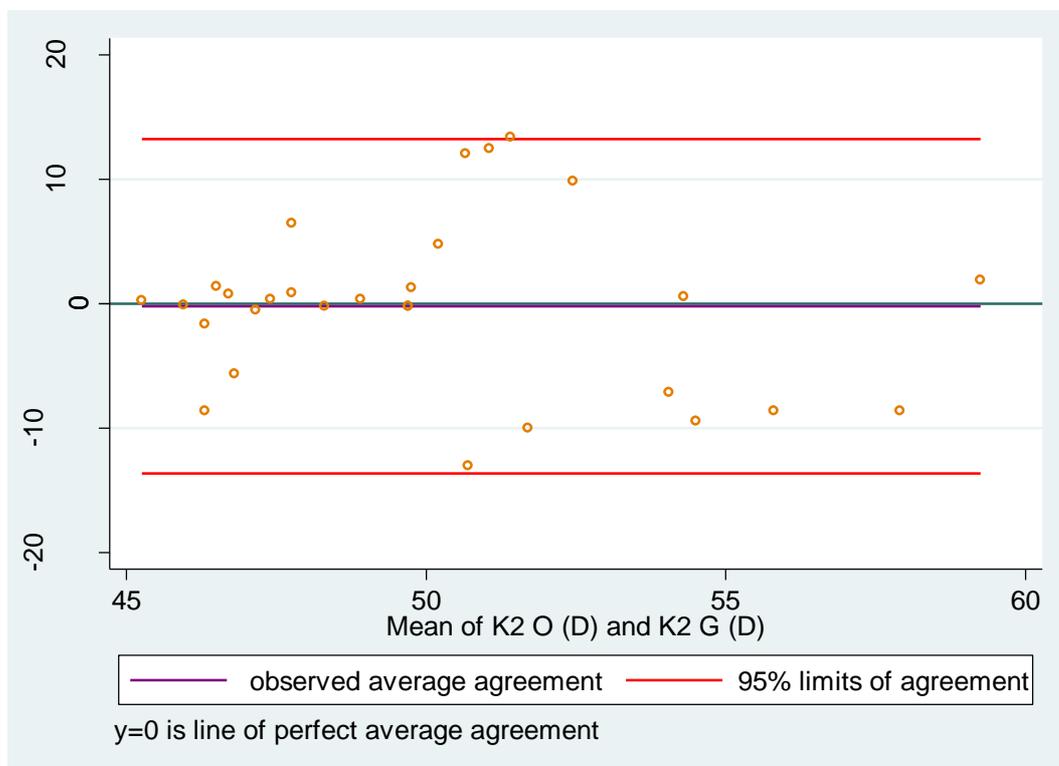
## Orbiscan vs Keratron



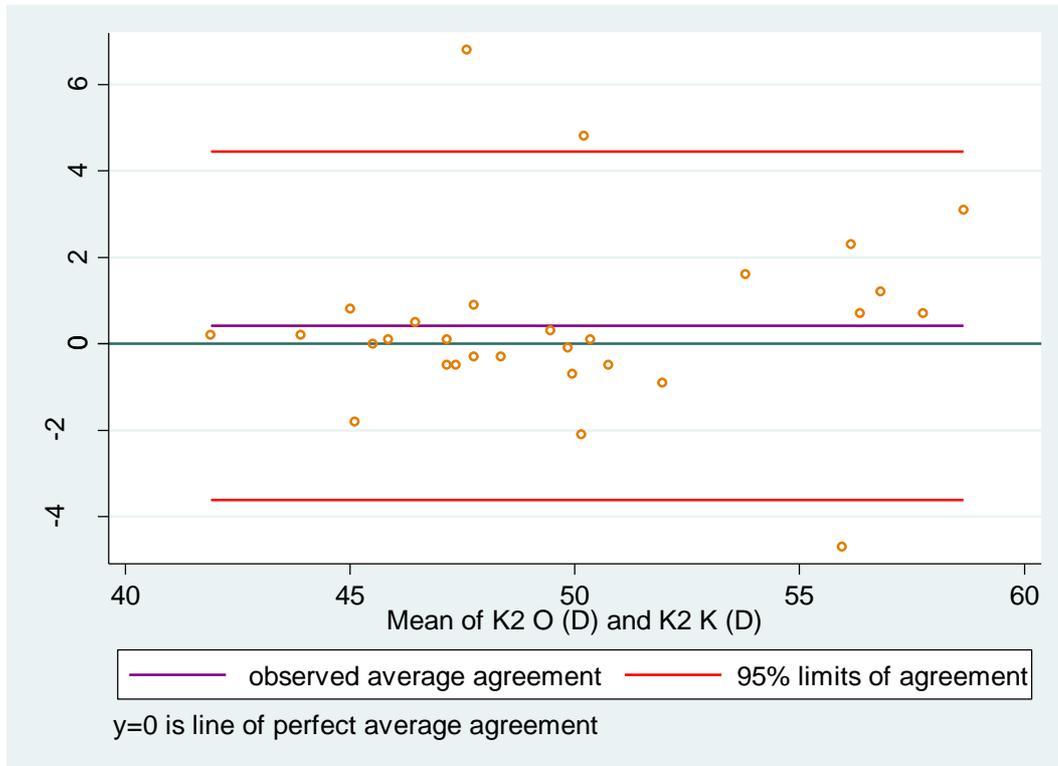
### K2 (D) Orbscan vs Sirius



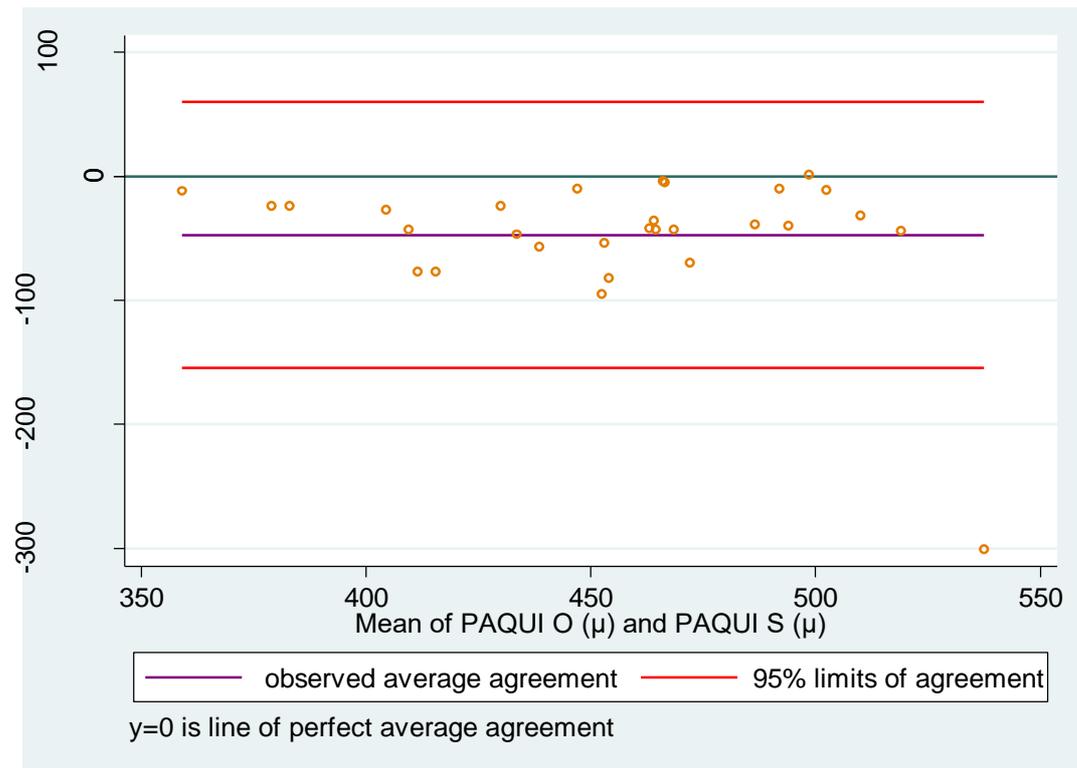
### Orbscan vs Galilei



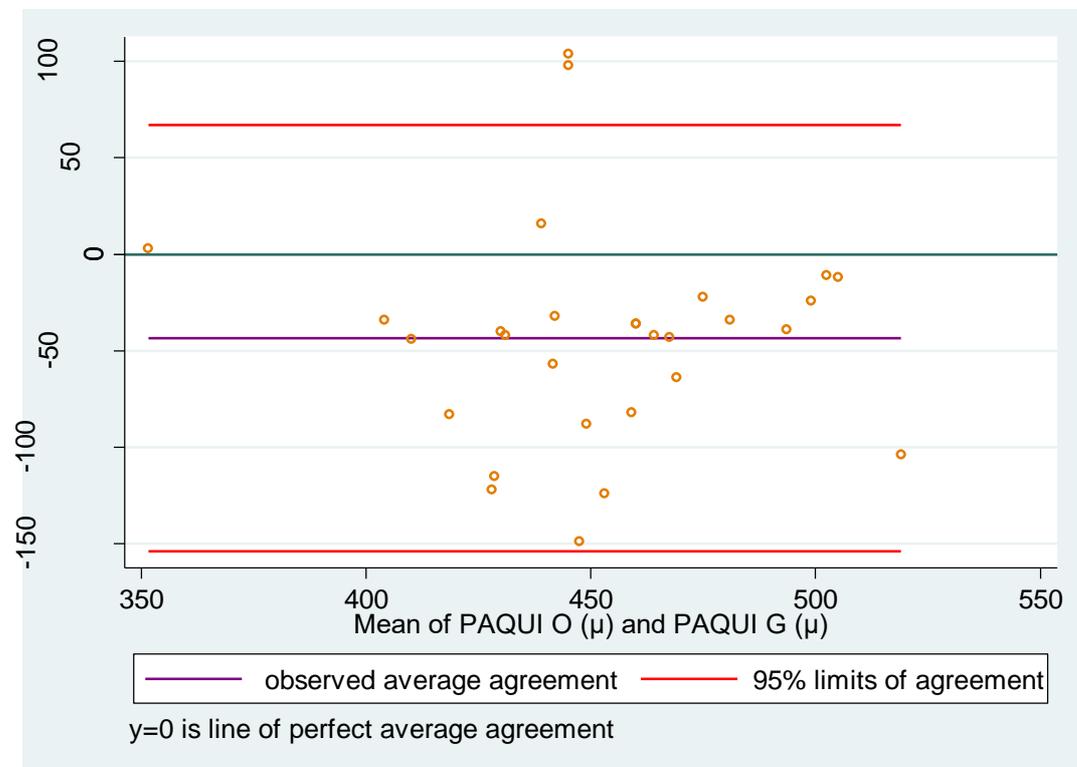
## Orbscan vs Keratron



### Paquimetría ( $\mu\text{m}$ ) Orbiscan vs Sirius

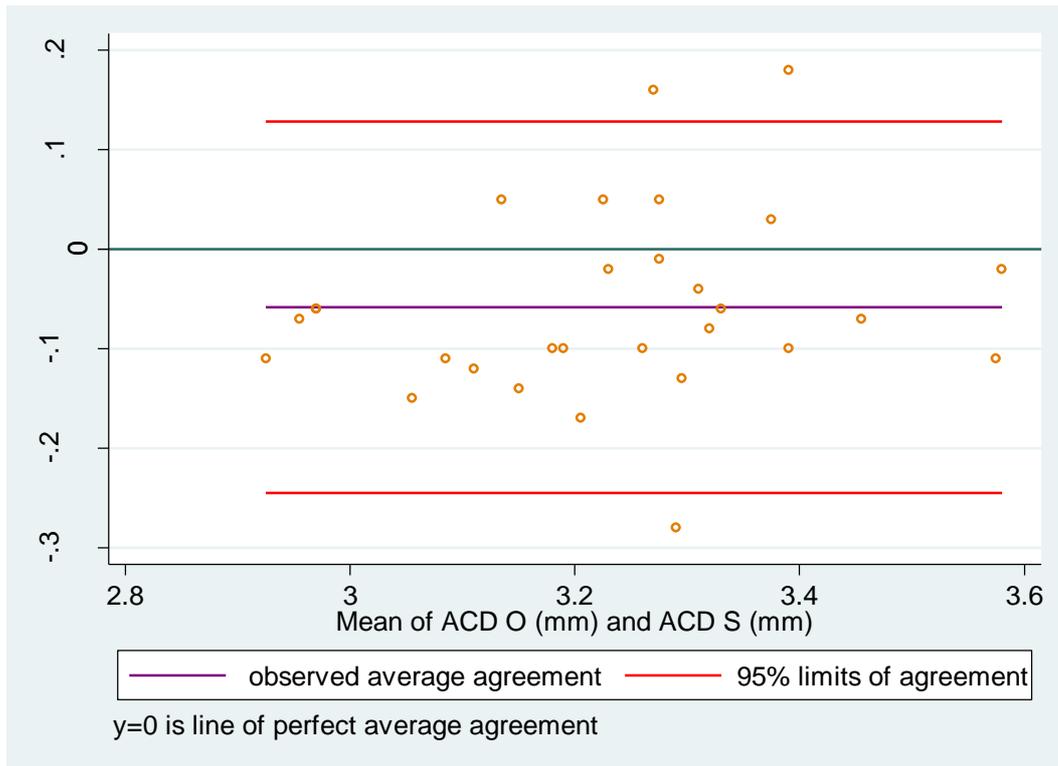


### Orbiscan vs Galilei

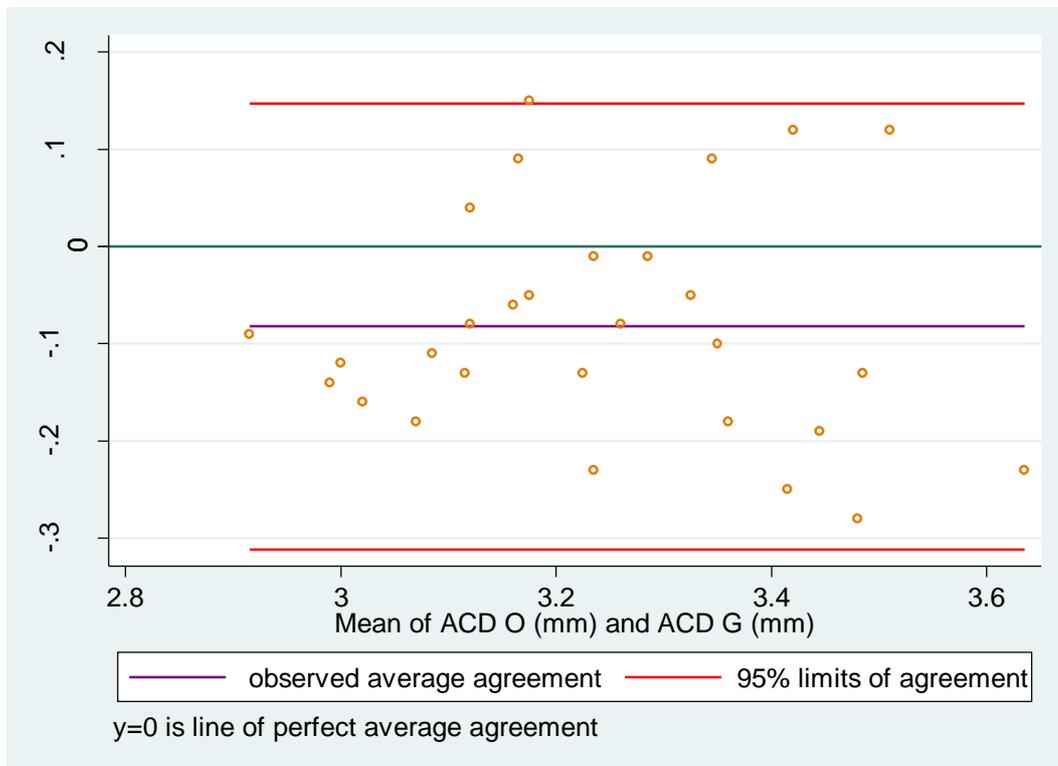


### Profundidad de cámara anterior (mm)

Orbiscan vs Sirius



Orbiscan vs Galilei



## DISCUSIÓN

Es necesaria la realización de una base normativa como guía para trabajos sucesivos y para la valoración de los pacientes en Floridablanca, Colombia, ya que existen datos que pueden variar según la población estudiada, que pueden tener un impacto importante al momento de decidir si un paciente es el indicado para procedimientos refractivos y plantear la cirugía más adecuada para cada paciente.

En un estudio en Singapur, Fam y colaboradores en 2006 (6), concluyeron que los parámetros corneales anteriores evaluados con el Orbscan son clínicamente útiles para diferenciar los queratoconos y ojos sospechosos de queratocono, de ojos normales. Comparando los valores obtenidos para nuestra población sana en nuestro trabajo con los de ese estudio encontramos resultados relativamente semejantes (ver anexos figura 10 y 12- ver anexos)

De acuerdo a los valores obtenidos para el Galilei en un estudio realizado por Savini y colaboradores en Italia en el 2011 para pacientes sanos (15): La BFS anterior de nuestro estudio nos dio un valor levemente mayor, mientras que el BFS posterior nos dio resultado muy parecido. En relación a la paquimetría obtuvimos valores más gruesos en nuestra población. De la misma manera, encontramos cámaras anteriores levemente más profundas.

Karimian y asociados, reportó en un estudio en el 2011, que los mapas de elevación anterior y posterior mostraban resultados menores con el Galelei, comparados con el Orbscan, en nuestro estudio encontramos resultados similares. También las medidas de esfera de mejor ajuste anterior y posterior los reportaron como mayores en el Orbscan, lo que de igual manera, corroboramos en nuestro estudio. Podemos considerar que las diferencias detalladas en ambos estudios se basan en que el Orbscan usa una hendidura de sondeo mientras que el Galilei usa el sistema de Scheimpflug (7).

Hernández y asociados, encontraron en pacientes sanos, que los límites de concordancia para K1, paquimetría y ACD, comparando el Pentacam vs Galilei y Sirius, eran intercambiables para aplicaciones cónicas como planeación de cirugía refractiva y seguimiento de ectasias corneales. Por otro lado con la prueba de Bland- Altman análisis sugiere que los resultados de MEA y MEP no deben ser intercambiables, estos resultados son similares a los que obtuvimos nosotros (1).

En los pacientes sanos entre los 40-59 años a quienes se les observó aumento de la elevación anterior y posterior, disminución de la depresión posterior, disminución de la BFS anterior y aumento de la K1 se puede pensar hipotéticamente en que exista un aumento de la curvatura corneal con la edad. Comprobamos en nuestro estudio que sí existe una disminución de la profundidad de la cámara anterior secundaria al aumento del diámetro anteroposterior del cristalino por los cambios propios de la edad.

Salouti y Karimian, coincidieron en que el tomógrafo Galilei tiende a subestimar los mapas de elevación anterior y posterior de la córnea. Y si usamos esta técnica para realizar el tamizaje de los probables candidatos para cirugía refractiva podríamos estar mal diagnosticando queratoconos en fase temprana (7)(19).

Savini y asociados, describe en pacientes sanos, que la K1, K2, ACD, fueron estadísticamente diferentes, entre los cuatro equipos (Pentacam, Sirius, TMS-5, Keratron) con un  $p < 0.005$ . Por nuestra parte, en la tabla 3, se documenta que la esfera de mejor ajuste anterior y posterior, la K1 y K2, ACD y la paquimetría, fueron estadísticamente diferentes en los cuatro equipos comparados (Keratron, Orbscan, Sirius y Galilei) con una  $p < 0.05$  (15) (Figura 11- ver anexos).

Los valores corneales posteriores fueron estadísticamente diferentes entre las 3 equipos con la misma tecnología utilizado por Savini y asociados, nuestros resultados corroboran este punto. También la paquimetría arrojó diferencias estadística y clínicamente significativas entre las tres cámaras de Scheimpflug, de igual manera que nuestro estudio (15).

Existen muy pocos estudios que presenten una base normativa de pacientes con queratocono, de allí la relevancia primordial de nuestro estudio.

En conclusión, en este estudio encontramos que las medidas no son intercambiables, pues obtuvimos diferentes resultados, tanto en los pacientes sanos como con queratocono, a pesar de que algunos instrumentos comparten una tecnología similar y que miden el mismo parámetro.

Encontramos las mayores diferencias en los valores de MEA, MEP, DMP, BFS anterior y posterior con  $P < 0.001$  en las medidas con los 4 equipos en los pacientes sanos. El que sean estadísticamente significativo quiere decir que son realmente diferentes entre los cuatro equipos.

Encontramos las mayores diferencias en los valores de MEA, MEP, DMP y paquimetrías con  $P < 0.001$  en las medidas con los 4 equipos en los pacientes con queratocono. En los pacientes con queratocono existe más concordancia entre los valores obtenidos con los diferentes equipos específicamente en radio de curvatura de la EMA de superficie anterior y posterior medidos en milímetros (Figura 13- ver anexos).

## **CONCLUSIONES**

Obtuvimos y validamos la base normativa de pacientes sanos y con queratocono.

Con la edad se observó aumento de la curvatura corneal y disminución de la profundidad de cámara anterior en pacientes sanos y con queratocono.

No encontramos cambios por sexo en los pacientes sanos y con queratocono.

Observamos diferencias en todas las variables en al menos un equipo para los pacientes sanos y con queratocono.

Encontramos que a pesar de que ciertos equipos compartan la misma tecnología y estudiásemos el mismo parámetro, obtuvimos diferentes resultados. Por lo tanto, muchas de estas variables no se pueden considerar intercambiables.

Es necesaria la realización de estudios comparativos de bases normativas en otras poblaciones, ya que existen datos que pueden variar según la población estudiada, que pueden tener un impacto importante al momento de decidir si un paciente es el indicado para procedimientos refractivos y plantear la cirugía más adecuada para cada paciente.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

Los exámenes fueron tomados por varios optómetras.

Se realizaron cálculos manuales, de algunos de los parámetros estudiados, ya que los equipos no los brindaban de manera automática.

Muchas historias de los pacientes tenían más de una toma en el Orbscan y se escogía aleatoriamente por el investigador principal.

## ANEXOS

Figura 1. Esfera de mejor ajuste.

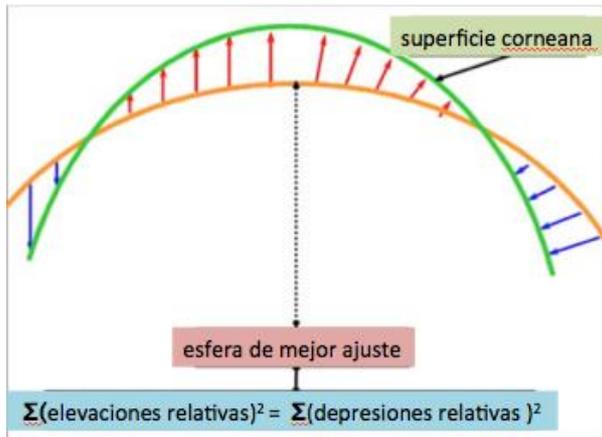


Figura 2. Documentación de datos por el Orbscan IIz.

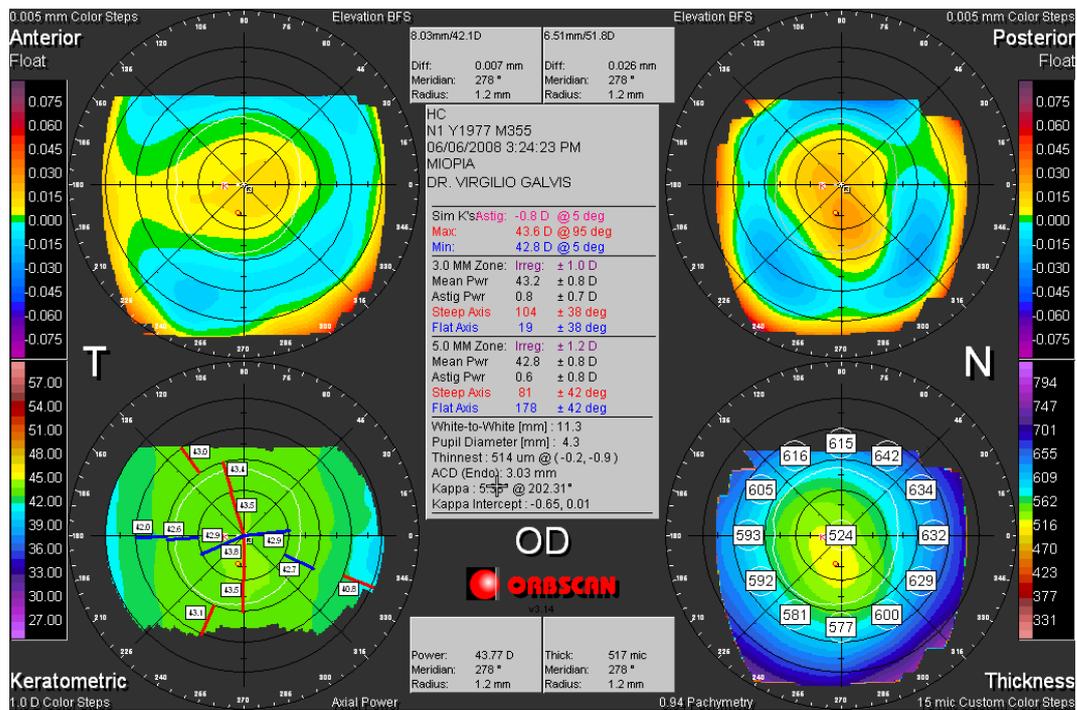


Figura 3. Documentación de datos por el Galilei.

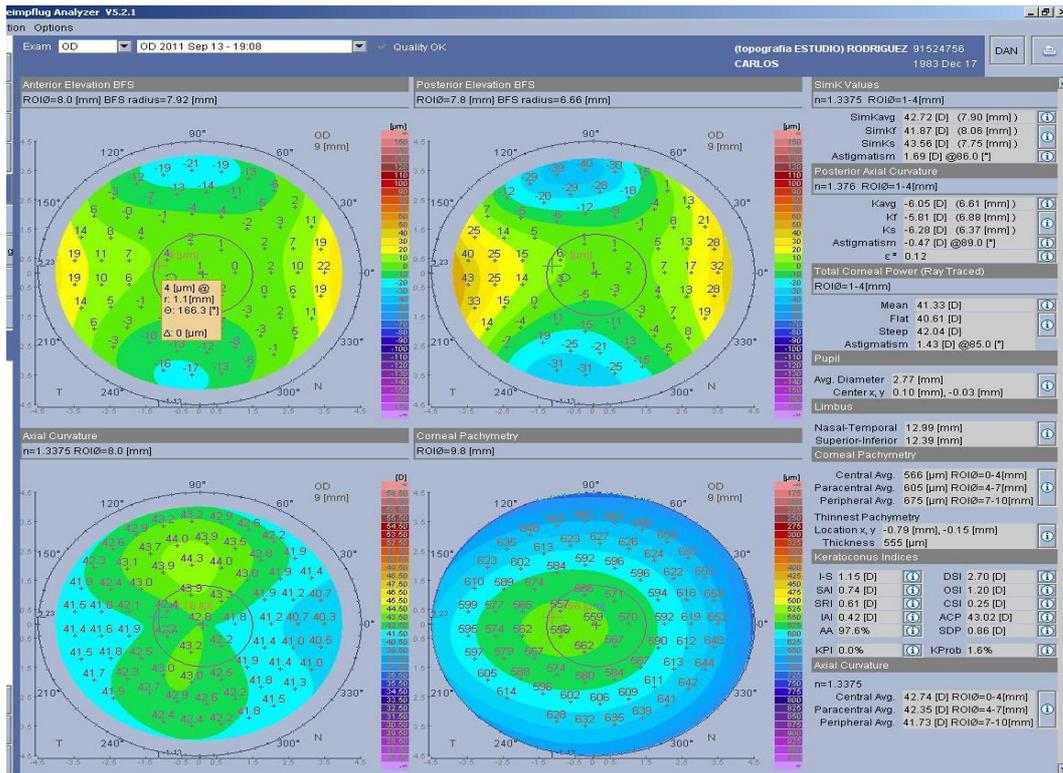


Figura 4. Documentación de datos por el Sirius.

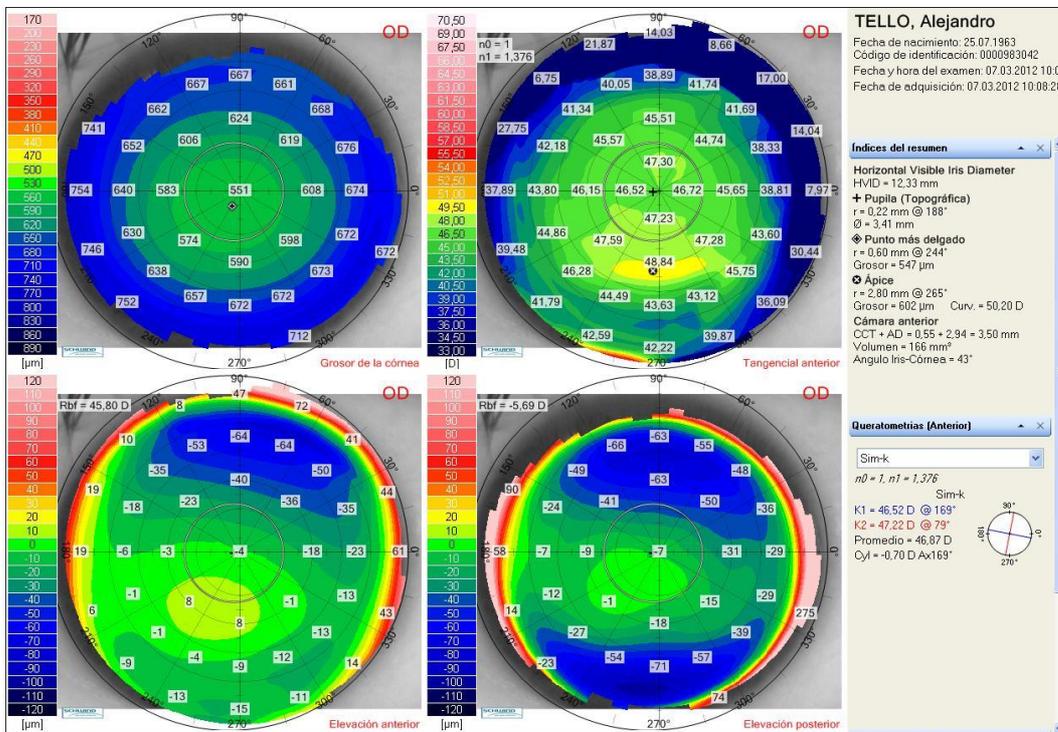


Figura 5. Documentación de datos por el Keratron.

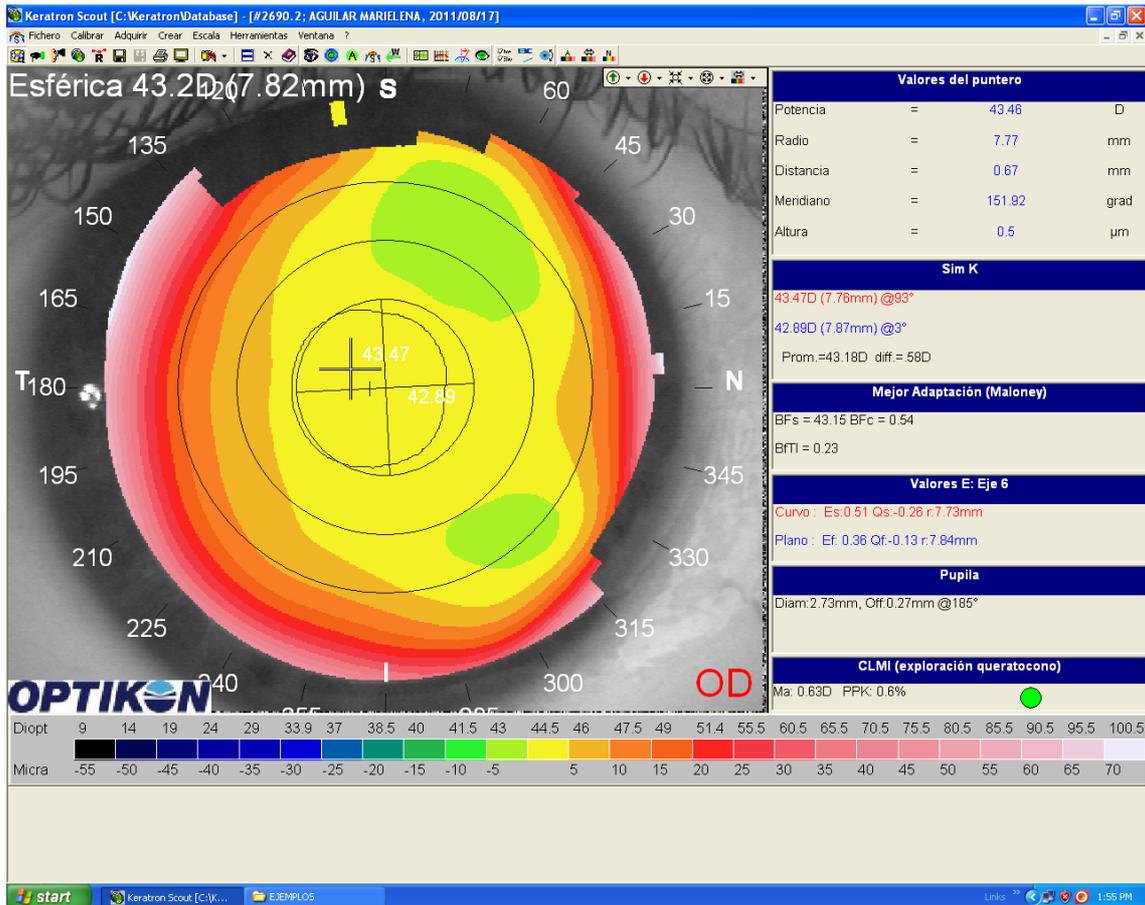


Figura 6. Criterios de inclusión de pacientes sanos.

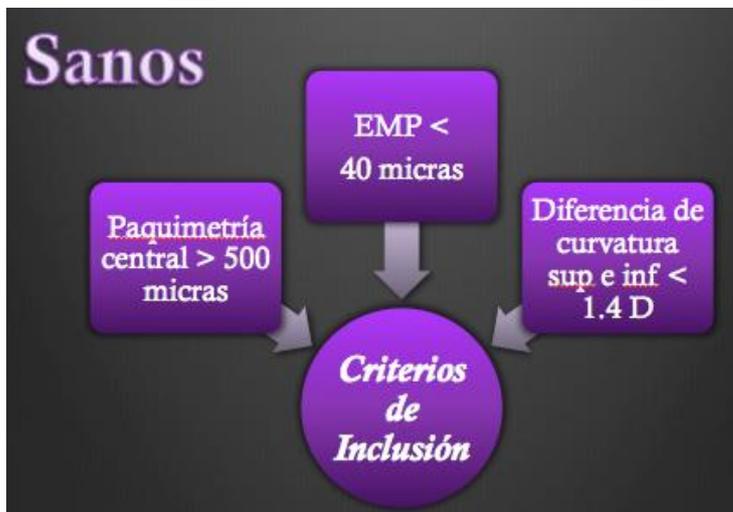


Figura 7. Criterios de inclusión para pacientes con queratocono.



Figura 8. Criterios de exclusión.



Figura 9. Parámetros a evaluar con el topógrafo Keratron y con los tomógrafos (Orbscan Ilz, Sirius y Galilei), en los pacientes sanos y con queratocono.

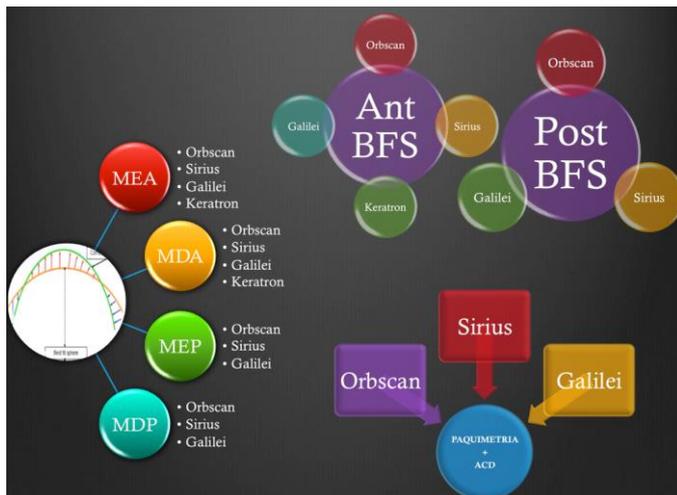


Figura 10. Tabla comparativa de Fam y asociados vs Galvis y asociados para pacientes sanos.

Parámetros	No. ojos	Fam y Asoc.	No. Ojos	Galvis y Asoc.	P (<0.001)
ABFS (D)	140	43.11 ± 1.34	96	42.50 ± 1.41	0,0009
PBFS (D)	140	52.39 ± 2.09	96	52.05 ± 2.24	0,2344
AE (mm)	140	12.28 ± 4.20	96	13.28 ± 4.51	0,0826
PE (mm)	140	29.25 ± 8.60	96	26.98 ± 13.59	0,0079
Kmax (D)	140	44.38 ± 3.43	96	44.18 ± 1.62	0,5954
Kmin (D)	140	43.00 ± 3.62	96	43.09 ± 1.47	0,8177

Figura 11. Tabla comparativa de Savini y asociados vs Galvis y asociados para pacientes sanos.

Parámetros	No. Ojos	<u>Savini y Asoc.</u>	No. Ojos	<u>Galvis et Asoc.</u>	P <0.001
ABFS (mm)	45	7.76 ± 0.25	96	7.86 ± 0.25	0,0285
PBFS (mm)	45	6.54 ± 0.24	96	6.57 ± 0.26	0,0833
<u>Thinnest corneal thickness (um)</u>	45	543.04 ± 32.32	96	550.88 ± 18.85	0,0072
ACD (mm)	45	2.82 ± 0.43	96	2.98 ± 0.39	0,0297

Figura 12. Tabla comparativa de Fam y asociados vs Galvis y asociados para pacientes queratocono.

Parámetros	No. ojos	<u>Fam y Asoc.</u>	No. Ojos	<u>Galvis y Asoc.</u>
ABFS (D)	140	44.43 ± 1.42	29	44.5 ± 2.00
PBFS (D)	140	55.01 ± 3.13	29	55.6 ± 2.97
EMA (mm)	140	58.87 ± 31.3	29	40.3 ± 22.1
MEP (mm)	140	109.4 ± 50.25	29	81.8 ± 36.9
Kmax (D)	140	51.12 ± 5.01	29	50.0 ± 4.66
Kmin (D)	140	46.15 ± 3.39	29	44.8 ± 3.55

Figura 13. Tabla comparativa de Fam y asociados vs Galvis y asociados para pacientes queratocono.

	NORMALES		QUERATOCONO	
	Galvis y asoc.	Vishal y asoc.	Galvis y asoc.	Vishal y asoc.
BFS <u>ant</u>	42.50 ± 1.41	42.8 ± 1.36	44.5 ± 2.00	44.7 ± 1.90
BFS <u>post</u>	52.05 ± 2.24	52.8 ± 1.90	55.6 ± 2.97	55.8 ± 3.06
K1	43.09 ± 1.47	43.0 ± 1.52	44.8 ± 3.55	47.1 ± 4.29
K2	44.18 ± 1.62	44.45 ± 1.51	50.0 ± 4.66	52.67 ± 5.04
ACD	2.98 ± 0.39	3.55 ± 0.29	3.20 ± 0.18	3.70 ± 0.31
<u>Paquimetría</u>	550.8 ± 18.8	546.1 ± 32.5	430.6 ± 43.9	454.7 ± 68.9

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Hernández-Camarena JC, Chirinos-Saldaña P, Navas A, Ramirez-Miranda A, de la Mota A, Jimenez-Corona A, et al. Repeatability, Reproducibility, and Agreement Between Three Different Scheimpflug Systems in Measuring Corneal and Anterior Segment Biometry. *J Refract Surg* [Internet]. 2014;30(9):616–21. Available from: <http://www.healio.com/doiresolver?doi=10.3928/1081597X-20140815-02>
2. Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, Job OM, Bachmann LM, Thiel M a. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(10):1742–7.
3. Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Accuracy of a dual Scheimpflug analyzer and a corneal topography system for intraocular lens power calculation in unoperated eyes. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2011;37(1):72–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.08.036>
4. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Fard AH, Niknam S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurements between 2 Scheimpflug imaging systems. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2009;35(5):856–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.01.008>
5. Randleman JB, Russell B, Ward MA, Thompson KP, Stulting RD. Risk factors and prognosis for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* [Internet]. 2003 Feb [cited 2015 Sep 1];110(2):267–75. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12578766>
6. Fam HB, Lim KL. Corneal elevation indices in normal and keratoconic eyes. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(8):1281–7.
7. Karimian F, Feizi S, Doozandeh A, Faramarzi A, Yaseri M. Comparison of corneal tomography measurements using Galilei, Orbscan II, and Placido disk-based topographer systems. *J Refract Surg*. 2011;27(7):502–8.
8. Guilbert E, Saad A, Grise-Dulac A, Gatinel D. Corneal thickness, curvature, and elevation readings in normal corneas: Combined Placido-Scheimpflug system versus combined Placido-scanning-slit system. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2012;38(7):1198–206. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.01.033>
9. Cairns G, McGhee CNJ. Orbscan computerized topography: Attributes, applications, and limitations. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(1):205–20.
10. Lee YW, Choi CY, Yoon GY. Comparison of dual rotating Scheimpflug–Placido, swept-source optical coherence tomography, and Placido–scanning-slit

- systems. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. Elsevier Inc; 2015;41(5):1018–29. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886335015004502>
11. Quisling S, Sjoberg S, Zimmerman B, Goins K, Sutphin J. Comparison of Pentacam and Orbscan IIz on Posterior Curvature Topography Measurements in Keratoconus Eyes. *Ophthalmology*. 2006;113(9):1629–32.
  12. Swartz T, Marten L, Wang M. Measuring the cornea: the latest developments in corneal topography. *Curr Opin Ophthalmol*. 2007;18(4):325–33.
  13. Savini G, Carbonelli M, Barboni P, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements performed by a dual Scheimpflug analyzer in unoperated and post-refractive surgery eyes. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2011;37(2):302–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.07.039>
  14. Anayol M. Comparison of Central Corneal Thickness , Thinnest. 2014;(57):582–6.
  15. Savini G, Carbonelli M, Sbriglia A, Barboni P, Deluigi G, Hoffer KJ. Comparison of anterior segment measurements by 3 Scheimpflug tomographers and 1 Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2011;37(9):1679–85. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.03.055>
  16. Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. ASCRS and ESCRS; 2010;36(3):425–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.09.034>
  17. Prakash G, Srivastava D, Avadhani K. Comparative Evaluation of the Corneal and Anterior Chamber Parameters Derived From Scheimpflug Imaging in Arab and South Asian Normal Eyes. 2015;0(0):1–9.
  18. Nasser CK, Singer R, Barkana Y, Zadok D, Avni I, Goldich Y. Repeatability of the Sirius imaging system and agreement with the Pentacam HR. *J Refract Surg* [Internet]. 2012 Jul [cited 2015 Sep 4];28(7):493–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22767167>
  19. Salouti R, Nowroozzadeh MH, Zamani M, Ghoreyshi M, Salouti R. Comparison of anterior chamber depth measurements using Galilei, HR Pentacam, and Orbscan II. *Optometry* [Internet]. Mosby, Inc; 2010;81(1):35–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.optm.2009.04.100>
  20. Maghami MH, Sodagar AM, Lashay A. Review Article Visual Prostheses : The Enabling Technology to Give Sight to the Blind. 2014;9(4).
  21. Wilson SE, Klyce SD. Screening for corneal topographic abnormalities before refractive surgery. *Ophthalmology* [Internet]. 1994 Jan [cited 2015 Sep 1];101(1):147–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8302548>

22. Auffarth GU, Wang L, Völcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* [Internet]. 2000 Feb [cited 2015 Sep 8];26(2):222–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10683789>
23. Tomidokoro A, Oshika T, Amano S, Higaki S, Maeda N, Miyata K. Changes in anterior and posterior corneal curvatures in keratoconus. *Ophthalmology* [Internet]. 2000 Jul [cited 2015 Sep 8];107(7):1328–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10889107>