

**XVI Certamen  
Incubadora de Sondeos y  
Experimentos**

Facultad de Estadística. Universidad  
Complutense de Madrid ▶

▶ **Biometría comparada: así  
cambiamos los jóvenes.**

IES La Estrella

---

---

**Código de Equipo: fee16sondeo06**

---

---

**Profesor: Felipe E. Ramírez Martínez**

---

---

**Estudiantes de 4º ESO**

---

---

**Miguel Canellas Gómez**

---

---

**Hannah Cousido Schwarz**

---

---

**Adela Martín Rodrigo**

---

---

**Beatriz Rodríguez Bachiller**

---

---

**Selin Vatansever Francisco**

---

---

---

# Índice

Introducción	2
Objetivos	3
Objetivos generales	3
Objetivos biológicos	3
Objetivos estadísticos	
Consideraciones biológicas	4
PARTE 1. Toma de datos	6
Población y muestra	6
Instrumentación	7
Metodología para el muestreo	8
Análisis de datos	10
Aspectos generales. Técnicas estadísticas	
Análisis de los caracteres observados	11
• Índice D2/D4A.	11
• Perímetro de hombros y cadera.	15
• Altura y altura de la cabeza.	18
• Perímetro craneal y hombros.	20
• Fuerza y frecuencia de voz.	23
Conclusiones	26
Conclusiones	26
Ampliación del estudio	27
Anexo	28
Protocolo de toma de datos	28

---

# Biometría comparada: así cambiamos los jóvenes.

IES La Estrella

## Introducción

El presente trabajo de investigación que presentamos aquí, es el resultado del Proyecto STEM de Centro IES La Estrella del curso 2022 - 23. El proyecto se ha organizado alrededor del estudio de algunas características biométricas de los jóvenes y su evolución en la pubertad. Se ha desarrollado con la intervención conjunta y coordinada de los departamentos de Matemáticas, Biología, Física y Tecnología con los estudiantes de 4º de la ESO que cursan el itinerario de ciencias.

Este trabajo corresponde a la parte del análisis de los datos numéricos observados. A partir de ellos los estudiantes obtuvieron sus conclusiones sobre los cambios biológicos que tienen lugar en los adolescentes.

Los departamentos de Biología y Física determinaron los caracteres a estudiar, la instrumentación para la recogida de datos y aportaron el marco de referencia cognitivo: decidieron qué estudiar y cómo hacerlo con la mirada puesta en la biometría. El papel de la Matemáticas fue el de analizar los datos y obtener conclusiones a partir de ellos. El marco teórico es el de las unidades curriculares de Estadística de Matemáticas Académicas de 4º ESO.

La investigación realizada consiste en un trabajo de campo realizado sobre los estudiantes del centro escolar de 1º y 4º de la ESO y de 2º Bachillerato. Las características seleccionadas y observadas en la muestra son medidas corporales directas tales como la altura, el ancho de las caderas o indirectas como el tiempo de reacción. El objetivo último del estudio es corroborar lo que, en relación con estas medidas, la bibliografía al uso describe en relación con la pubertad y el sexo, observando distintos parámetros biométricos en tres momentos diferentes del joven, con la intención de que nos ayudaran a constatar algunos de los cambios físicos que experimentan los jóvenes en la pubertad.

En este proyecto, como en casi todo proyecto científico, la Estadística juega un papel esencial para poder formular conclusiones. A pesar de las naturales limitaciones curriculares de los estudiantes, se han utilizado herramientas de estadística unidimensional y bidimensional para analizar los datos. Cabe destacar que ha sido una metodología enriquecedora para los estudiantes que han aprendido la idoneidad de utilizar distintas aproximaciones según fueran los datos muestreados y los resultados obtenidos *a posteriori*.

Para su realización se ha requerido de instrumental de medición específico, teléfonos digitales, acceso a internet, programas de sobremesa (hoja de cálculo, procesador de textos y programa de presentaciones) y software de digitalización de audio.

En el desarrollo del proyecto han intervenido 95 estudiantes de 4º ESO, organizados en grupos de 4/5 estudiantes trabajando sobre los mismos supuestos. Como recomiendan los estándares para la elaboración de un Proyecto STEM, tantos los contenidos teóricos como todas las actividades, se han realizado en el tiempo de las

sesiones curriculares de Biología y Física mientras que el análisis de los datos se hizo en las de Matemáticas. Estas condiciones limitan el alcance de este estudio, que no su **rigor**.

Para este certamen de Estadística se han escogido **una parte de las observaciones** realizadas en el marco del proyecto STEM del centro. Hemos escogido el estudio de cinco variables centradas en la parte biológica de la experiencia.

Las siguientes páginas resumen la investigación multidisciplinar realizada por cinco estudiantes de dos grupos de trabajo distintos, lo que enriquece la diversidad de sus puntos de vista.

## Objetivos

Dado el carácter multidisciplinar de la investigación realizada, cada área de conocimiento dispuso de sus propios objetivos curriculares. La Biología es el núcleo de esta investigación al determinar el objeto de estudio y plantear las preguntas científicas que responder. La Física aportó procedimientos, las Matemáticas herramientas de análisis y la Tecnología digitalización. A continuación, por brevedad se detallan los objetivos propuestos en Biología y en Estadística (Matemáticas).

### Objetivo general

El **principal objetivo** de esta experiencia es aprender cuando se hace Ciencia, debemos ser meros espectadores de lo que los datos nos dicen; se trata de entender que la realidad natural no tiene que ser como una teoría dice que es, sino como los datos contrastados nos dicen que es. Es nuestra observación del mundo la que nos proporciona su conocimiento: si los datos no están suficientemente correlados "*como nos gustaría*", no los forcemos para que confirmen lo que " *pensemos que debe ser*". Analizamos si el

diseño del experimento es correcto, si tenemos confianza en los métodos usados y si es posible explicar lo que los datos nos dicen.

Entendemos que nuestras conclusiones no pueden ser tomadas nunca como definitivas, sino como un sincero estudio con el rigor posible con sus limitaciones. Es sólo un marco idóneo para enseñar a ver los datos con diferentes puntos de vista. Son objetivos generales:

- Desarrollar el método científico con las limitaciones inherentes a los investigadores (15-16 años) y materiales de la investigación intentando que se aproximado a una investigación real.
- Fomentar el trabajo en grupo y por proyectos. La participación en este certamen no es más que otra forma de exponer lo que en el proyecto STEM han realizado los estudiantes.
- Colaborar en la toma de decisiones.
- Debatir para consensuar conclusiones científicas.

### Objetivos biológicos

Tras haber estudiado en clase y conocer las teorías al uso sobre el desarrollo corporal en la pubertad y especialmente las relacionadas con el dimorfismo sexual, el principal objetivo es este sondeo es **corroborar** algunas de las relaciones que se aceptan como habituales y que se relacionan con algunos caracteres físicos observables en los jóvenes, particularmente:

- Observar la evolución a lo largo del tiempo de los rasgos biométricos seleccionados considerando la segregación por sexo y tratar de explicarlos biológicamente.
- Tratar de establecer relaciones de causalidad entre los datos muestreados considerando las teorías biológicas establecidas.

- Reflexionar en qué medida la genética, la fisiología celular, la evolución biológica y el ambiente influyen en la expresión de estos rasgos biométricos.
- Averiguar, buscando información recabada en investigaciones científicas ya existentes, en qué casos nuestras correlaciones se podrían corresponder con relaciones de causalidad.

### Objetivos estadísticos

- Aprender la importancia de la Estadística para obtener conclusiones científicas.
- Conocer el determinante papel que juegan las matemáticas en el método científico.
- Aprender a utilizar recursos estadísticos para analizar datos reales.
- Utilizar los parámetros estadísticos estudiados en clase sobre datos reales obtenidos por los estudiantes.
- Ampliar y profundizar en los contenidos curriculares de estadística.
- Conocer las limitaciones y los errores de las observaciones científicas y por tanto de todo muestreo.
- Aprender a organizar los datos de formas distintas para que nos cuenten cosas distintas.
- Dar soporte analítico a la investigación del proyecto STEM para permitir elaborar conclusiones.

## Consideraciones biológicas

El punto de partida de esta investigación es el conocimiento empírico de nuestros cuerpos biológicos. Nuestra idea es observar distintos parámetros corporales en estudiantes de distintas edades para tratar de confirmar lo que parece obvio. Asimismo, nos gustaría encontrar o corroborar experimentalmente algunas relaciones de causalidad biológica que se puedan justificar los resultados muestreados ¿Por qué somos distintos biométricamente? ¿Qué sucede en la pubertad para que aparezcan cambios corporales observables que distinguen por sexo a los jóvenes?

Las diferencias en algunas medidas biométricas se corresponden con el sexo y la edad. El sexo determina el tipo de hormonas que produce el cuerpo, y estas influyen decisivamente en la forma en el que los cuerpos se desarrollan.

Sabemos que la pubertad tiene lugar durante los años de instituto, y gracias a nuestro estudio hemos observado algunos de los bruscos cambios que hay entre los alumnos de 1o de la ESO (12 y 13 años) y los de 2o de bachillerato (17 y 18 años). Además, son cambios que no se operan de la misma forma en ambos sexos. El alcance de la madurez sexual determina cuando un ser vivo está preparado para reproducirse. Por eso estos rasgos secundarios están muy ligados a la habilidad para la reproducción. Por ejemplo, las caderas de las mujeres se ensanchan preparando al cuerpo para el parto; además, la grasa aquí localizada ayuda como aporte extra de energía en un embarazo.

### Pubertad vs adolescencia

Para nuestro estudio era importante no confundir los siguientes términos: pubertad y adolescencia.

La pubertad es un proceso biológico asociado al alcance de la madurez sexual. En las mujeres suele comenzar a los 10 años, y en los hombres, sobre los 12. Por otro lado, la adolescencia es el periodo vital que tiene lugar de los 12 a los 19 años por lo general, y se asocia con los cambios psicológicos y sociales que conlleva la llegada a la edad adulta.

### Las hormonas

Las hormonas son sustancias que viajan a través de la sangre después de ser liberadas por glándulas, regulan el funcionamiento de distintos órganos o partes del cuerpo, y producen cambios fisiológicos. Las **hormonas sexuales** son aquellas que intervienen en el desarrollo de los cuerpos, la pubertad y la madurez sexual. Estas hormonas son sintetizadas por las gónadas (ovarios y testículos) y por la glándula suprarrenal. Se pueden clasificar en tres tipos: los **andrógenos**, los **estrógenos** y los **progestágenos**. Los andrógenos se consideran hormonas sexuales masculinas porque provocan efectos masculinizantes, y los estrógenos y progestágenos son consideradas hormonas sexuales femeninas. Aunque, en realidad ambos tipos de hormonas **están presentes** en los **dos sexos**, pero con diferentes niveles.

### Principales hormonas en la adolescencia

La principal hormona sexual femenina es el **estrógeno**. Tiene importantes funciones en el ciclo menstrual y en el embarazo, aparte de regular la aparición de los caracteres sexuales secundarios. Al inicio de la pubertad, en las mujeres la hipófisis libera hormona luteinizante (LH) y folitropina (FSH). Esta produce un crecimiento de los ovarios y su estimulación. Así es como empiezan a liberarse los estrógenos. Por otro lado, la principal hormona sexual

masculina es la **testosterona** que promueve el crecimiento de la masa ósea y muscular; son derivados del grupo andrógenos. Ambas hormonas se asocian con los distintos rasgos físicos que ocurren durante la etapa puberal (voz grave, más altura, nuez...: testosterona; caderas anchas, pechos...: estrógenos).

Los efectos fisiológicos de la hormona masculina pueden clasificarse de dos maneras diferenciando entre **anabólicos** y **androgénicos**. Los efectos anabólicos incluyen el crecimiento de la masa muscular y fuerza, el incremento de la densidad ósea, la estimulación del crecimiento longitudinal y la maduración de los huesos. Los efectos androgénicos (la mayoría caracteres sexuales secundarios) son la maduración de los órganos sexuales, la profundización de la voz y el crecimiento de la barba y el vello axilar. A lo largo de la vida hay diferencias entre los niveles de testosterona. Con la llegada de la pubertad, en los hombres provoca la aparición de los caracteres sexuales secundarios. Durante la pubertad es donde, con diferencia, ocurren los mayores cambios: el agrandamiento de las glándulas sebáceas, incremento en la fuerza y la masa muscular, profundización de la voz, aparición de la nuez, remodelación de los contornos de los huesos faciales y la terminación de la maduración ósea.

El efecto de las hormonas sólo es un componente del dimorfismo sexual que tratamos de observar. No es posible concluir un efecto único de causalidad entre las diferencias biométricas observadas por edades y sexo y los niveles hormonales.

La velocidad de crecimiento varía mucho de unas personas a otras y de un sistema fisiológico a otro. Por ejemplo, el sistema nervioso y el cerebro experimentan un crecimiento muy rápido durante los primeros cinco años de vida, por lo que se ha alcanzado prácticamente el 90% del

tamaño cerebral que se tendrá de adulto. Lo mismo sucede con el esqueleto, la musculatura, los órganos respiratorios y digestivos. En cambio, los órganos sexuales tienen un crecimiento muy lento durante la primera década de la vida, alcanzando a los 9 años sólo el 10% del volumen adulto, mientras que entre los 10 y los 16 completan el 90% de su tamaño definitivo.

Además, se debe considerar el sexo, ya que, las mujeres crecen menos que los hombres porque maduran antes y tienen dos años menos para crecer. La razón de esto es que cuando las mujeres completan la pubertad y tienen la menstruación, prácticamente dejan de crecer ya que los estrógenos cierran el cartílago del hueso que permite crecer. En los hombres, el cierre de los cartílagos de crecimiento es en torno a los 16 años debido a los andrógenos.

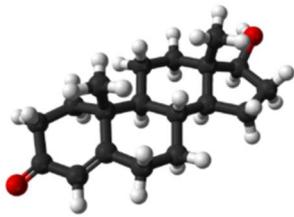


Ilustración 1. Molécula de testosterona

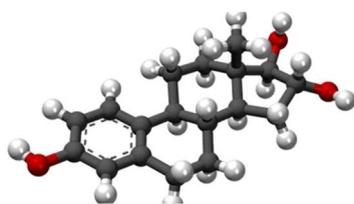


Ilustración 2 Molécula de estrógenos

# PARTE 1

## Toma de datos

Se describen a continuación los detalles de cómo se realizó el trabajo de campo.

### Muestra

En principio, la población de nuestro estudio son los jóvenes de Madrid distribuidos en tres grupos de edades, 12-13 años, 15-16 y 17-18, y segregados por sexos.

En función de la muestra, pudiera ser que la población se debiera acotar a los estudiantes de un instituto público de Madrid; y como es posible que las observaciones realizadas pudieran tener un sesgo social, nuestra **población** es la de **los adolescentes de un barrio de clase media de una gran ciudad de Madrid que estudian en un instituto público.**

Nos interesaba estudiar a los jóvenes divididos en esas tres bandas de edad para conocer la evolución temporal de las variables estudiadas. Se tomó una muestra **censal** de los grupos de 1º de la ESO y de 2º Bachillerato del IES La Estrella y para los grupos de 4º de la ESO se muestreó al 87% de los estudiantes de esa etapa.

El muestreo se realizó entre los días 9 de enero y 3 de febrero de 2023 a un total de **304** individuos de todos los grupos de 1º de la ESO y de 2º de Bachillerato y de todos los grupos, excepto uno, de 4º de la ESO. Las medidas se tomaron en los distintos horarios de los distintos grupos en las horas de los laboratorios de Física y Química y de Biología, utilizándose unas 7 horas totales para tomar todas las medidas. Unas se tomaron en el aula y otras en el laboratorio.

La distribución global de la muestra por edades y sexos es la siguiente:

Distribución de la muestra					
Edad (años)	Hombres	Mujeres	TOTAL	Hombres	Mujeres
12-13	59	84	143	41,26%	58,74%
15-16	40	35	75	53,33%	46,67%
17-18	38	48	86	44,19%	55,81%
<b>N= 304</b>					

Tabla 1

Entendemos que la muestra cuenta con la suficiente aleatoriedad para evitar sesgos ya que:

- se muestreó a casi todos los estudiantes de tres niveles educativos de un centro escolar
- sin sesgos aparentes en cuanto a la fisonomía de sus estudiantes ya que nuestra observación era de biometría
- sin sesgos de género, (siendo la muestra censal en dos niveles).

Pensamos que no es arriesgado suponer que la población estudiantil de centro escolar dispone de la suficiente variabilidad poblacional en lo relativo a sus características biométricas y por ello entendemos que nuestra muestra es **suficientemente representativa de la población**. El agrupamiento de los individuos muestreado es irrelevante al muestreo pues obedece a criterios académicos. En todo caso era inviable realizar la experiencia con individuos que no fueran del IES La Estrella.

Hay que recordar que habiéndose realizado las observaciones sobre grupos desconexos, los datos obtenidos no pueden ser determinantes. Como se verá más adelante, hay observaciones en las que los datos parecen incurrir en contradicción que se eliminaría si la observación se realizara sobre los mismos sujetos a lo largo del tiempo. A pesar de esta limitación, entendemos que los datos recogidos permiten retratar biométricamente a los adolescentes que estudian en un instituto público madrileño.

## Caracteres

A partir de las ideas de los Departamentos de Biología y de Física y Química, se decidió examinar los siguientes caracteres biométricos de los sujetos muestreados, todos ellos continuos excepto dos codificados:

Carácter biométrico (BIO)	Carácter biométrico (F&Q)
Altura	Frecuencia de la voz
Altura cabeza	Tiempo de reacción
Altura ojos	Tipo de cara (discreto)
Perímetro hombros	Temperatura corporal
Perímetro caderas	Color de piel (discreto)
Longitud del dedo índice	
Longitud del dedo anular	

Tabla 2

## Instrumentación

Los instrumentos utilizados han sido:

- 7 tallímetros para medir tanto la altura como la altura de la cabeza.
- 7 reglas de plástico de 30 cm (con medida tanto en mm como en pulgadas) para medir la altura del ojo.
- 7 cintas métricas de 150 cm. para medir el perímetro de la cabeza, el perímetro de los hombros y el perímetro de las caderas.
- 7 calibres digitales en mm para medir la longitud del D2 y D4 (dedo índice y dedo anular).
- 7 reglas metálicas de 30 cm. (con medida tanto en mm como en pulgadas) para medir la velocidad de reacción.
- 7 termómetros por infrarrojos para medir la temperatura corporal.
- 3 dinamómetros digitales para medir la fuerza de agarre en kg

- Teléfonos móviles utilizados como grabadora de sonidos para grabar la voz leyendo un extracto de El Quijote.
- Ordenadores para hallar la frecuencia de la voz a raíz de la grabación realizada con los teléfonos móviles.
- Panel con 6 tipos de cara e imagen de una persona con nariz y otra sin esta para saber el tipo de cara y si se había desarrollado la nariz.
- 8 paneles con los distintos tonos de piel numerados de más oscuro a más claro

### Metodología de muestreo

Para optimizar la recogida de datos se trabajó en grupos de encuestación de **cuatro** personas respetando el equilibrio de género para no incomodar a los estudiantes muestreados.

Cada grupo se organizó con 4 roles para los distintos integrantes: el coordinador describía al grupo la forma en la que se organizaban, el secretario guardaba todos los datos, medidas y documentos, el encargado de materiales se ocupaba de comprobar el estado de los instrumentos de medida y el portavoz se encargaba de organizar la presentación. Todos ellos, con la excepción del secretario, han tomado medidas. Las medidas han sido tomadas por cada grupo a los distintos sujetos de la muestra asignados a cada uno de estos.

Para estos procedimientos se editaron protocolos de medición y toma de datos que se recogen en el Anexo I:

- **Altura del ojo**- El sujeto se ha colocado erguido mirando al frente con los ojos abiertos y se le ha tomado medida con la regla de plástico desde la parte de arriba hasta la parte de abajo de la cavidad ocular. Se ha tomado esta medida en centímetros.
- **Altura de la cabeza**- El sujeto se ha situado erguido mirando al frente situado en la base del tallímetro con la barbilla en reposo sobre el tope móvil pequeño y con el tope móvil grande en la cabeza de manera que ni apretase la cabeza ni estuviera separado de esta. Se resta la marca del tope móvil pequeño a la del tope móvil grande y se obtiene la altura en centímetros.
- **Altura**- Al igual que en el resto de alturas, el sujeto se coloca erguido y mirando al frente solo que, a diferencia de las otras, en esta el sujeto se descalza antes de ponerse en la base del tallímetro. Se debe colocar de espaldas al tallímetro y con los pies juntos. Se utiliza el tope móvil de mayor de tamaño y el de menor se coloca en la parte más baja para no incomodar al sujeto. Se toma la marca en centímetros.
- **Longitud del D2 y D4**- El sujeto se coloca sentado con la mano abierta colocada sobre una superficie plana y se le toma medida con el calibre desde el inicio de la falange proximal hasta la punta de los dedos. Se toma la medida con un decimal y se pasa a centímetros.
- **Perímetro de la cadera, cabeza y de los hombros**- El sujeto se coloca erguido mirando al frente con los pies juntos. En el caso de la cadera debe poner los brazos en cruz para facilitar la toma de la medida, pero, en el caso de los hombros y la cabeza, los brazos deben estar relajados y pegados al cuerpo. Tomamos la medida con la cinta métrica en centímetros. En caso de que la medida sea mayor a un número entero lo redondeamos. En la cabeza tomamos la medida un poco por encima de las orejas. En el caso de los hombros tomamos la medida, aproximadamente, en la articulación entre el omóplato y el húmero. Por último, en el caso

de la cadera tomamos la medida en la parte más gruesa de la cadera para no solo tomar la medida de la pelvis sino también de la cantidad de lípidos en la zona.

- **Tipo de cara y ausencia de nuez**- se coloca el sujeto de pie mirando al frente y se coloca la hoja a su lado. El grupo interpreta el tipo de cara de las 6 que hay y decide una. En caso de duda, tanto en el tipo de cara o la ausencia de nuez, se hace una votación y en caso de empate se pide a una persona más que decida entre las opciones votadas.

Para las medidas relacionadas con Física y Química hemos seguido los siguientes procedimientos:

- **Frecuencia de voz**- Un integrante del grupo se lleva al sujeto a un aula vacía para que otros sonidos no interfieran con la grabación. El sujeto lee un trozo de El Quijote y es grabado con el teléfono móvil del integrante del grupo. Se repite el proceso con todos los sujetos. Una vez se hayan grabado todos los audios, se llevan al aula de informática. En dichos ordenadores está instalado el programa *Audacity* que transforma el audio de entrada en una frecuencia de voz. Tomamos la frecuencia máxima y la anotamos en Hertzios.
- **Temperatura corporal**- Con el termómetro por infrarrojos tomamos medida de la temperatura en la frente. Tomamos tres medidas y hacemos la media de las tres. En caso de obtener un valor poco similar a los otros lo descartamos y volvemos a tomar la medida. Entre medida y medida tomamos una medida al aire.
- **Color de piel**- Se coloca al sujeto al lado de los paneles de colores y, al igual que en el tipo de cara y ausencia de nuez, los

integrantes del grupo deciden qué tipo de color de piel tiene.

- **Fuerza de agarre**- El sujeto decide en este caso dependiendo de su comodidad si prefiere hacer esta toma de pie o sentado. En ambos casos el sujeto agarra el dinamómetro con la mano dominante. Su brazo debe hacer un ángulo recto con su cuerpo y debe apretarlo bajando hasta que su brazo y su cuerpo estén paralelos. Se repite la toma 3 veces y se toma el valor máximo en Kg.
- **Velocidad de reacción**- el sujeto se coloca sentado con el brazo apoyado en el reposabrazos, pero con la mano en el aire. Coloca la mano en forma de pinza, pero dejando un espacio de al menos 5 centímetros entre los de y palma de la mano. Se coloca la regla con el inicio en la parte de arriba de su mano y se deja caer sin avisar al sujeto. Se toma la medida en centímetros de la parte superior de la mano tres veces y se toma la mejor. En caso de que no coja la regla ninguna de las tres veces, lo hacemos hasta que la coja. Tras tener la medida, utilizamos la gravedad de la Tierra ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) y despejamos la distancia en metros y calculamos en segundos la velocidad de reacción.

Se utilizó una hoja normalizada para la toma de datos que se incluye en el Anexo I. Los datos se registraron en una hoja de cálculo compartida con todos los estudiantes con la que todos podrían realizar un estudio con los mismos datos.

## Problemas detectados

- Debido a la falta de trabajo por parte de muchos alumnos, muchos registros de datos tenían datos ausentes que obligó a eliminar todo el registro.
- Nos hemos enfrentado al problema de la **incoherencia** de algunos **datos** y hemos aprendido a ordenar y filtrar los datos para buscar los valores extremos, susceptibles de ser erróneos.
- Los **instrumentos** de medida **no** han sido los de la mejor **calidad** posible, con falta de precisión o en mal estado general, lo que resta fiabilidad toda medida.
- Hemos dispuesto de **demasiados grupos de encuestación**, lo que hace perder el control de la bondad de las medidas tomadas.
- La falta de tiempo para poder realizar con más calma la toma de muestras.
- 

## PARTE 2

# Análisis de los datos

Los datos muestreados se registraron en una hoja de cálculo compartida. Todos los grupos trabajaron sobre los mismos datos. Las primeras acciones fueron:

- Aprender a ordenar los datos para buscar los datos extremos, supuestos errores de medición.
- Eliminar los registros erróneos o incompletos del muestreo.
- Realizar agrupamientos por categorías (sexo, edad).
- Calcular parámetros estadísticos con funciones de la hoja de cálculo, unidimensionales y bidimensionales y realizar gráficos adecuados.
- Proporcionar, finalmente, unos datos ordenados por sexo y edades fáciles de analizar.

Como el objetivo era estudiar la correlación de algunos caracteres observados, se calcularon la covarianza y los coeficientes de correlación lineal para toda la muestra y también segregados por sexos o por edades. Buscábamos que si dos caracteres no manifestaban correlación en el total de la muestra podría deberse a la variabilidad de una población en cambio (hormonal), por lo que lo más oportuno fue realizar correlaciones sobre **datos segregados**. Parecía natural pensar que, si existía alguna correlación, esta se hallaría entre los miembros de grupos más homogéneos de edad o sexo. Fue una decisión correcta y eficaz.

Para estudiar la evolución temporal necesitábamos tomar las medias de los distintos grupos. Por ello se realizó un análisis unidimensional enfocado a determinar la representatividad de las medias, obteniendo las desviaciones y los coeficientes de variación oportunos. Para qué analizar la evolución de la media de una medida, si la media no es representativa. Por ello se calculó la desviación típica y el coeficiente de variación de Pearson.

Obtenidos estos parámetros se hicieron series temporales por sexos para observar la diferente evolución -o no- de los caracteres observados en los jóvenes. Por último, hubo que analizar los resúmenes de los datos a la luz de lo que académicamente se suponía que debería suceder. Ese es el tema de discusión del siguiente apartado.

Se observará que el análisis de los caracteres muestreados que se desarrollan a continuación, no es **idéntico** de uno a otro; se han preservado las diferentes aproximaciones que cada estudiante ha realizado con los datos para obtener sus conclusiones; por ejemplo, unos han preferido nubes de puntos para su argumentación, otros diagramas de líneas y otros histogramas. Entendemos que mantener la peculiaridad de cada estudiante enriquece este informe.

## Análisis de los caracteres

A continuación, se detalla para cada carácter escogido una breve introducción del objetivo perseguido, una descripción y análisis de los datos obtenidos y las oportunas conclusiones.

1

### Índice D2-D4

Según diversos artículos<sup>1</sup> **la longitud de los dedos tiene relación** con los niveles de **hormonas sexuales** de una persona, principalmente con los niveles de estrógenos o de testosterona; otros estudios<sup>2</sup> afirman que se debe a la exposición a estas hormonas en el embarazo. Nuestras fuentes principales han sido las teorías desarrolladas en el Howard Hughes Medical Institute (Florida) por el biólogo y director del estudio Martin Cohn; y en el estudio de Scott Simpson, anatomista en Case Western Reserve, de la Universidad de Ohio. Para este estudio estadístico vamos a investigar la **veracidad de la primera hipótesis** ya que era inviable la recogida de datos relacionados con la segunda. Las teorías de estos estudios afirman que **un individuo con más testosterona tendrá el dedo anular más grande que el índice, y que uno con más estrógenos lo contrario**. Por tanto, en los hombres el D4 debería ser mayor que el D2, justo al contrario que en las mujeres.

### Análisis de datos

Como en las otras características biométricas estudiadas, hemos comenzado por un análisis de

<sup>1</sup> Entre otras referencias:

National Geographic: ¿Por qué los dedos anulares de los hombres son más largos? (13 de octubre de 2012); El Diario: Esto es lo que

dice de nuestras habilidades la longitud de nuestros dedos. (7 de enero de 2020).

<sup>2</sup> El Español: ¿Por qué el dedo anular de los hombres es más largo? (30 noviembre, 2018)

la covarianza y del coeficiente de correlación lineal con todos los datos muestrales.

Se registraron los valores de la variable bidimensional (X, Y) a partir de las dos variables unidimensionales continuas:

D2 = {longitud del dedo índice D2} e

D4 = {longitud del dedo anular D4}

Los datos -sin disgregar por edades- dieron como resultado coeficientes de correlación de **r = 0,7 (bastante correlado)** para el grupo de **hombres**, y de **r = 0,694 (bastante correlación)** para las **mujeres**; en ambos casos la covarianza es positiva y por tanto al aumentar el tamaño del dedo D2 también aumenta el del dedo D4.

	Covarianza	Correlación (r)	COMENTARIOS
<b>GRUPO T: (toda la muestra)</b>	0,419	0,536	<b>Algo correlado.</b> CORRELACIÓN POSITIVA
<b>GRUPO H: hombres</b>	0,531	0,722	<b>Bastante correlado</b> CORRELACIÓN POSITIVA
<b>GRUPO M: mujeres</b>	0,217	0,694	<b>Bastante correlado</b> CORRELACIÓN POSITIVA

Tabla 3

Las siguientes nubes de puntos representan los tres grupos anteriores. Se representan los datos recogidos de la medición del dedo D2 frente a la medición de los datos del dedo D4 (el eje X para las longitudes de D2 y el eje Y las del D4).

Una diferencia que se observa entre las nubes de los hombres y las mujeres es que los datos de éstas se agrupan en torno a menores valores que los de los hombres. La gráfica con los datos de toda la muestra se utilizó como referencia para observar de forma visual el rango que tienen el total de los datos recogidos.

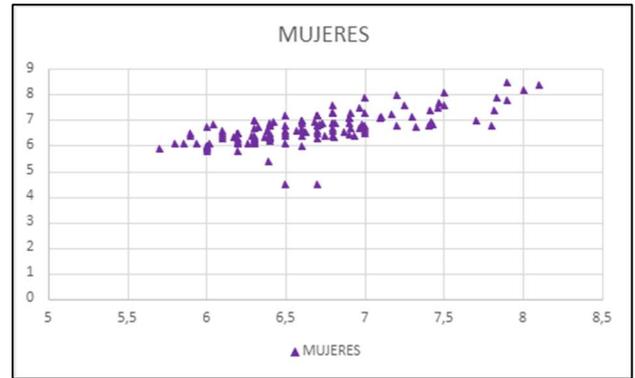


Gráfico 1

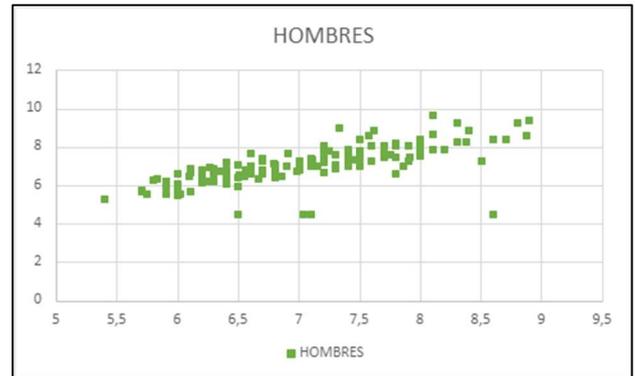


Gráfico 2

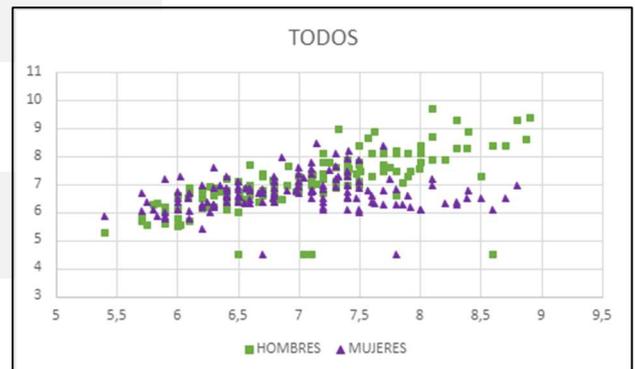


Gráfico 3

Decidimos realizar otras observaciones sobre los datos recogidos para estudiar las distribuciones marginales de D2 y D4 segregadas por sexos. Obtuvimos los parámetros de centralización y dispersión por sexos y edades, que se recogen en las siguientes tablas:

HOMBRES				
Medidas de centralización	Media	Mediana	Moda	Desviación típica
<b>Dedo índice (D2)</b>				
12 -13	<b>6,540</b>	6,45	6,4	0,603
15 - 16	<b>7,559</b>	7,6	7,2	0,608
17 - 18	<b>7,186</b>	7,11	6,6	0,711
<b>Dedo anular (D4)</b>				
12 -13	<b>6,672</b>	6,6	6,2	0,793

HOMBRES				
Medidas de centralización	Media	Mediana	Moda	Desviación típica
<b>Dedo índice (D2)</b>				
15 - 16	<b>7,542</b>	7,5	8,1	0,760
17 - 18	<b>7,026</b>	7	7	1,110
<b>MUJERES</b>				
Medidas de centralización	Media	Mediana	Moda	Desviación típica
<b>Dedo índice (D2)</b>				
12 -13	<b>6,467</b>	6,4	6	<b>0,488</b>
15 - 16	<b>6,807</b>	6,75	6,3	<b>0,584</b>
17 - 18	<b>6,700</b>	6,7	6,7	<b>0,405</b>
<b>Dedo anular (D4)</b>				
12 -13	<b>6,515</b>	6,56	6,4	<b>0,561</b>
15 - 16	<b>6,773</b>	6,8	6,8	<b>0,722</b>
17 - 18	<b>6,742</b>	6,7825	6,5	<b>0,547</b>
<b>MUESTRA</b>				
<b>Dedo índice (D2)</b>				
Medidas de centralización	Media	Mediana	Moda	Desviación típica
<b>GRUPO T: la muestra</b>	<b>6,839</b>	6,8	6,4	<b>0,687</b>
<b>GRUPO H: hombres</b>	<b>7,016</b>	7,1	7,4	<b>0,772</b>
<b>GRUPO M: mujeres</b>	<b>6,650</b>	6,6	6,3	<b>0,950</b>
<b>Dedo anular (D4)</b>				
<b>GRUPO T: toda la muestra</b>	<b>6,854</b>	6,835	7	<b>0,831</b>
<b>GRUPO H: hombres</b>	<b>7,022</b>	7	7	<b>0,950</b>
<b>GRUPO M: mujeres</b>	<b>6,674</b>	6,7	6,4	<b>0,616</b>

Tabla 4

Como se observa en las tablas anteriores, la media de las mujeres se suele situar en los 6,7 cm en ambos dedos. También se puede ver que hay poca diferencia entre los dedos de las mujeres de 12 y 13 años y las mujeres de 17 y 18 años. La diferencia es de 0,2 cm aproximadamente. Sin embargo, en los hombres sí que hay mayor diferencia ya que hay un aumento de 0,3 - 0,4 cm. En el grupo de edad de 12 a 14 años hay una media de 6,8 cm y en las edades de 17 a 18 años llega a los 7,1 cm.

Por tanto, el porcentaje de crecimiento de las mujeres sería de 2.98% y el de los hombres de 4.41% lo que indica decir que **los dedos de los hombres crecen más** que los de las mujeres en comparación con el tamaño medio del dedo.

Para ambos sexos apenas se puede detectar diferencia en un dedo y en otro, además varía el dedo que es más largo en cada curso. A veces, es más largo el índice y otras el anular, pero, siempre con una diferencia mínima.

Dado que las medidas anteriores no permiten observar un patrón de crecimiento claro, decidimos realizar una comparación de las medias para cada dedo segregado por edad y sexo. Se calculó la desviación típica para cada conjunto de datos segregados por sexos y edades para conocer la representatividad de las medias. Los coeficientes de variación oscilan alrededor del 0,1-0,15 lo que permite hablar de representatividad de la media.

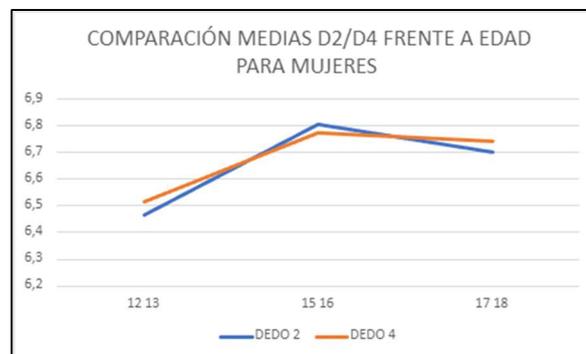


Gráfico 4

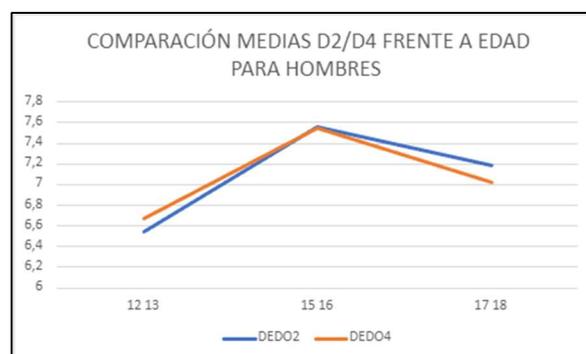


Gráfico 5

Como se puede ver las **medias proporcionan valores** que harían pensar en su **inconsistencia**.

Parece lógico que, al aumentar la edad, la longitud de los dedos, al menos, no debe decrecer. Nuestros datos en la gráfica nos muestran algo completamente diferente. En ambas gráficas el dedo anular (D4) comienza siendo más largo que el índice (D2), también hay un pico en los rangos de edad de 15 a 16 años. En las mujeres el pico del dedo D4 es más bajo que el dedo D2 mientras que en los hombres es prácticamente igual. Después la recta en vez de crecer decrece. Además, en las mujeres la media del dedo anular (D4) es más grande que la del dedo índice (D2) y en los hombres no. **Debería ser lo contrario** ya que en la hipótesis se propuso que el dedo anular (D4) de los hombres debería ser más largo. Esto se podría explicar con la desviación típica, que suele rondar los valores de 0,8 - 0,6. Valores altos para los datos medidos, en un dedo la diferencia de un centímetro puede ser muy significativa. Por ello podría ocurrir que al no ser la media muy representativa sea la razón por la que no es observable un patrón claro de crecimiento distinto entre dedos. Aun así, se debe concluir que **no observamos patrón para el crecimiento de los dedos.**

## Conclusiones

- Después de analizar los datos llegamos a la conclusión de que **la longitud de los dedos no parece tener relación** con las **hormonas** sexuales a las que un individuo es expuesto. Algunos individuos tendrán un dedo más alto que el otro independientemente del sexo y que las correlaciones y cambios observados se deben al crecimiento de la mano y los dedos. Esto se observa en los alumnos del grupo de 17 a 18 años donde el dedo anular de los hombres es más bajo que el índice.
- Hay que tener en cuenta que este estudio está basado en los cambios físicos observables y que si se quisiese hacer una investigación más a fondo se deberían analizar los niveles de

testosterona y estrógeno que tienen las personas de la muestra, en vez de asumir que los hombres tienen niveles más altos de testosterona y que las mujeres tienen niveles más altos de estrógenos. También se debería medir a los mismos individuos a lo largo de varios años para reducir posibles errores.

- Es plausible pensar que si se nace con un dedo más grande que otro lo más probable es que esto se mantenga igual, aunque tu mano siga creciendo. Esto es una mera teoría que se podría comprobar si se pudiese medir a estos individuos durante un periodo de tiempo más largo ya que las medias no nos muestran un patrón de crecimiento claro. Con nuestros datos **no se podía comprobar.**
- En las mujeres la media del dedo anular (D4) es más grande que la del dedo índice (D2) y en los hombres no. Debería ser lo contrario ya que en la hipótesis se propuso que el dedo anular (D4) de los hombres debería ser más largo que el índice (D2) al revés que en las mujeres. Nuestro estudio concluye exactamente lo **contrario.**

2

Perímetro hombros – Perímetro de caderas

La bibliografía señala que las mujeres tienden a tener una cadera mayor en relación a los hombros que los hombres, lo que se explica por la presencia de los estrógenos. Como era inviable la medida de los niveles hormonales en el muestreo por razones obvias, hemos puesto la atención en comprobar si **realmente el ancho de la cadera de las mujeres era superior en relación a los hombros que el de los hombres**, y si este crecimiento se apreciaba a lo largo de la pubertad.

Análisis de datos

Los datos fueron tomados con ropa, haciendo uso de una cinta métrica, pero evitando cualquier prenda ancha como sudaderas o abrigos, para minimizar la distorsión de los datos. Después de obtenerlos, nos centramos en su estudio.

Calculamos distintas medidas estadísticas, discriminando por edad y sexo, indispensable para estudiar la evolución rasgos como el ancho de las caderas durante la pubertad, y las diferencias entre hombres y mujeres.

Estudiamos con las siguientes variables:

$H = \{\text{perímetro de los hombros}\}$  y

$C = \{\text{perímetro de la cadera}\}$

que, junto con los valores de sexo y edad,

proporcionan la variable multidimensional

$(H, C, E, S)$  que estudiamos de diversas formas.

Para ver la relación entre los hombros y la cadera calculamos el índice  $I_{HC}$ , dividiendo el perímetro

de hombros entre el de caderas, del que también obtuvimos la media. Si  $I_{HC} > 1$ , los hombros son más anchos que la cadera; si  $I_{HC} < 1$  en otro caso la cadera será más ancha que los hombros.

Para averiguar si nuestro cociente era representativo calculamos la desviación típica, obteniendo unos resultados muy bajos que nos permitieron deducir que nuestras medias sí que representaban a la población.

Medidas de centralización	Media hombros	Media cadera	Media I <sub>HC</sub>	Desviación típica
<b>HOMBRES</b>				
12-13	90,816	84,087	1,069	0,156
15-16	107,898	94,951	1,170	0,124
17-18	112,143	95,500	1,205	1,955
<b>MUJERES</b>				
12-13	92,935	87,440	1,091	0,127
15-16	102,419	97,572	1,081	1,098
17-18	102,259	98,788	1,057	0,066

Tabla 5

Con la media del cociente realizamos un gráfico mostrando la evolución de la relación de nuestras medidas.

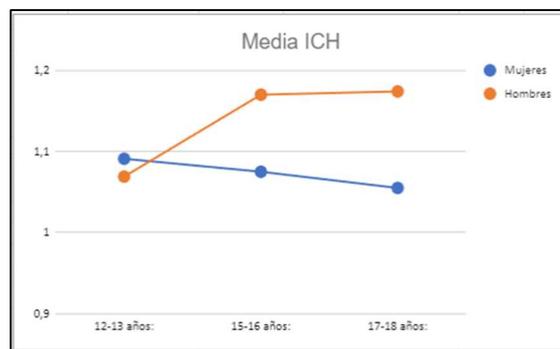


Gráfico 6

Con las medias de hombros y cadera realizamos dos gráficas lineales para hombres y mujeres.

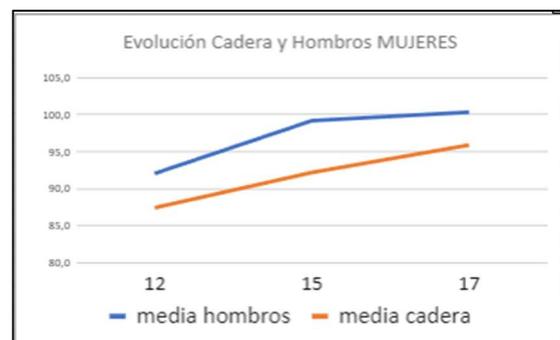


Gráfico 7

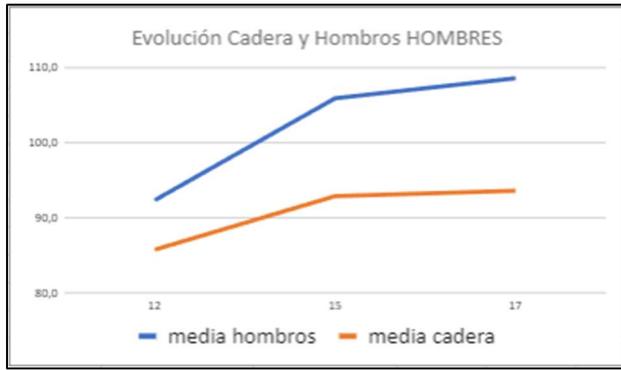


Gráfico 8

Gracias a las gráficas podemos analizar de forma visual los cambios y la evolución de nuestros datos. A la vista de este análisis deducimos que con 12 y 13 años la relación hombros/cadera es prácticamente igual en hombres y mujeres. Sin embargo, el índice decrece en las mujeres de modo progresivo, hasta los 18 años, lo que implica que sus caderas van aumentando en relación a los hombros. La de los hombres aumenta siempre, lo que señala un crecimiento mayor de los hombros en relación a las caderas.

Analizando cadera y hombros por separado, vemos que en ambos géneros los hombros suelen ser más anchos que las caderas. Sin embargo, en el caso de las mujeres esta diferencia de medidas es poca; su evolución es casi lineal en el caso de las caderas (aumento continuo de tamaño) mientras que **los hombres decrecen su tasa de cambio**. Por otro lado, los hombres parten de valores similares de hombros y caderas, pero con 17 y 18 años la diferencia entre ellas es clara. El mayor crecimiento de los hombros se da entre los 12-13 años a los 15-16. La pendiente de esta evolución es muy inclinada, mientras que la evolución de las caderas masculinas es más sutil, aunque también se da principalmente en el paso de los 12-13 años a los 15-16.

Después investigamos la correlación de nuestras medidas.

Estudio correlaciones	Coficiente de correlación	Varianza	Coficiente de Pearson
<b>HOMBRES</b>			
12-13	0,390	133,812	0,146
15-16	0,416	96,157	0,106
17-18	0,267	216,349	1,623
<b>MUJERES</b>			
12-13	0,436	97,568	0,117
15-16	0,568	89,613	0,901
17-18	0,668	51,341	0,062

Tabla 6

Obtuvimos coeficientes de correlación con valores muy bajos. La mayor correlación la encontramos en las mujeres de 17 y 18 años, con un coeficiente de correlación de  $r = 0,689$ . Todas las medidas tenían una correlación positiva, pero con muy poca pendiente.

Por último, preparamos las nubes de puntos para estudiar visualmente nuestros valores.

Observamos que, en el grupo de mayor edad, de ambos sexos, los datos se acumulan en valores altos de ambas medidas, mientras que la diversidad es mayor en las edades anteriores.

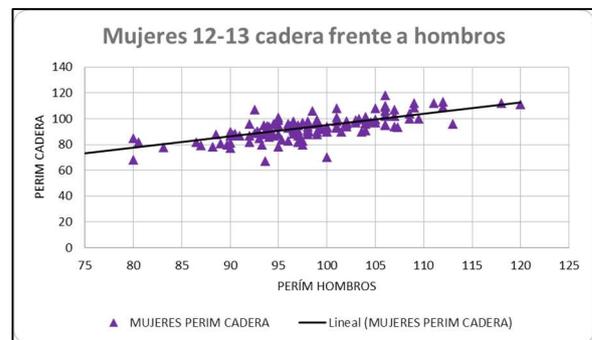


Gráfico 9

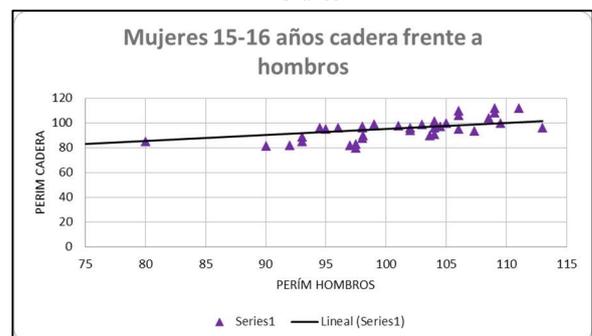


Gráfico 10

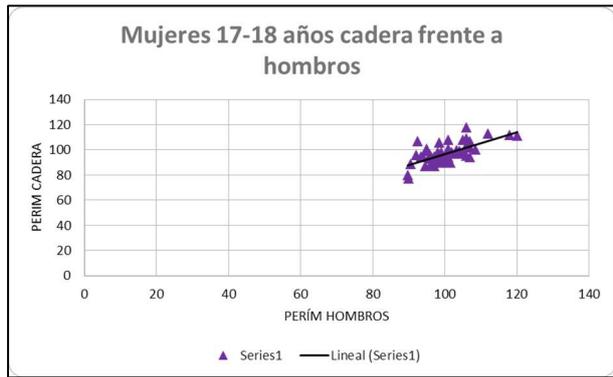


Gráfico 11

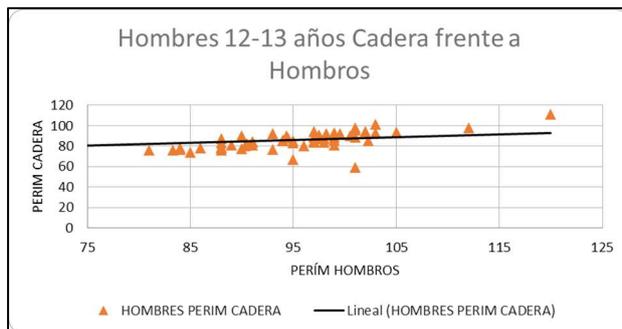


Gráfico 12

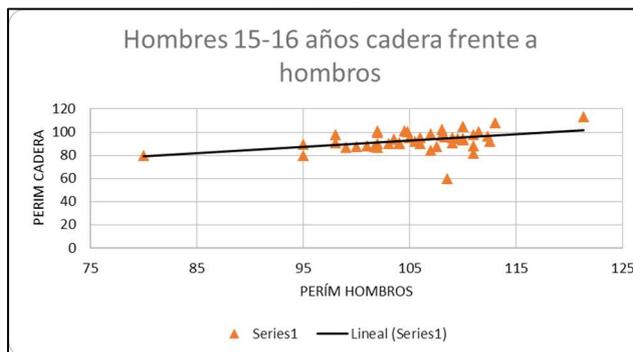


Gráfico 13

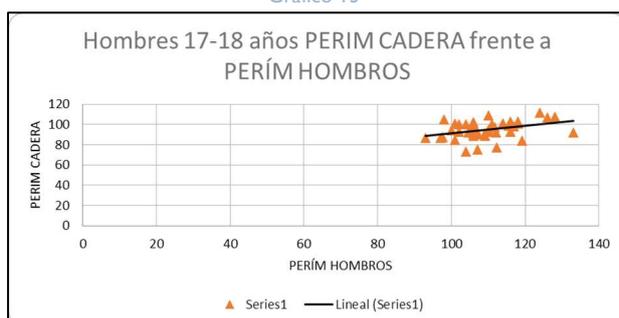


Gráfico 14

En los gráficos previos, puede apreciarse un claro efecto de concentración de los valores en la etapa 17-18 años frente a una distribución de rango grande en las otras edades. Nos parece que esto puede explicarse como un efecto de la **regularidad biométrica** de los estudiantes mayores al estar en edad de pubertad avanzada.

## Conclusiones

- Nuestros resultados concuerdan con lo que nos indica la bibliografía: **la cadera no se desarrolla de igual manera en hombres y mujeres** durante la pubertad.
- Las caderas y los hombros empiezan teniendo medidas similares en hombres y mujeres de 12-13 años. Sin embargo, hay un desarrollo muy diferente entre ambos. El **rasgo que más se desarrolla en los hombres son los hombros**, mientras que en las mujeres son las caderas.
- Hemos observado la existencia de una **baja correlación entre hombros y caderas**. Por ello hemos deducido que si existe una relación entre estas medidas es porque el cuerpo se desarrolla de manera más o menos uniforme. Sin embargo, dado que la cadera en las mujeres es un carácter sexual secundario, y el desarrollo muscular superior es un carácter sexual secundario en los hombres, hay diferencias biológicas que explican el resultado de la correlación. El rasgo que más se desarrolla en los hombres son los hombros, mientras que en las mujeres son las caderas.
- Gracias a las nubes de puntos hemos concluido que existe **una gran diversidad** de individuos, lo que puede deberse a la genética y el ambiente. Hay un gran rango de medidas para todas las edades, aunque **decrece con los años**, observándose un **agrupamiento de los datos** por sexos, para la serie de 17-18 años, consecuencia de la maduración de los caracteres sexuales secundarios.

## 3

## La altura y la altura de la cabeza

El canon de belleza clásico se fundó sobre la desaparecida obra del escultor griego Polícleto de Argos, *Doríforos* (c.a. 450-440 a. ne.), que vio el cuerpo humano como un paradigma para la armonía entre las partes y el todo. Su modelo es un hombre con ocho cabezas proporción mantenida hasta la Edad Media. Alberto Durero mantuvo el pie como módulo; examinó al menos doscientos cuerpos para llegar a la conclusión de que el cuerpo humano tiene una altura de 6 pies. Esta proporción 1:6 se mantuvo hasta el siglo XIX como canon. Leonardo Da Vinci transcribió en su famoso *Hombre de Vitrubio* el canon del famoso arquitecto romano: "desde la punta de la barbilla a la parte superior de la cabeza es un octavo de su estatura".

Según algunos datos estadísticas<sup>3</sup>, la altura de la cabeza de los hombres adultos españoles es de media unos 22 cm y en mujeres entre 20,5 y 21 cm. La altura media de las mujeres españolas está en torno a los 163 cm y la de los hombres 173 cm. Según esto, en cuanto a las proporciones, en las mujeres la altura de la cabeza representa el 12,72% al igual que en los hombres, o lo que es lo mismo una mujer media tiene de altura 7.76 cabezas, mientras que un hombre 7,86, casi lo mismo. A partir de estos datos ya registrados, hemos querido **comprobar si realmente la dicha proporción 1:8 es la que nos encontramos en los jóvenes.**

## Análisis de datos

Muestreados y registradas los valores de la variable bidimensional (A, C) con las variables A = {altura del sujeto cm} y C = {altura de la

cabeza del sujeto cm} –junto con la correspondiente edad (E) y sexo (S)- se han ordenado y agrupado en seis grupos para ver si la edad o el sexo afectaban de alguna manera a la proporción buscada. Se obtuvieron las correlaciones individuales y por grupos. Estas nos ofrecen los siguientes datos que muestran unas cifras muy cercanas al **cerro**. Esto significa que la **correlación de los valores no existe.**

Promedio de la altura segregado por sexo y edad		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	156,00	155,96
14-15	169,36	166,85
17-18	168,17	167,99

Tabla 7

Promedio de la altura de la cabeza segregado por sexo y edad		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	21,11	20,51
14-15	21,66	20,76
17-18	22,16	20,86

Tabla 8

Coeficiente de variación: altura		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	0,057	0,042
14-15	0,053	0,058
17-18	0,059	0,0527

Tabla 9

Coeficiente de variación: altura de la cabeza		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	0,082	0,085
14-15	0,073	0,065
17-18	0,0737	0,0589

Tabla 10

<sup>3</sup> La altura de <https://www.datosmundial.com>. La altura de la cabeza en <https://www.valerialanas.com>.

Coeficiente de correlación sobre la altura y la altura de la cabeza		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	-0,158	0,196
14-15	-0,207	0,332
17-18	0,094	0,182

Tabla 11

Con estos coeficientes nada correlados, se decidió analizar los datos de otra forma para que manifestaran *algo*.

La altura y la altura de la cabeza tienen una media muy representativa en todos los grupos. con coeficientes de variación con valores muy bajos (cerca del 5% o 0,05 en la altura y al 7% o 0,07 en la altura de la cabeza), lo que nos permite usarla para el grupo. Podemos decir que **el sexo no afecta significativamente a la altura** a esa **edad**. Podemos observar que ambos sexos han empezado su crecimiento con aproximadamente la misma altura pero que los hombres han tenido un crecimiento más rápido a la edad de 13 años, aunque a los 16 años las mujeres ya han crecido más en comparación a los hombres. En cuanto a la altura de cabeza hemos podido observar que el cambio es mucho más sutil que en la altura. Las mujeres tienen una altura de la cabeza ligeramente inferior a la de los hombres siendo de aproximadamente 1 cm menos. Frente a otros cambios muchos más elocuentes en la pubertad, podemos decir que en este período no ocurren cambios importantes en el tamaño de la cabeza<sup>4</sup>. Estos cambios deben darse en los dos sexos al mismo tiempo ya que, la diferencia entre las edades es de unos 5mm en ambos sexos.

Coeficiente de correlación sobre la altura y la altura de la cabeza		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	-0,158	0,196
14-15	-0,207	0,332
17-18	0,094	0,182

<sup>4</sup> Como también se expone en la parte 4 de esta sección.

Tabla 12

Por último, estudiamos la variable "**cociente de altura y altura de la cabeza**", que nos da el índice  $I_{AC} = A/C$  que nos muestra una proporción en los hombres de una estatura equivalente aproximadamente a **7 veces y media** la altura de su **cabeza**; mientras que la estatura de las mujeres es aproximadamente **8 veces** la altura de su cabeza, lo que señala una cabeza inferior en las mujeres a la de los hombres.

Medias del cociente de altura y de la altura de la cabeza		
Edad (años)	Hombres	Mujeres
12-13	7,4	7,7
14-15	7,9	8,1
17-18	7,6	8,1
Todos	7,6	7,9

Tabla 13

Si unimos los dos grupos, la media es de 7,8 "**cabezas por cuerpo**". En el siguiente histograma representamos la frecuencia de los distintos valores del índice obtenido. Los valores con mayor frecuencia son los centrales que están en el rango [7,2-8,1]. La moda de estos datos es 7,9 y la mediana la mediana 7,7 lo cual es un indicador más de la representatividad de la media y de la **centralidad de los datos**. Finalmente, vamos a ver si es cierto lo que la bibliografía nos decía acerca de esta proporción; que la cabeza representaba el 12,7% del cuerpo; en **nuestro estudio hemos obtenido que la cabeza** representa un **12,8%** con lo que se parece mucho a la bibliografía y por lo tanto **comprueba nuestra hipótesis**. Aunque si bien es cierto que en los niños y niñas de 12 años la cabeza representa el 13,5% se puede asociar a que todavía están en la etapa de crecimiento y que la cabeza crece antes que el cuerpo.

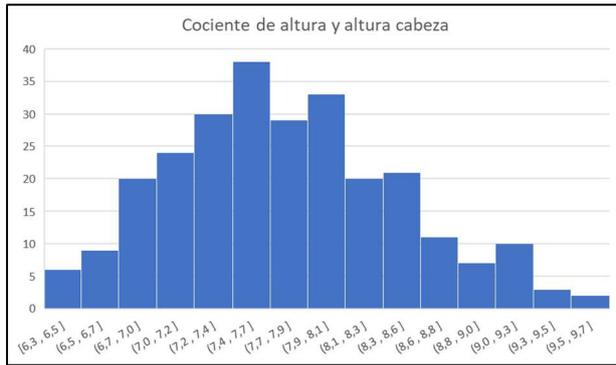


Gráfico 15

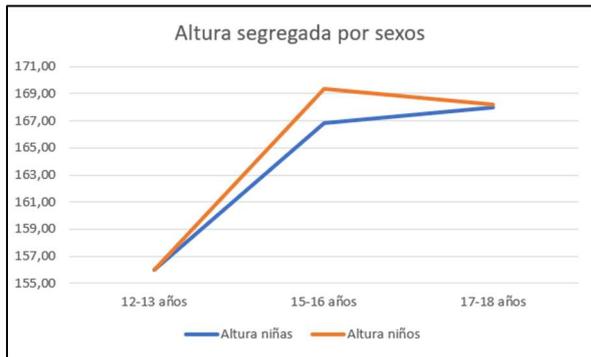


Gráfico 16

## Conclusiones

- La altura de la cabeza apenas cambia a lo largo de la edad de los niños desde los 12 hasta los 18.
- La cabeza termina su crecimiento mayoritario a los 10 años que es antes de que estas medidas hayan sido tomadas. No hay variación apreciable entre las alturas de la cabeza en las distintas etapas de edad estudiadas.
- Los hombres crecen más deprisa entre los 12 y los 16 años que las mujeres, cuyo crecimiento se ralentiza a partir de los 16 años.
- Los hombres tienen más altura tanto de cabeza como de estatura que las mujeres
- El índice  $I_{AC}$  apenas varía en las edades estudiadas y no se aprecian cambios por sexo. Si se observa valores más bajos en el índice en los estudiantes de menor edad: es

decir su altura es menos de 7,5 cabezas, lo que es fácil de entender ya que esta se ha desarrollado anteriormente mientras el cuerpo no lo ha hecho aún. Con el paso de los años se estabiliza el valor ya que el cuerpo aumenta su altura. Podemos concluir que **la bibliografía ha sido comprobada con este estudio.**

4

## El perímetro craneal y el perímetro de los hombros

Es normal pensar que una persona con hombros anchos tendrá una cabeza más grande que otra que tenga un perímetro de hombros menor. Sin embargo, nuestro estudio nos lleva a pensar en lo contrario. El **perímetro de la cabeza** de un bebé recién nacido es de alrededor de 34cm, mientras que el de un adulto es de 56 a 58 cm. Esto muestra que a lo largo de nuestra vida esta variable aumenta unos 20 cm. No obstante, esto no ocurre de forma continua a medida que crecemos. A los 10 años, la estructura craneal deja de crecer por completo a pesar de que el cerebro seguirá desarrollándose hasta los 25 años aproximadamente.

Por otra parte, el **perímetro de los hombros** se desarrolla más durante la pubertad tanto en hombres como en mujeres. Por tanto, cabe esperar que estos caracteres **no tengan una fuerte correlación**. La cabeza se desarrolla por completo mucho antes de que el perímetro de los hombros pueda aumentar considerablemente; y mientras el resto del cuerpo crece (incluyendo el perímetro de los hombros) la cabeza se mantiene estable en cuanto a tamaño. Además de la presencia de las hormonas sexuales durante la pubertad, el ejercicio físico puede influir en el tamaño del perímetro de hombros; en cambio, no hay ejercicio físico que haga crecer el perímetro craneal.

## Análisis de datos

Muestreamos dos variables unidimensionales PH = {perímetro craneal (cm)} y PC = {perímetro craneal (cm)} que estudiamos como la variable bidimensional (PH, PC) para analizar su correlación.

TODOS LOS DATOS	
Coefficiente de correlación	0,138
Covarianza	7,542
Media cabeza	55,802
Media hombros	100,988

Tabla 14

En la Tabla 14 quedan registrados los datos de la muestra generales sobre las variables; estudiando los resultados llegamos a la conclusión de que el perímetro de la cabeza y el de los hombros **se relacionan de forma directa**, ya que el coeficiente de correlación es positivo, **aunque muy débil** porque **r** solo es de un **0,138**.

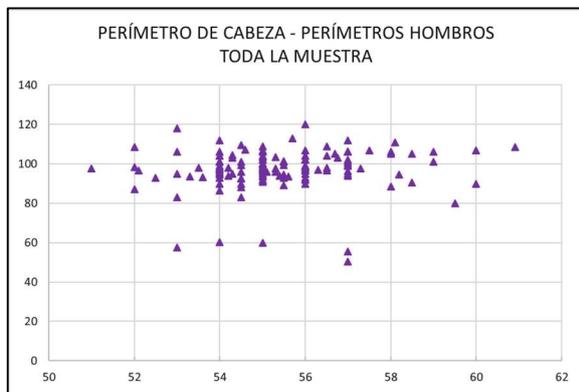


Gráfico 17

En el caso del perímetro de la cabeza, los datos están bastante dispersos puesto que su coeficiente de Pearson es de 0,42 causado por algunos valores extremos **que se han respetado**; sin embargo, la otra variable está más concentrada ya que la desviación es de 0,24.

Tabla 15

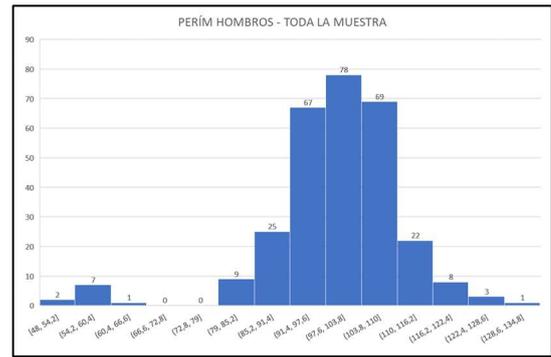


Gráfico 18

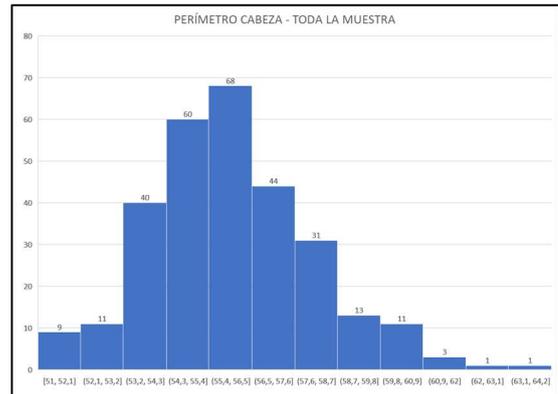


Gráfico 19

La variable PC es muy concentrada probablemente debido a que la estructura craneal se deja de desarrollar casi por completo alrededor de los 10 años de edad, y a partir de este momento, crece muy poco y lentamente. Sin embargo, en la variable PH los datos se encuentran más dispersos; en este caso, el perímetro de los hombros se desarrolla más durante la pubertad debido a las hormonas de crecimiento, y es normal que encontremos una gran variedad de valores en los resultados. A continuación, estudiamos los dos parámetros segregados por sexo y edad.

MUJERES	
Coefficiente de correlación	<b>0,138</b>
Media cabeza	<b>55,421</b>
Coefficiente de Pearson: cabeza	<b>0,426</b>
Media hombros	<b>98,88</b>
Coefficiente de Pearson: hombros	<b>0,239</b>

Comenzando por las **mujeres** en las Tabla 15 y 16, recopilamos los parámetros principales de las variables; comparándolos con los datos

generales; podemos apreciar como todos los resultados son similares a excepción de las medias de los parámetros, que son ligeramente más bajos que las medias de todos los valores en conjunto.

MUJERES						
EDAD	MEDIA CABEZA	MEDIA HOMBROS	DESVIACIÓN CABEZA	DESVIACIÓN HOMBROS	PEARSON CABEZA	PEARSON HOMBROS
12 - 13	55,393	92,935	3,941	12,417	0,071	0,134
15 - 16	55,093	102,419	1,903	9,696	0,034	0,095
17 - 18	55,486	102,259	5,585	15,471	0,101	0,151

Tabla 16

La tabla superior divide los datos obtenidos de **mujeres** en rangos de edades. La media de la cabeza se mantiene muy estable a medida que aumenta la edad como hemos comentado previamente mientras que la media de los hombros aumenta considerablemente a partir de los 13 años de edad; a los 17 años, el perímetro de los hombros disminuye ligeramente, lo que es producto de la desconexión entre los individuos muestreados en las distintas edades. El grupo de hombres de 17-18 años manifiesta esa media por otras causas ajenas a nuestra investigación.

El coeficiente de Pearson del perímetro de la cabeza toma valores **muy pequeños** lo que incide en la regularidad de la cabeza que ya ha crecido casi completamente. El del perímetro de hombros, también es muy homogéneo proporcionando una regularidad interesante en las mujeres.

La siguiente gráfica expresa de manera visual los datos explicados anteriormente, la variable independiente equivale a los rangos de edad en los que hemos dividido la muestra; y la dependiente representa los centímetros que tienen los resultados de la muestra.

A estas edades, la edad ya no influye en el crecimiento de la cabeza mientras que sí que vemos que el perímetro de hombros aumenta hasta los 15 años de edad y ya se mantiene estable.

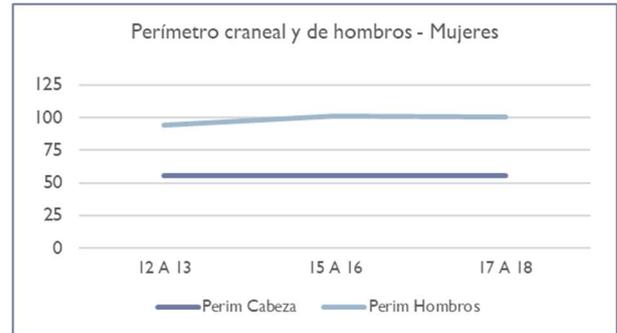


Gráfico 20

En relación con los hombres en la tabla 17 se encuentran todos los datos obtenidos de individuos hombres independientemente de sus edades. Comparándolos con la tabla de datos generales, de nuevo, los datos se mantienen bastante similares, pero sí que varían las medias de las variables que aumentan un centímetro en el caso del perímetro de la cabeza, y tres en cuanto al perímetro de hombros de la tabla general.

HOMBRES	
<b>Coefficiente de correlación</b>	<b>0,138</b>
<b>Media cabeza</b>	<b>56,571</b>
<b>Coefficiente de Pearson: cabeza</b>	<b>0,418</b>
<b>Media hombros</b>	<b>102,826</b>
<b>Coefficiente de Pearson: hombros</b>	<b>0,230</b>

Tabla 17

Segregando los datos de los hombres por rangos de edad, podemos apreciar como todos los datos se mantienen estables y similares independientemente de las edades.

HOMBRES						
EDAD	MEDIA CABEZA	MEDIA HOMBROS	DESVIACIÓN CABEZA	DESVIACIÓN HOMBROS	PEARSON CABEZA	PEARSON HOMBROS
12 - 13	56,645	90,816	4,065	11,659	0,072	0,128
15 - 16	56,193	107,898	7,874	9,477	0,033	0,088
17 - 18	56,714	112,143	6,669	17,439	0,118	0,156

Tabla 18

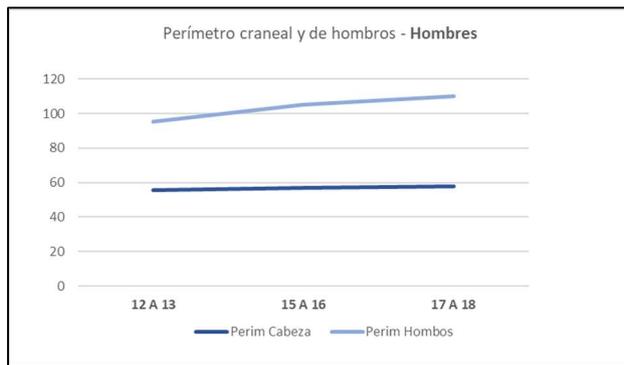


Gráfico 21

La grafica superior muestra cómo evolucionan las variables en los hombres a medida que estos crecen; ambas variables aumentan. En el caso del perímetro de la cabeza aumenta muy poco, pero el de los hombros aumenta considerablemente durante y al contrario que en el caso de las mujeres, este parámetro no deja de desarrollarse a los 15 años, sino que sigue creciendo.

La variable del perímetro de hombros aumenta considerablemente tanto en hombres (10 cm) como en mujeres (4 cm).

## Conclusiones

- No se observa ningún cambio importante en el perímetro craneal de los adolescentes a lo largo del tiempo.
- Los cambios más notorios en las variables estudiadas se dan en el perímetro de los hombros y en los hombres; esto se debe probablemente a que durante la pubertad comienzan a desarrollar testosterona que produce el rápido desarrollo de los rasgos sexuales secundarios como el perímetro de los hombros. Asimismo, los hábitos deportivos de los hombres ayudan a desarrollar los hombros.
- Las mujeres experimentan muy poco cambio en los sus hombros cuyo perímetro casi está definido en la primera etapa. Es lo normal según la teoría dado que comienzan el desarrollo de los rasgos secundarios a una edad más temprana que los hombres; las

mujeres de este estudio ya estarían más *formadas* que los adolescentes hombres de su edad.

- No se puede encontrar ninguna correlación entre ambas variables. Como se ha mencionado, los tiempos de crecimiento de la cabeza y de los hombros son muy diferentes, como lo son las posibilidades de modificar uno u otro.

## 5

### Frecuencia de voz y fuerza

Puede parecernos que la fuerza está relacionada con una menor frecuencia de voz (voz grave); de acuerdo con nuestras experiencias observamos que los hombres son fuertes y tienen la voz grave, **¿pero es verdad que estas dos magnitudes están verdaderamente correladas?**

De acuerdo con la bibliografía la frecuencia de voz varía durante la adolescencia, pasando de una voz aguda a una de tono más grave; este cambio se produce principalmente por el crecimiento de las cuerdas vocales, del que son responsables los genes y los andrógenos. La **frecuencia** de voz de los hombres es mucho más grave que la de las mujeres y su maduración comienza después y dura más tiempo.

Se produce un sonido cuando el aire procedente de los pulmones pasa por la laringe haciendo vibrar las cuerdas vocales. Por lo general, la visibilidad de la nuez es una muestra de tener la laringe grande, por lo tanto, las cuerdas vocales también lo serán y el sonido será más grave; así, podría compararse la visibilidad de la nuez y la gravedad de la voz, término no cubierto en este informe.

La **fuerza** también varía durante la adolescencia, pero esta está más sujeta a variabilidad externa ya que puede ser afectada muy fácilmente al

poder ser entrenada y depender del estado de salud. La testosterona es responsable de que la fuerza de las adolescentes aumente un poco, mientras que la de los hombres aumenta drásticamente.

### Análisis de datos

En nuestro estudio calculamos la correlación entre la fuerza de agarre y la frecuencia de voz, segregando por sexo y por tres grupos de edad.

Lo primero que observamos fue que el valor absoluto del coeficiente de correlación era mucho mayor en hombres que en mujeres, esto se debe a que el rango de la frecuencia de voz y la fuerza en el caso de las mujeres es mucho menor que el de los hombres; este punto puede explicarse porque la maduración de la voz de las mujeres es menor ya que sus laringes crecen menos y el porcentaje de masa muscular es mayor en los hombres.

Calculamos la correlación entre la fuerza de agarre y la frecuencia de voz, separando por sexo y por distintos grupos de edad.

En las edades de 12 y 13 años las medidas están menos correladas (con un coeficiente de correlación general de  $r = -0,226$ ,  $r = -0,282$ , en el caso de las mujeres y  $r = -0,397$  en el caso de los hombres), quizás porque en muchos de los casos no ha comenzado el desarrollo de la voz y el desarrollo muscular no es tan grande.

En las edades de 15 y 16 años, las medidas están más correladas (con un coeficiente de correlación de  $r = -0,526$  en el caso general, de  $r = -0,33$  en el caso de los hombres y de  $-0,44$  en el caso de las mujeres) ya que la diferencia de fuerza y frecuencia de voz entre hombres y mujeres comienza a ser mayor, que podría significar que algunos hombres experimentan un crecimiento rápido (el *estirón*) mientras que otros aún no lo

han experimentado pero que ya les ha cambiado la voz.

En las edades de 17 y 18 años la correlación de cada sexo es casi nula (en el caso de las mujeres es menor que 0,001, en el caso de los hombres, aproximadamente 0,1).



Gráfico 22

Si observamos las nubes de puntos de los hombres y la frecuencia de voz se observa cómo se agolpan en la parte izquierda y en las mujeres en la derecha del gráfico:

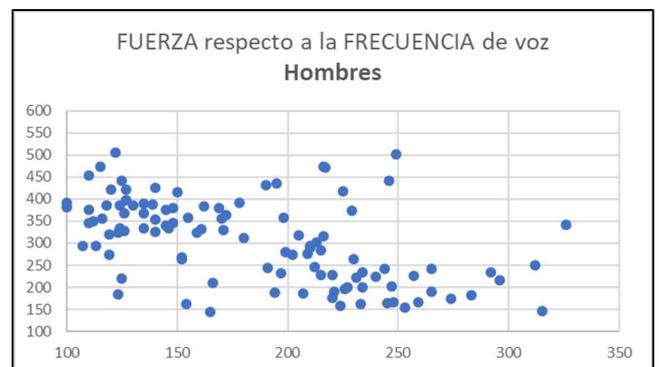


Gráfico 23



Gráfico 24

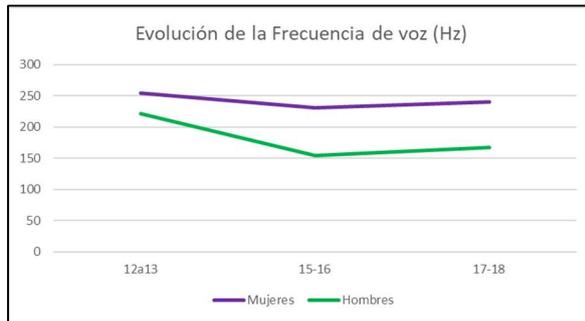


Gráfico 25

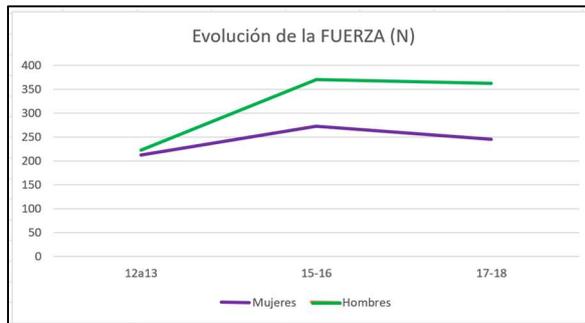


Gráfico 26

En los gráficos 24 a 26 se muestra la evolución de las medias a lo largo de las etapas. Es visible que el grupo de edades 15 y 16 años, en el cual la correlación también es la más alta, también tiene la frecuencia de voz más grave (incluso que el siguiente grupo, lo que contradice a la bibliografía), esto puede deberse a que sea un grupo más expuesto a la testosterona. Se puede observar que los hombres son más fuertes y tiene la voz más grave a partir de las edades 15 y 16. **La diferencia entre hombres y mujeres se incrementa al aumentar la edad.**

## Conclusiones

- De los datos se puede concluir que en el género masculino existe un agente que hace que la voz se vuelva más grave y que la fuerza aumente, pero este agente no es el único ya que si no las correlaciones serían mucho más altas.
- La frecuencia de voz es mucho más grave en las edades de 15-16 años que en las de 17 y 18 en el caso de las mujeres. La voz de las mujeres suele haber acabado madurar a los

16 años, algo similar sucede con la fuerza, que desde entonces aumenta a menor velocidad. Para confirmar esto, sería interesante estudiar el grupo de edades 15 y 16 uno o dos años más tarde.

# Conclusiones

- i. **Hemos podido comprobar** los cambios que generan, supuestamente, las hormonas sexuales en personas en la pubertad. De forma general, la mayoría de estudiantes de 1ºESO no contaban aún con muchas de las características que en los de 4ºESO o de 2º Bachillerato se han observado. Por ejemplo, hemos observado la diferencia en la altura, la fuerza, la profundidad de la voz, el perímetro de los hombros o en el índice hombros –cadera que diferencia a individuos de distinto sexo.
- ii. Hemos **comparado las teorías** en la bibliografía al uso con nuestros resultados, confirmando que existen diferencias en los desarrollos femeninos y masculinos, pero no pudiendo corroborar todos los términos.
- iii. Hemos podido observar la **diferente evolución temporal** que siguen algunos caracteres entre los hombres y las mujeres. Así, se ha constatado, por ejemplo, el adelanto hormonal de las mujeres frente a los hombres; las primeras con una evolución más suave de los valores de los caracteres estudiados, y los segundos con cambios más bruscos. En las mujeres estos caracteres sexuales secundarios se desarrollan antes (entre los 12 y los 16 años ya han aparecido casi todos), mientras que en los hombres se observaban más tardíamente (de 14 a 18 años aparecían).
- iv. Hemos aprendido que la **estadística** (y las **matemáticas**) son **fundamentales** para poder **extraer** y **justificar** cualquier aseveración obtenida de la **experimentación** en el marco de la Ciencia, por sencilla que sea y por limitada que sea la aproximación que se haga.
- v. Además, hemos aprendido que es **crucial** saber **recoger, registrar, analizar y graficar** adecuadamente los datos y tener en cuenta cuál es la población y la **muestra**. En nuestro caso separar esa población por sexos y edad era necesario para llegar a conclusiones precisas sobre los cambios en la pubertad.
- vi. Hemos aprendido a ser **sinceros** con los datos observados.
- vii. Nos hemos dado cuenta de la importancia de hacer **análisis estadísticos** con **distintos enfoques**. En principio teníamos pensado emplear correlaciones en todas las medidas que queríamos estudiar, pero hemos visto que podían existir otro tipo de parámetros estadísticos, de agrupamientos de los datos, o de segregación de la muestra que se adecuaban más a los rasgos que queríamos investigar.
- viii. La realización de este estudio también nos ha permitido **aprender a extraer conclusiones** generales, pero muy **cuidadosas**, de un conjunto de datos que, en principio, manifiestan una gran **diversidad** de individuos. Creemos que esa es una de las labores de la estadística.
- ix. Hemos aprendido a **intentar dar respuesta** a lo que los datos nos decían, especialmente cuando parecían ser **inconsistentes** con nuestra intuición.
- x. Hemos entendido que hay que hacer un ejercicio de **autocrítica** sobre las cuestiones que podrían haberse hecho mejor o que podrían haberse abordado, lo que enriquece el proyecto.

## Conclusiones biométricas

- i. **No podemos asegurar** que el **dedo índice (D2)** y el **anular (D4)** manifiesten una clara **diferencia** de tamaños relativos entre hombre y mujeres.
- ii. Hemos **ratificado** que la **cabeza** tiene un crecimiento diferente al del resto del cuerpo no cambiando prácticamente su perímetro desde los 12 años.
- iii. Hemos **comprobado** que una persona **puede dibujarse** con arreglo a la estadística muy proporcionadamente con **7,5 – 7,8 cabezas**.
- iv. Hemos **comprobado** que el **índice** que compara las **caderas** con los **hombros**, se comporta de forma que las **mujeres aumentan** sus **caderas** mientras que los **hombres** aumentan sus **hombros** con el paso de la pubertad.
- v. **No podemos** ser definitivos en la aseveración de que la gravedad de la voz y la edad de los hombres vaya asociadas. Si bien hemos constatado la **agudeza relativa** de la voz de las mujeres en todas las etapas, no podemos concluir lo mismo de los hombres. Nuestros datos nos proporcionan el máximo de gravedad en la voz grave los 15 y 16 años en hombres. Los valores de la correlación entre la fuerza y el tono de voz son muy pequeños.

## Ampliación del estudio

Consideramos oportuno **extender** este estudio a los siguientes cursos con dos premisas:

- Mejorar el proceso de medida con mejor equipamiento y un grupo selecto de encuestadores.
- Realizar el seguimiento de los estudiantes de 12 - 13 años de nuestro centro a lo largo de su etapa en el instituto. Dispondríamos de material suculento para mejorar nuestras conclusiones.

## Bibliografía

- <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/por-que-los-dedos-anulares-de-los-hombres-son-mas-largos>
- [https://www.elespanol.com/ciencia/investigacion/20181130/dedo-anular-hombres-largo-teoria-pene-creencias/356965224\\_0.html](https://www.elespanol.com/ciencia/investigacion/20181130/dedo-anular-hombres-largo-teoria-pene-creencias/356965224_0.html)
- [https://www.eldiario.es/consumoclaro/cuidarse/dice-longitud-dedos\\_1\\_1093749.html](https://www.eldiario.es/consumoclaro/cuidarse/dice-longitud-dedos_1_1093749.html)
- [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022012000200040#:~:text=Con%20respecto%20a%20la%20longitud%20de%20los%20dedos%20en%20hombres,14%2C6%20mm%3B%20anular%2C](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022012000200040#:~:text=Con%20respecto%20a%20la%20longitud%20de%20los%20dedos%20en%20hombres,14%2C6%20mm%3B%20anular%2C)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Ratio\\_digital](https://es.wikipedia.org/wiki/Ratio_digital)
- <https://www.infobae.com/mix5411/2017/06/19/un-simple-test-confirma-tu-personalidad-segun-la-longitud-de-los-dedos/>
- <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa2/n2/m5.html#:~:text=Cinem%C3%A1tica%20es%20la%20parte%20de,que%20se%20encuentran%20los%20cuerpos>
- [Caracteres sexuales secundarios - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)
- [Definición de hormona sexual - Diccionario de cáncer del NCI - NCI \(cancer.gov\)](#)
- [Pubertad en las niñas - Salud femenina - Manual MSD versión para público general \(msdmanuals.com\)](#)
- [Pubertad tardía en las niñas: información para los padres - HealthyChildren.org](#)

# ANEXO 1

## Protocolo de medición

Se adjunta las hojas distribuidas a los equipos de encuestación con el **protocolo** de los procesos de medición y la hoja de toma de datos.

Proyecto **Steam**

BioGeo-IES La Estrella

**Midiendo #2**

**Protocolo a seguir por la persona que hace de secretario/a**

- El/La portavoz te tiene que traer los **alumnos que tenéis que medir**, también se te ha dado un **listado de códigos** en los que se relacionan los nombres de los alumnos con el código asignado a cada uno de ellos.
- A cada alumno le darás la **ficha "Medidas del Alumno/a"** en esa ficha previamente tienes que escribir el código del alumno cerciorándote de que su código coincide con su nombre según aparece en el listado de códigos. Anota además su **edad y sexo**.
- Es el momento de que cada alumno vaya a ser medido por alguno de tus compañeros. **Vigila que todo funcione correctamente**, que no haya alumnos de tu grupo sin medir mientras otros tienen gente haciendo cola. El problema va a ser ele estadiómetro, hay pocos, cerciórate de que está siempre siendo usado.
- Cuando un alumno haya completado todas las medidas, pídele la ficha y guárdala. Recoge **todas las fichas y ponlas en una misma carpeta**. Estas fichas contienen los datos que vamos a utilizar en la investigación, es muy importante que no se pierdan.

**FICHA DE MEDIDAS DEL ALUMNO/A**

CÓDIGO DEL ALUMNO/A			
EDAD			
SEXO			
<b>MEDIDAS TOMADAS EN BIOLÓGIA-GEOLÓGIA</b>		<b>MEDIDAS TOMADAS EN FÍSICA Y QUÍMICA</b>	
Altura		Color de piel	
Atura cabeza		Fuerza de agarre de la mano	
Altura ojos		Velocidad de reacción	
Perímetro cabeza		Temperatura	
Perímetro hombros		Frecuencia de voz	
Perímetro caderas			
Longitud dedo 2			
Longitud dedo 4			
Tipo de cara			
Ausencia de nariz			

Proyecto **Steam**

BioGeo-IES La Estrella

**Midiendo #2**

**Protocolo para medir con el estadiómetro**

Hay **pocos estadiómetros** para todos los grupos con lo que hay que ser muy eficaces con el uso de **NO vayas a usarlo hasta que no estén tus alumnos a medir preparados**, sin zapatos y con las instrucciones dadas de cómo deben colocarse. Vigila siempre que no quede vacío el estadiómetro y si lo está y tienes a tus alumnos preparados, ocúpalo.

**Protocolo para medir la altura del individuo:**

- Pídele que se **quite los zapatos** y que se coloque con los pies planos sobre el suelo, las piernas deben estar **rectas** y los hombros al mismo nivel. Los **ojos mirando al frente** en dirección al eje del estadiómetro.
- Coloca el **tepe de medición firmemente sobre la cabeza**. El valor de la altura es el que marca la **flecha roja**.
- Toma **tres medidas**, cada vez que tomes una anótala en la calculadora. Calcula la **media** y píde al alumno que te permita **registrar en su ficha** esa medida.



**Protocolo para medir la altura de la cabeza:**

- El alumno debe **continuar con la posición que tenía para la toma de altura**.
- Tienes que poner la cabeza con el tepe sobre la cabeza y el tepe inferior **justo al acabar la barbilla**. La medida será la resta entre lo que marque la altura total menos la altura al nivel de la barbilla.
- Toma **tres medidas**, cada vez que tomes una anótala en la calculadora. Calcula la **media** y píde al alumno que te permita **registrar en su ficha** esa medida.



**Protocolo para medir la altura del ojo:**

- Pídele que se **siente** de forma que quede la espalda **recta**, los hombros rectos y **mirando al frente**. Tiene que mantener los **ojos abiertos con una postura relajada**, sin forzar para abrir o cerrar.
- Colocar una **regla delante del ojo derecho** con el cero al final del párpado superior y medir la distancia al comienzo del párpado inferior.
- Toma **tres medidas**, cada vez que tomes una anótala en la calculadora. Calcula la **media** y píde al alumno que te permita **registrar en su ficha** esa medida.



Proyecto **Steam**

BioGeo-IES La Estrella

**Midiendo #2**

**Protocolo para medir con el calibre y el anular**

Protocolo para medir la **longitud del dedo índice y anular**

- Píde al alumno que se **siente** y que ponga la **mano derecha con la palma hacia arriba** y los dedos normalmente unidos, en reposo.
- La mano tiene que estar en contacto con la superficie de la mesa y la **dirección del tercer dedo en la misma línea que el eje del antebrazo**.
- Empieza midiendo el **dedo índice (dedo 2)**. Coloca el **calibrador en el pliegue de nacimiento del dedo**, se abre el **calibrador hasta la punta del dedo** y con ello se determina su **longitud que aparece en la pantalla**.
- Toma **tres medidas**, cada vez que tomes una anótala en la calculadora. Calcula la **media** y píde al alumno que te permita **registrar en su ficha** esa medida.



**Protocolo para identificar tipos de cara y presencia o ausencia de nariz:**

- **Compara** la cara y el cuello con los **dibujos y anota en la ficha** del alumno el tipo de cara y la presencia o ausencia de nariz.

**TIPOS DE CARAS**



**PRESENCIA O AUSENCIA DE NARIZ**



Proyecto **Steam**

BioGeo-IES La Estrella

**Midiendo #2**

**Protocolo para medir con la cinta métrica flexible**

**Protocolo para medir el perímetro de la cabeza:**

- Pídele que se **siente** y se ponga **recto**, mirando al frente, con los **hombros rectos**.
- **Enrollar la cinta métrica por el recorrido más largo**, suele estar por encima de las cejas.
- Mide **tres veces** y **anota** en la ficha de alumno la **medida más alta**.



**Protocolo para medir el perímetro de los hombros:**

- Pídele que **se siente** y se ponga **recto**, mirando al frente, con los **hombros rectos**.
- **Enrollar la cinta métrica por el recorrido más largo**, debajo de las clavículas. Mantén la **cinta métrica paralela al suelo** y extiende la cinta hasta que llegues al punto de partida.
- Mide **tres veces** y **anota** en la ficha de alumno la **medida más alta**.



**Protocolo para medir el perímetro de las caderas:**

- Pídele que se ponga de **pie recto**, mirando al frente, con los **hombros rectos**.
- Coloca la **cinta alrededor de la parte más voluminosa** de la cadera. Mantén la **cinta métrica paralela al suelo** y extiende la cinta hasta que llegues al punto de partida.
- Antes de separar la cinta para ver la medición asegúrate de que la cinta está **paralela**.
- Mide **tres veces** y **anota** en la ficha de alumno la **medida más alta**.

