

ÍNDEX

0.INTRODUCCIÓ	1
1. SÍNTESI BIBLIOGRÀFICA	2
1.1.La raó digital 2D:4D	2
1.1.1.Descripció	2
1.1.2.Distribució de la raó digital 2D:4D	3
1.1.3.Síntesi d'estudis que demostrin una correlació dels efectes dels andrògens prenatals en la raó digital 2D:4D	3
1.1.4. Explicació per als efectes de la raó digital	5
1.1.5. Variació geogràfica i ètnica en la relació 2D: 4D	5
1.1.6. Correlació entre la raó digital i trets físics i fisiològics	5
1.1.7. Relació 2D:4D i desenvolupament	7
1.2. Els Andrògens	8
1.2.1. Descripció	8
1.2.2. Tipus d'andrògens	8
1.2.3. Funcions més importants dels andrògens que afecten al desenvolupament humà	9
1.3. La testosterona	11
1.3.1. Descripció	11
1.3.2. Estructura química i formació	11
1.3.3. Efectes fisiològics i psíquics	12
1.4. Estrògens	16
1.4.1. Descripció	16
1.4.2. Tipus d'estrògens	17
1.4.3. Formació	18
1.4.4. Efectes fisiològics i psíquics	19
1.5. La hipòtesi de Manning	21
2. DESENVOLUPAMENT EXPERIMENTAL	22
2.1. Objectius	22
2.2. Material i Mètodes	22
2.2.1. Realització de les fotocopies i escaneig de les mans	22
2.2.2. Lectura de les longituds dels dits	23
2.2.3. Comprovació de la variabilitat del lector	23

2.2.4. Trasllat de la informació a una base de dades.....	24
2.2.5. Enquesta.....	25
2.2.6. Obtenció dels resultat de l'amidament, diferències en els mesuraments i les raons digitals.....	25
2.2.7. Selecció dels grups de comparació.....	27
2.2.8. Anàlisi estadístic de les raons digitals.....	28
2.3. Resultats.....	32
2.4. Discussió.....	42
2.5. Conclusions.....	46
3. OPINIÓ PERSONAL.....	47
4. AGRAÏMENTS.....	48
5.BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....	49

0. INTRODUCCIÓ

Com a alumna del batxillerat científic de l'Institut Antoni de Martí i Franquès he decidit realitzar el treball de recerca sobre un tema relacionat amb els meus interessos i a la vegada amb la modalitat que estic cursant.

En un principi l'elecció del tema del treball se'm va fer molt difícil: què podia investigar jo que cap altre alumne més hagués estudiat, que fos original i innovador, tenint en compte el nivell del meu coneixement i els recursos dels quals disposava (no es podia ser massa ambiciós...).

Així doncs, durant un dia calorós d'estiu del 2013, mirant un documental, vaig trobar el tema adequat que em permetia efectuar un treball de camp: el canal televisiu discovery channel va emetre un programa que contenia un vídeo de la BBC Worldwide, en el que John Manning, un investigador britànic proposava la que ara coneixem com la hipòtesi de Manning⁽¹⁾⁽²⁾, al final del capítol ell deia que el grup d'investigadors d'àmbit científic, que dirigia, presentava una diferent raó digital dels dits índex i anular respecte als professors d'àmbits humanístics. Malauradament ara no és possible visualitzar el vídeo ja que la BBC no autoritza la seva difusió lliure.

Aquesta hipòtesi hem va despertar una gran intriga; de seguida en vaig buscar informació i vaig trobar molts estudis científics actuals sobre la relació 2D:4D, que abracen des de el rendiment físic fins a trets psicològics.

A partir d'aquí, vaig elaborar els diversos objectius i les hipòtesis del meu treball; el primer objectiu va estar comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els homes i les dones d'edats compreses entre els 16 i 18 anys són diferents, en el segon volia comprovar si la mitjana de les raons digitals de les persones que cursen el batxillerat artístic són diferents a les mitjanes dels estudiants de l'humanístic, en el tercer vaig comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els alumnes que cursen el batxillerat científic davant dels que cursen l'artístic/humanístic són diferents, i finalment volia comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els alumnes que aparenten tenir interessos científics davant els que sembla que tinguin interessos artístics o humanístics són diferents.

A continuació us deixo gaudir dels fruits del meu treball i de la meva petita investigació.

Esper-ho que us sorprengueu amb els resultats finals!!!!

1. SÍNTESI BIBLIOGRÀFICA

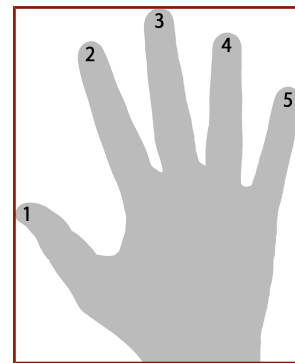
1.1. La raó digital 2D:4D

1.1.1. Descripció

La raó digital 2D:4D és la divisió de les longituds (mesurades des de el punt mitjà del plec inferior on el dit s'uneix a la mà fins la seva part més alta) del dit índex (2n dit) i del dit anular (4t dit)⁽¹⁾⁽²⁾ La raó 2D:4D es pot obtenir tant amb la mà dreta com amb la mà esquerra.

Si la raó esdevé més gran d'u, el dit índex serà més llarg que l'anular, mentre que un resultat més petit d'u significarà un dit anular més llarg que l'índex.

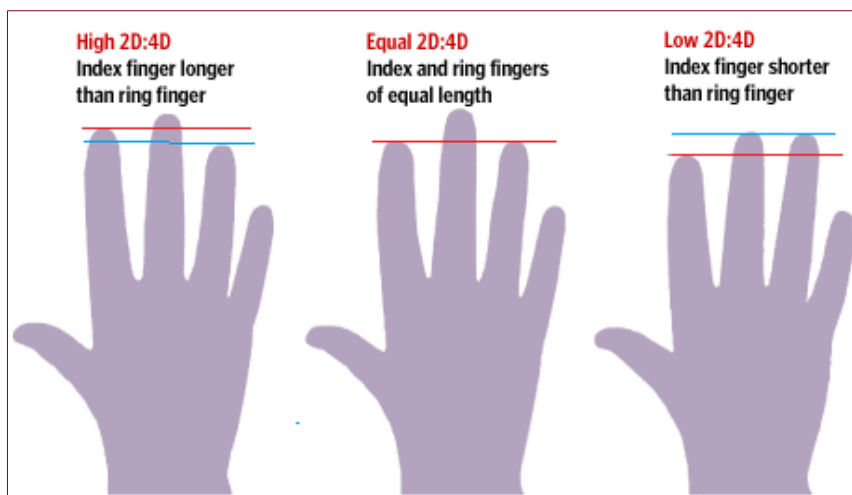
Alguns científics han suggerit que la raó entre aquests dos dits en particular, queda afectada per l'exposició a andrògens com la testosterona durant el desenvolupament embrionari primerenc.⁽³⁾⁽⁴⁾



Il·lustració 1: Imatge dels dits numerats.

Font: <http://jefflittle.files.wordpress.com/2008/04/right-hand1.jpg> (consultat el 28/08/2013)

Així doncs una menor raó apunta a una major exposició als andrògens. La proporció 2D: 4D presenta un dimorfisme sexual: mentre que el segon dit és habitualment el més curt tan en dones com en homes, la diferencia entre les longituds dels dos dits és major en els homes que en les dones (és a dir que la raó entre les longituds és més petita en els mascles que en les femelles).



Il·lustració 2: Mans afectades per diferents quantitats d'andrògens prenals. Font: <http://xmb.stuffucanuse.com/xmb/viewthread.php?tid=3031> (consultat el 28/08/2013)

Molts estudis han demostrat l'existència d'una correlació entre la proporció 2D: 4D i diverses característiques físiques i de comportament (Vegeu 1.3.6.).

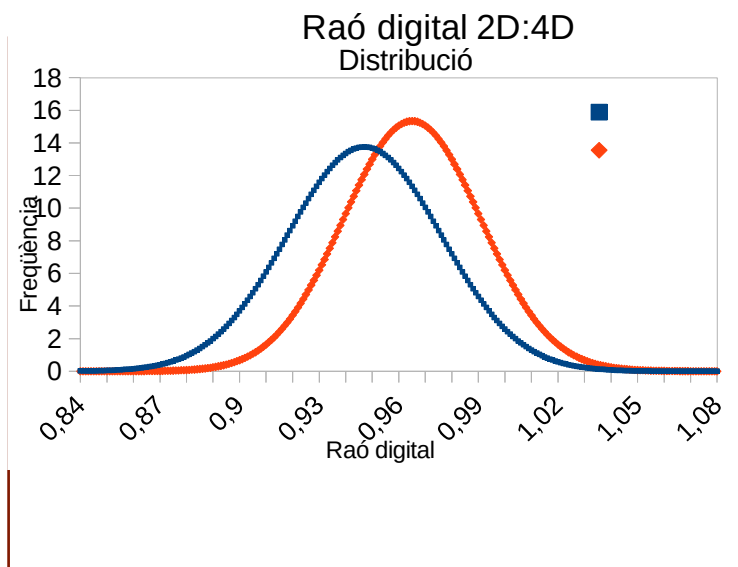
1.1.2. Distribució de la raó digital 2D:4D

Cal esperar que la distribució de la raó digital 2D:4D sigui normal, com és habitual en els mesuraments biomèdics. Per exemple, utilitzant l'estudi sobre la depressió⁽⁵⁾ en el qual formaven part 136 homes i 137 dones, es troben els següents resultats:

Homes: 0.947 de mitjana i 0,029 de desviació estàndard.

Dones: 0.965 de mitjana i 0,026 de desviació estàndard.

Una representació gràfica assumint que la distribució és normal (gaussiana) podria ser:



Il·lustració 3: Gràfica de les dades extretes de la font ⁽⁵⁾

Elaboració pròpia

1.1.3. Síntesi d'estudis que demostren una correlació dels efectes dels andrògens prenatals en la raó digital 2D:4D

- Les dones amb hiperplàsia adrenal congènita (CAH), provocada per elevats nivells d'andrògens abans de néixer, tenen una raó digital més baixa (més masculinitzada) de mitjana ^{(6) (7) (8)}. Altres possibles efectes fisiològics inclouen un engrandiment del clítoris i la vagina poc profunda ⁽⁹⁾.
- Els homes amb CAH tenen una raó digital més petita (més masculinitzada) que la mitjana dels homes del grup control ^{(6) (7)}, això també suggereix que els andrògens prenatals afecten a la raó de les longituds del 2n i 4t dit (o raó digital), ja que a les mostres de amniocentesi es pot observar que els nivells prenatals de testosterona en el homes que pateixen CAH són, dintre de la normalitat, alts, a la vegada que els nivells de l'androstenediona (un androgen més dèbil) són bastant més alts que la mitjana dels homes del grup control. ^{(10) (11) (12)} Aquestes mesures indiquen que els homes amb CAH han estat exposats a majors concentracions d'andrògens durant la gestació que els homes del grup control.
- L'índex digital en els homes que pateixen el síndrome de Klinefelter, els quals produeixen una

menor quantitat de testosterona en comparació als homes del grup control, és més alt (és a dir, més feminitzat) que en els seus pares o els subjectes control. ⁽¹³⁾

- La raó digital en els homes és correlaciona amb la variació genètica en el gen del receptor d'andrògens.⁽¹⁴⁾ Els homes amb gens que produeixen receptors d'andrògens menys sensibles a la testosterona (a causa d'un major nombre de repeticions del triplet CAG en el ADN) tenen un raó digital més gran (més feminitzat). En alguns informes publicats es mostra que no s'han pogut repetir repliques obtenint els mateixos resultats, és a dir, es mostra la no repetibilitat de l'experiència. ⁽²⁾ No obstant això, els homes que porten un receptor d'andrògens amb més repeticions CAG compensen aquest defecte mitjançant la secreció de més testosterona⁽¹⁵⁾. Per tant, no està clar que la raó 2D:4D es pugui relacionar amb amb les repeticions del triplet CAG, encara que sí reflecteix amb precisió l'exposició prenatal als andrògens.
- Els individus XY amb el síndrome d'insensibilitat als andrògens (SIA), a causa d'un gen disfuncional per al receptor d'andrògens, tenen de mitjana una raó digital, més alta respecte als homes i similar a la de les dones, tal i com seria si les hormones androgèniques afectessin a la raó digital. Aquesta troballa també demostra que la diferència de les raons digitals entre els dos sexes no va lligada al heterocromosoma Y. ⁽¹⁶⁾
- Les diferències de la raó 2D:4D entre ambdós sexes, és existent ja abans del naixement dels humans,⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾ el que descarta qualsevol influència social que pugui afectar al creixement de la raó digital de forma diferent en els dos sexes, el dimorfisme sexual prenatal també indica que els andrògens actuen abans del naixement afectant a la raó digital.
- A les conclusions d'un estudi en el qual es van realitzar 33 amniocentesis, es mostrava com aquells resultats donaven suport a una associació entre un baix índex digital i l'exposició a alts nivells de testosterona durant la gestació, i un alta raó digital es relacionava amb una baixa exposició a la testosterona fetal comparada amb la quantitat d'estradiol rebut durant l'embaràs, resultats que contrasten amb alguns estudis preliminars on existia una evidència indirecta que la raó 2D:4D s'establia a l'úter i es relacionava negativament amb la testosterona prenatal i positivament amb l'estradiol prenatal.

No obstant això, i en aquell moment, no existien estudis que mostressin una relació directa entre l'estradiol fetal i la raó digital 2D:4D. ⁽¹⁹⁾

- En un estudi realitzat amb faisans (on es van manipular els nivells de testosterona a l'ou) s'ha demostrat que la relació del segon i quart dit del peu ha estat influenciada per la testosterona durant el desenvolupament fetal. ⁽²⁰⁾
- Els estudis en ratolins indiquen que els andrògens prenatals actuen bàsicament promovent el creixement del quart dit. ⁽²¹⁾

Diversos estudis mostren evidències de que les raons digitals són heretables. ^{(22) (23)}

També hi ha indicis que la raó 2D:4D reflexa l'exposició fetal a hormones com la testosterona ⁽²⁴⁾ però en el cas dels estrògens, es poden trobar conclusions contradictòries. ⁽¹⁹⁾

1.1.4. Explicació per als efectes de la raó digital

No està clar com les hormones prenatales influeixen a la raó digital. Els gens Hox a més d'afectar a altres trets determinats com: les emissions otoacústiques i relació de les longituds del braços al cos, també influeixen en els dits i el desenvolupament del penis. ⁽²⁵⁾ Com a conclusió de l'estudi és va trobar que els efectes de les hormones sexuals, poden ser responsables, directament mitjançant la regulació dels gens Hox o independentment d'aquests gens, en el desenvolupament dels dits.

De la mateixa manera, no està clar perquè la mà dreta és més sensible a l'exposició d'andrògens que la mà esquerra (observant les raons 2D:4D d'ambdues mans), per exemple, com mostra una major diferència entre sexes en la raó de la mà dreta que la de l'esquerra. ⁽²⁶⁾

1.1.5. Variació geogràfica i ètnica en la relació 2D: 4D

Manning i els seus companys han demostrat que la raó 2D:4D varia enormement entre els diferents grups ètnics ⁽²⁷⁾ ⁽²⁸⁾. Aquesta variació és molt més gran que les diferències entre els sexes.

1.1.6. Correlació entre la raó digital i trets físics i fisiològics

Alguns autors suggereixen que la relació 2D:4D es correlaciona després d'haver nascut, amb la salut, el comportament, i fins i tot la sexualitat. A continuació es mostra una llista no exhaustiva d'alguns dels trets que han estat demostrats i es relacionen amb l'índex digital, ja sigui alt o baix.

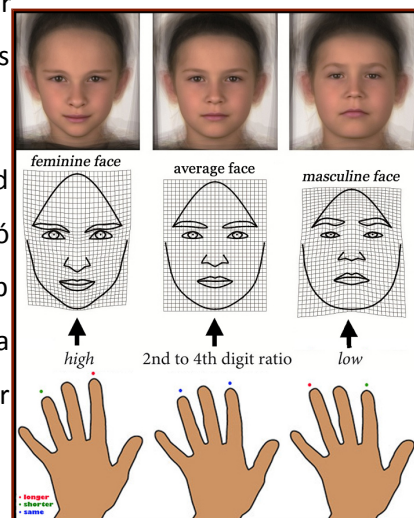
	Baixa raó digital	Alta raó digital.
Fisiologia i malalties		• En realitzar un recompte s'observa una menor quantitat d'espermatozoides. ⁽¹⁾ • Augment del risc de patir malalties cardiovasculars en els homes. ⁽²⁹⁾ • Augment del risc de patir obesitat i la síndrome metabòlica en els homes. ⁽³⁰⁾ • Reducció del risc de patir càncer de pròstata. ⁽³¹⁾ • Mida reduïda dels mascles recent nascuts. ⁽³²⁾
	• Augment de la freqüència del TDAH en els homes. ⁽³³⁾ ⁽³⁴⁾ ⁽³⁵⁾ ⁽³⁶⁾	• Baix grau del síndrome d'Asperger i d'autisme ⁽³⁹⁾

Trastorns psicològics	Reducció del risc, en les dones, de patir anorèxia nerviosa ⁽³⁷⁾ i en els homes de patir trastorns alimentaris . ⁽³⁸⁾	- Augment del risc de patir depressió en els homes. ⁽⁴⁰⁾ - Augment de la freqüència de patir esquizofrènia. ⁽⁴¹⁾ - Augment de la freqüència de la psicopatia en les dones. ⁽⁴²⁾ - Reducció del risc de tenir dependència a l'alcohol. ⁽⁴³⁾ - Reducció del risc d'addicció als videojocs ⁽⁴⁴⁾ - Augment de patir ansietat en els homes ⁽⁴⁵⁾
Comportament físic i competitiu		- Rendiment reduït en l'esport ⁽⁴⁶⁾ - Reducció de la capacitat de negociació financera ⁽⁴⁷⁾ - Preferència per a utilitzar la mà dreta alhora de realitzar diferents habilitats ⁽⁴⁸⁾
Cognició i personalitat	- Dones habitualment més competitives i assertives. ⁽⁴⁹⁾ - Agressivitat més marcada en els homes. ^{(5) (50)} - Esriptura a mà més masculinitzada. ⁽⁵¹⁾ - Percepció de "dominància" i masculinitat en els tret facials dels homes. ^{(52) (53)} - En un context orquestral, major habilitat musical en els homes. ⁽⁵⁴⁾	- Els trets de personalitat es van correlacionar amb la relació 2D:4D, indicant, una alta raó digital, un caràcter més "femení" ^{(55) (56) (57)} - Tendència a tenir creences paranormals i supersticioses entre els homes ⁽⁵⁸⁾ - Obtenció de qualificacions més altes als exàmens en els homes ^{(2) (59)}
Administració	Major habilitat per al lideratge ⁽⁶⁰⁾ i la innovació ⁽⁶¹⁾	
Percepció sensorial		- Major capacitat en la percepció olfactiva ⁽⁶²⁾ - Major capacitat per a percebre els colors ⁽⁶³⁾

		Millor habilitat alhora de percebre els estímuls tàctils. ⁽⁶⁴⁾
Orientació sexual	Les lesbianes, de mitjana, tenen un índex digital més baix que les dones heterosexuals; (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71) (72) (73) (74) (75)	- Les dones heterosexuals amb un alt índex digital mostren, de mitjana, una preferència cap a homes amb trets més masculins⁽⁶⁵⁾, igual que els homes homosexuals amb un índex digital elevat ⁽⁷⁶⁾; la preferència cap a un tipus de trets facials més masculins indiquen una mentalitat més “feminitzada” - Les lesbianes amb un alt índex digital són més propenses a ser més “femenines” i menys “masculines” ^{(67) (77)} - Les bessones idèntiques però amb diferents orientacions sexuals segueixen mostrant diferències en la raó digital ^{(69) (78)}. - Un alt índex digital podria indicar l'homosexualitat en els homes, ^{(68) (79)}, però això està per a demostrar. ^{(75) (32)}

1.1.7. Relació 2D:4D i desenvolupament

Existeix certa evidència de que la relació 2D:4D també pot ser indicativa per al desenvolupament humà i el creixement. Un dels estudis ⁽⁸¹⁾ va mostrar que els homes que es van desenvolupar en una placenta més pesada que la mitjana i que tenien una longitud neonatal corona-taló més curta, d'adults posseïen una major raó 2D:4D. D'altra banda, els estudis sobre l'índex digital relacionats amb la forma de la cara suggereixen que l'exposició a la testosterona prenatal pot arribar establir algunes limitacions al posterior desenvolupament.



En un dels estudis es va trobar que les hormones sexuals, les quals

Il·lustració 4: La raó 2D:4D
Font: <http://www.handresearch.com/news/2012/digit-ratio-facial-shape-boys.jpg>
(consultat el 10-01-2014)

influeixen en el dimorfisme sexual, operaven de manera diferent als rostres humans, però aquestes afectaven a la forma de la cara tan en dones com en homes seguint un patró semblant ⁽⁸¹⁾.

Bernhard Fink ⁽⁸²⁾⁽⁸³⁾ va trobar que els homes amb una baixa raó digital (el que indica una alta exposició a de testosterona prenatal) i les dones amb un índex digital baix (indicant una alta exposició als estrògens) expressen majors nivells de simetria facial. No obstant això, l'exposició a nivells molt alts de testosterona i / o estrogen a la matriu poden tenir efectes negatius.

1.2. Els Andrògens

1.2.1. Descripció

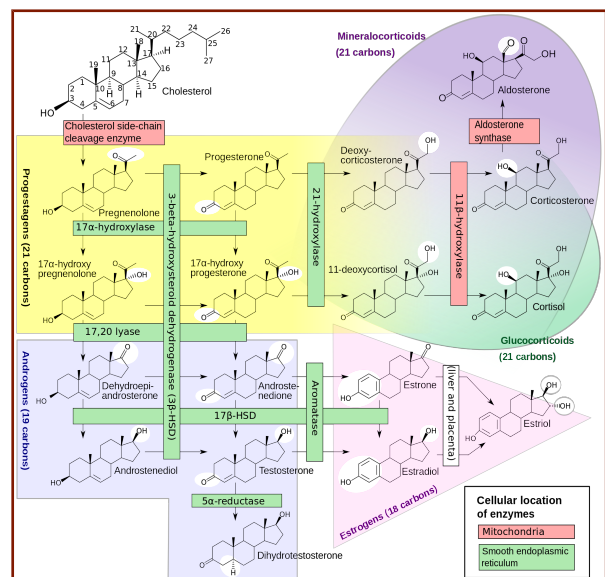
Els andrògens són hormones sexuals masculines i corresponen a la testosterona, l'androsterona i l'androstenediona. Els andrògens són hormones esteroides derivades del ciclopentanoperhidrofenantrè, la funció principal dels quals és estimular el desenvolupament dels caràcters sexuals masculins. Els andrògens, bàsicament la testosterona, són segregats pels testicles, però també pels ovaris en les dones (androstenediona) i per l'escorça suprarenal de les glàndules suprarenals (principalment dihidroepiandrosterona). En l'home només el 10% dels andrògens tenen un origen suprarenal. Tots els andrògens naturals són extrets de l'esteroide que té un nucli tetracíclic d'hidrocarbur de 19 àtoms de carboni. És també el precursor de tots els estrògens (les hormones sexuals femenines).

1.2.2. Tipus d'andrògens

Un subconjunt dels andrògens, els andrògens suprarenals, inclouen qualsevol dels esteroides de 19-carbonis sintetitzats per l'escorça suprarenal, la capa més interna de l'escorça suprarenal, que funcionen com a esteroides febles o precursors d'esteroides, incloent la dehidroepiandrosterona (DHEA), dehidroepiandrosterona sulfat (DHEA-S) i l'androstenediona.

Altres tipus de andrògens apart de la testosterona són:

- La dehidroepiandrosterona (DHEA) és una hormona esteroide produïda a l'escorça suprarenal a partir del colesterol. És el precursor principal dels estrògens naturals. La DHEA també és anomenada com dehidroisoandrosterona.
- L'androstenediona és un esteroide androgènic produït pels testicles, l'escorça suprarenal i els



Il·lustració 5 : Imatge de la formació dels andrògens i estrògens a partir del colesterol.

Font: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Steroidogene> (consultat el 10-01-2014)

ovaris. Els androstenediones es converteixen metabòlicament amb testosterona i altres andrògens, que també són l'estructura principal de l'estrone.

- L'androstenediol és l'esteroide més adient per actuar com el principal regulador de la secreció de gonadotropina.
- L'androsterona és un subproducte químic creat durant la descomposició dels andrògens, o derivats de la progesterona, que també exerceix efectes masculinitzants, però amb una setena part de la intensitat amb la que ho fa la testosterona. Es troba en quantitats aproximadament iguals en el plasma i l'orina tan en les femelles com en els mascles.
- La dihidrotestosterona (DHT) és un metabòlit de la testosterona, però més potent que aquesta ja que s'uneix més fortament als receptors d'andrògens. Es produeix a la pell i al teixit reproductiu.

1.2.3. Funcions més importants dels andrògens que afecten al desenvolupament humà

— Desenvolupament masculí

Durant el desenvolupament dels mamífers, al principi, les gònades es poden transformar tant en ovaris com en testicles⁽⁸⁴⁾. En l'ésser humà, a partir de la 4a setmana ja es poden trobar unes gònades rudimentàries en el mesoderma intermèdia prop dels ronyons els quals estan en desenvolupament.

Cap a la 6a setmana, es desenvolupen els cordons sexuals epitelials als testicles en formació i s'incorporen les cèl·lules germinals mentre es desplacen cap a les gònades. En els homes, certs gens del cromosoma Y, especialment el gen SRY, controlen el desenvolupament del fenotip masculí, incloent la conversió de la gònada bipotencial primitiva als testicles. En els homes, els cordons sexuals invadeixen per complet les gònades en formació.

A partir de la 8a setmana del desenvolupament fetal humà, apareixen les cèl·lules de Leydig a les gònades masculines. Les cèl·lules epitelials derivades de la mesoderma de les cordes sexuals dels testicles en desenvolupament es transformen en cèl·lules de Sertoli, la funció de la qual serà facilitar la formació de l'esperma. Entre els túbuls existeix una població menor de cèl·lules no epitelials, les cèl·lules de Leydig encarregades de la producció dels andrògens. Les cèl·lules de Leydig funcionen com a hormones paracrines i són necessàries per que les cèl·lules de Sertoli puguin facilitar la producció d'esperma.

Al cap de poc de diferenciar-se, les cèl·lules de Leydig comencen a produir andrògens, necessaris per a dur a terme la masculinització del fetus mascle en desenvolupament (inclosa la formació del penis i l'escrot). Per la influència dels andrògens, certs restes del mesonefres: els conductes

mesofrèncics, evolucionen en epidídims, conducte deferent i vesícules seminals. Aquesta acció androgènica rep el suport d'una hormona de les cèl·lules de Sertoli, la HAM (hormona antimülleriana), la qual evita que els conductes embrionaris de Müller es transformin en trompes de Fal·lopi o un altre teixit de l'aparell reproductor femení en els embrions masculins.

Les HAM i els andrògens col·laboren per tal de permetre un moviment normal dels testicles cap a l'escrot. Abans de la producció de l'hormona pituïtària HL que comença a l'embrió a partir de les 11-12 setmanes, la gonadotrofina coriònica humana (GCH) potència la diferenciació de les cèl·lules de Leydig i la seva producció d'andrògens. L'acció dels andrògens en els teixits receptors adequats sol suposar la conversió de la testosterona en dihidrotestosterona 5α (DHT).

L'espermatoïtògenesis: durant la pubertat, augmenta la producció d'andrògens, l'HL (hormona luteïnitzant) i l'HFE (hormona fol·licle-estimulant), els cordons sexuals queden buits per dintre formant els túbuls seminífers i les cèl·lules germinals comencen a diferenciar-se esdevenint així esperma. Durant l'edat adulta, els andrògens i les HFE actuen conjuntament amb les cèl·lules de Sertoli dels testicles per afavorir la producció d'esperma. ⁽⁸⁵⁾ Els suplementes androgènics exògens es poden emprar com a anticonceptiu masculí. Els alts nivells d'andrògens provocats per l'administració de suplementes androgènics pot inhibir la producció d'HL i bloquejar la producció d'andrògens endògens de les cèl·lules de Leydig. Sense els elevats nivells locals d'andrògens produïts per les cèl·lules de Leydig als testicles, els túbuls seminífers es poden degenerar i amb conseqüència els mascles poden tornar-se infèrtils.

— **Inhibició de la deposició de grassa**

Els homes solen tenir menys teixit adipós que les dones. Els últims resultats indiquen que els andrògens inhibeixen la capacitat de certes cèl·lules adiposes de emmagatzemar lípids, bloquejant una via de transducció de senyals que normalment faciliten la funció dipositaria. ⁽⁸⁶⁾

— **Massa muscular**

Els homes solen tenir més múscul esquelètic que les dones. Els andrògens potèncien l'ampliació de les cèl·lules del múscul esquelètic i probablement actuen coordinadament per tal de reforçar la funció muscular, actuant en molts tipus de cèl·lules del teixit del múscul esquelètic. ⁽⁸⁷⁾

Un determinat tipus de cèl·lula, els mioblasts, transmet senyals hormonals per a que es produeixi la generació del múscul. Un alt nivell d'andrògens condueixen a un augment de l'expressió del receptor d'andrògens. La fusió dels mioblasts genera els miotubs, en un procés relacionat amb els receptors dels nivells d'andrògens. ⁽⁸⁸⁾

— **Cervell**

Els nivells d'androgen circulant poden influir en el comportament humà ja que certes neurones són sensibles a les hormones esteroides. Els diferents nivells d'andrògens es relacionen amb la regulació de l'agressivitat humana i la libido⁽⁸⁹⁾, entre d'altres moltes característiques físiques i psicològiques.

Els efectes que tenen la testosterona i els estrògens en el cervell i el comportament humà són especificats en els apartats següents.

1.3. La testosterona

1.3.1. Descripció

La testosterona és una hormona esteroide anabòlica d'un grup androgen, es troba als mamífers, rèptils⁽⁹⁰⁾, aus⁽⁹¹⁾ i altres vertebrats. És l'hormona sexual principal masculina.

Als mamífers, la testosterona es sintetitza principalment als testicles dels mascles i en els ovaris de les femelles, encara que petites quantitats són secretades per les glàndules suprarenals, a través de la via metabòlica comuna de les hormones sexuals a partir del colesterol. Els efectes de la testosterona són morfològics, metabòlics i psíquics.

La testosterona també es pot transformar metabòlicament en androsterona.

Aquesta hormona és metabolitzada en el fetge, i mínimament en la pell i la pròstata, i és eliminada per l'orina.⁽⁹²⁾

De mitjana, la concentració de testosterona en el plasma sanguini en un adult humà masculí és deu vegades més gran que la concentració en el plasma d'un adult humà femení. Com que el consum metabòlic de la testosterona en els homes és més gran, la producció diària és de aproximadament 20 vegades més gran en els homes. A més, les dones són més sensibles a l'hormona.^{(93) (94)}

Pel que fa a les seves característiques físiques, es tracta d'un sòlid cristal·lí incolor, òpticament actiu $[\alpha]_{24D} = +109^\circ$, soluble en alcohol i èter i insoluble en aigua, si l'escalfem es desnaturalitza a 155°C .⁽⁹²⁾

1.3.2. Estructura química i formació

La testosterona és un androgen, és a dir, un esteroide derivat del ciclopentanoperhidrofenantré, que té 19 àtoms de carboni, un doble enllaç entre el quart carboni i el cinquè, un àtom d'oxigen en el tercer carboni i un radical hidroxil (OH) al carboni 12.

La fórmula de la testosterona és $\text{C}_{19}\text{H}_{28}\text{O}_2$, i el seu nom sistemàtic és: (8R,9S,10R,13S,14S,17S)- 17-hidroxí-10,13-dimetil-1,2,6,7,8,9,11,12,14,15,16,17- dodecahidrociclopenta[a]fenanthren-3-ona

Aquesta estructura és necessària per al manteniment de l'activitat androgènica. La testosterona pot ser aromatitzada en diversos teixits per formar estradiol, de manera que en l'home és normal una producció diària de 50 micrograms. El seu excés absolut o relatiu en els homes pot provocar una feminització. La testosterona del testicle és produïda per les cèl·lules de Leydig, però també és sintetitzada en l'escorça suprarenal (zona reticular).

1.3.3. Efectes fisiològics i psíquics

En general, els andrògens promouen la biosíntesi proteica i el creixement dels teixits.

Els efectes de la testosterona es poden classificar com virilitzant i anabòlic, encara que la distinció és una mica artificial, ja que molts dels efectes es podrien considerar dels dos tipus. La testosterona és anabòlica, és a dir, promou el creixement de massa òssia i muscular.

- Efectes anabòlics: inclouen el creixement de la massa muscular i la força, l'increment de la densitat òssia, l'estimulació del creixement longitudinal i la maduració dels ossos.
- Efectes androgènics: inclouen la maduració del òrgans sexuals, particularment el penis i la formació de l'escrot en el fetus, i després del naixement (en la pubertat) un aprofundiment de la veu, creixement de la barba i pèl axil·lar (molts d'aquests pertanyen a la categoria de caràcters sexuals secundaris).

Els efectes de la testosterona també poden ser classificats per l'edat en la que transcorren. Els efectes postnatal tan en homes com en dones, són majoritàriament dependents dels nivells i duració de la testosterona lliure circulant.

— Efectes Prenatals

- Els efectes androgènics prenatals transcorren entre les 4 i 6 setmanes de gestació:
- Desenvolupament de la pròstata i les vesícules seminals.
- Identitat de gènere.⁽⁹³⁾
- Influeix en el desenvolupament del cervell.
- Virilització genital (fusió de la línia mitjana, uretra fàl·lica, aprimament escrotal, creixement fàl·lic), tot i que el paper de la testosterona és molt menor que el de la dihidrotestosterona.

— Efectes a la infància primerenca

Durant les primeres setmanes de vida de l'infant mascle, els nivells de testosterona augmenten. Aquests es mantenen al rang puberal durant alguns mesos, però habitualment assoleixen nivells amb prou feines detectables a la infància (dels 4-6 mesos de vida).⁽⁹⁴⁾⁽⁹⁵⁾

La funció d'aquest augment encara està poc estudiada. S'ha especulat que es produeix una masculinització del cervell, ja que no s'han identificat canvis significatius a les altres parts del cos. El cervell masculí es masculinitza per la testosterona essent així aromatitzada i transformant-se en estrogen, que traspasa la barrera hematoencefàlica i entra al cervell

masculí, mentre que els fetus femenins tenen l'alfa-fetoproteïna que s'uneix als estrògens de tal manera que el cervell femení no queda afectat.⁽⁹⁶⁾

– Efectes pre-peripuberals

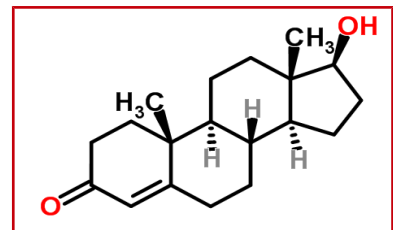
Els efectes androgènics pre-peripuberals són els primers efectes observables de l'increment en els nivells d'andrògens al final de la infància, manifestant-se tant en nenes com en nens:

- Aparició de borrisol púbic.
- Creixement del borrisol axil·lar.
- Creixement i maduració òssia accelerada.
- Increment oliós de la pell i pèl, aparició d'acne.
- Olor corporal com la dels adults.
- Pèl al llavi superior i patilles (evidentment en els nois només).

– Efectes Puberals

Els efectes androgènics puberals comencen a ocórrer quan els nivells androgènics esdevenen més alts que els d'un adult femella. En els homes, aquests solen ser efectes puberals que succeeixen més cap al final de la pubertat, i també en les dones després de períodes prolongats amb alts nivells de testosterona lliure a la sang.

- Engrandiment de les glàndules sebàcies (això podria causar acne).
- Engrandiment fàl·lic o clitoromegalia.
- Increment de la libido i freqüència d'ereccions o creixement clitoral.
- El borrisol púbic s'estén cap a les cuixes i cap amunt (cap al melic).
- Borrisol facial (patilles, barba, bigoti).
- Pèrdua del cabell (Alopècia androgènica).
- Borrisol pectoral , borrisol periareolar , borrisol perianal.
- Borrisol a les cames.
- Borrisol axil·lar.
- El greix subcutani disminueix.
- Increment de la força i massa muscular.⁽⁹⁷⁾
- Aprofundiment de la veu.
- Creixement de la nou del coll.
- Creixement del teixit espermatogènic en els testicles, fertilitat masculina



Il·lustració 6: Estructura de la testosterona

Font: <http://www.chemspider.com/> (consultat el 10/1/2014)

- Creixement de la mandíbula, celles, barbeta, nas, remodelació dels contorns dels ossos facials.
- Les espatlles es tornen més amples i la caixa toràctica s'expandeix.
- La terminació de la maduració òssia i creixement ossi. Això passa indirectament via els metabòlits de l'estradiol i per tant passa de forma més gradual en els homes que les dones.

— Efectes en els adults

Els efectes de la testosterona en els adults són clarament més evidents en l'home que en la dona, però són igualment importants per a tots dos sexes. Alguns d'aquests efectes poden disminuir quan els nivells de testosterona disminueixen en les últimes dècades de la vida adulta .

- La testosterona és necessària per al desenvolupament normal de l'espermatozoide . La testosterona activa gens en les cèl·lules de Sertoli que promouen la diferenciació de l'espermatogonia.
- Regula la resposta aguda de l' HHA (eix hipotalàmic - hipofisari - adrenal) sota un desafiament de dominància.⁽⁹⁸⁾⁽⁹⁹⁾
- Energia física i mental.
- Manteniment del trofisme muscular.
- La testosterona regula la població dels receptors tromboxà A2 en megacariòcits i plaquetes i per tant l'agrupació de plaquetes en humans.⁽¹⁰⁰⁾⁽¹⁰¹⁾
- La testosterona no causa o produeix efectes nocius al càncer de pròstata. A gent que s'ha sotmès a teràpia de privació de testosterona han demostrat incrementar la rapidesa de propagació d'un càncer prostàtic existent.⁽¹⁰²⁾⁽¹⁰³⁾⁽⁹⁷⁾
- Estudis recents han mostrat resultats conflictius sobre la importància de la testosterona en el manteniment de la salut cardiovascular. No obstant això, mantenir els nivells normals de testosterona en els homes de la tercera edat ha demostrat una millora dels diferents paràmetres que es pensa que redueixen el risc de infermetats cardiovasculars, tals com l'increment de la massa magra, la disminució de la grassa visceral, la disminució del colesterol total i el control sobre els nivells glucèmics.^{(104)(105) (106)}
- Sota un desafiament de dominància, la testosterona potser que jugui un paper en la regulació de la resposta de "lluita o fugida " ⁽¹⁰⁷⁾
- Enamorar-se disminueix els nivells de testosterona en els homes mentre que incrementa els nivells de les dones. S'especula que aquests canvis en els nivells de testosterona resultin de la reducció temporal de les diferències de comportament entre ambdós sexes. S'ha comprovat que quan la testosterona i les endorfines de l'esperma ejaculada es troben amb la paret cervical després d'una relació sexual, les dones reben testosterona, endorfina i

oxitocina, i els homes després de l'orgasme experimenten un increment marcat en els nivells d'oxitocina ⁽¹⁰⁸⁾. Només en el desenvolupament embrionari dels seus fills, els nivells d'oxitocina dels homes rivalitzen amb el de les dones, estimulants sentiments d'amor, desig i cura paternal.

- Estudis recents suggereixen que els nivells de testosterona juguen un paper important en la presa de riscos durant decisions financeres. ^{(109) (110)}
- L'administració de la testosterona fa als homes més egoistes i més susceptibles de castigar altres per ser egoistes amb ells. ⁽¹¹¹⁾
- La paternitat també disminueix els nivells de testosterona en els homes, suggerint que els canvis en el comportament i emocions promouen la cura paternal. ⁽¹¹²⁾
- En els animals (com els tetraonins i llangardaixos àgils) els nivells alts de testosterona s'han relacionat amb una reducció de l'activitat del sistema immunològic. La testosterona sembla haver-se tornat part del sistema de senyalització entre les parelles potencials durant el curs de la evolució. ⁽¹¹³⁾⁽¹¹⁴⁾

— Efectes en el cervell

Com la testosterona afecta al cos sencer (sovint engrandint certs òrgans, com el cor, els pulmons, el fetge, etc. Els quals solen ser més grans en els homes que en les dones), el cervell també queda afectat per aquesta diferenciació sexual; per exemple: l'enzim aromatasa converteix la testosterona a estradiol que és la responsable de la masculinització del cervell dels rosegadors mascles. ⁽¹⁴⁵⁾ En el sexe masculí humà, arriba a crear certes interaccions que poden alterar els seus sentits, com provocar pensaments luxuriosos, i estimular la libido.

El sexe de l'home crea certs olors que arriben a ser plaents o incòmodes depenent del nivell de testosterona. Aquest aroma és originada per una glàndula sudorípara que al mateix temps envia senyals a al cervell estimulants l'apetit sexual.

Hi ha algunes diferències entre el cervell masculí i femení (possiblement com a resultat de les diferents quantitats de testosterona), una d'aquestes és la mida: el cervell humà masculí és, de mitjana, més gran ⁽¹¹⁵⁾. En un estudi danès realitzat a 18 dones i 18 homes de edats entre els 18-93, es va trobar que els homes de 20 anys tenien un total de 176.000 km de fibres mielinitzades, mentre que les dones tenien un total de 149.000 km ⁽¹¹⁶⁾ No obstant això, les dones tenen més connexions dendrítiques entre les cèl·lules del cervell. ⁽¹¹⁷⁾

Un estudi realitzat el 1996 no va trobar cap efecte a curt termini en l'estat d'ànim o comportament per l'administració de dosis suprafisiològiques de testosterona durant 10 setmanes a 43 homes sans. ^{(118) (119) (120)}

Les recerques científiques suggereixen que l'atenció, la memòria, i habilitat espacial són funcions cognitives afectades per la testosterona. Algunes evidències en estudis científics suggereixen que un baix nivell de testosterona pot ser un factor de risc per patir un deteriorament d'habilitats cognitives i possiblement per la demència del tipus Alzheimer.

No obstant això, un excés d'aquesta podria tenir un efecte negatiu en la cognició. ^{(121) (122)}

— **Agressivitat**

La " teoria evolutiva neuroandrogenica" considera la testosterona com a un factor influent en l'agressivitat, la delinqüència i també com a una eina evolutiva beneficiosa durant certes formes de competència. En la majoria de les espècies, els mascles són més agressius que les femelles. La castració dels mascles en general té un efecte pacificador en el seu caràcter agressiu.

En els éssers humans, els homes han comés més crims especialment violents en comparació a les dones.

La incidència en aquest tipus d'actes delictius augmenta durant els primers anys de l'adolescència fins a mitjans d'aquesta, alhora que ho fa la testosterona. La recerca sobre la relació entre la testosterona i l'agressivitat és difícil de realitzar, ja que l'única mesura fiable per mesurar la testosterona cerebral és mitjançant una punció lumbar. En els estudis s'han utilitzat sovint, tècniques de mesura menys fiables com anàlisis de la sang o la saliva.

La majoria dels estudis recolzen una relació entre la delinqüència comesa per adults i la testosterona, encara que la relació és modesta si s'examina separant els dos sexes. Gairebé tots els estudis realitzats sobre la delinqüència juvenil i la testosterona han resultat no significatius.

Bastants estudis també han trobat que la testosterona pot està associada amb conductes o trets de personalitat vinculats a la delinqüència com el comportament antisocial i l'alcoholisme.

S'han realitzat també, estudis sobre la relació entre un comportament en general més agressiu, els sentiments i la testosterona. Aproximadament la meitat dels estudis han trobat relació mentre que l'altra meitat no. ^{(123) (124) (125)}

1.4. Estrògens

1.4.1. Descripció

Els estrògens són hormones sexuals esteroides (derivades del ciclopentanoperhidrofenantré) de tipus

femení principalment, produïts pels ovaris, la placenta durant l'embaràs i , en menors quantitats, per les glàndules adrenals .

Aquestes hormones són responsables del desenvolupament dels caràcters sexuals secundaris de les femelles i dels canvis cíclics de l'epiteli de la vagina i de l'endoteli de la matriu. A dosis elevades, actuen sobre l'hipotàlem i inhibeixen la secreció de gonadotrofines del lòbul anterior de la hipòfisi, i això produeix una atròfia dels ovaris i una inhibició del creixement dels fol·licles. També es coneixen altres substàncies amb acció estrogènica que no pertanyen al grup dels esteroides, sinó que tenen l'estructura bàsica de lestilbè.⁽¹²⁶⁾

Els estrògens es sintetitzen en tots els vertebrats⁽¹²⁷⁾, així com en alguns insectes.⁽¹²⁸⁾ La seva presència en vertebrats i insectes suggereix que les hormones sexuals estrogèniques presenten una antiga història evolutiva.

Els estrògens s'utilitzen com a part d'alguns anticonceptius orals, també en la teràpia de reemplaçament de estrògens en les dones postmenopàusiques, i en la teràpia de reemplaçament hormonal per aquells que es fan un canvi de sexe.

1.4.2. Tipus d'estrògens

- Esteroides: Els tres principals estrògens d'origen natural a les dones són la estrona (E1) , estradiol (E2) , i estriol (E3).
 - Estrona: és la menys abundant de les tres hormones. La estrona és el estrogen predominant en les dones postmenopàusiques. Aquesta hormona es pot transformar en sulfat de estrona, una molècula que actua com a reserva ja que pot convertir-se, si cal, en un estrogen més actiu, l'estradiol.
 - Estradiol: aquesta hormona és al voltant de 10 vegades més potent que la estrona i al voltant de 80 vegades més potent que l'estriol en els seus efectes estrogènics. A excepció de la fase primerenca fol·licular del cicle menstrual, la seva concentració sanguínia és una mica més alta que la de l'estrona durant els anys reproductius de la dona . L'estradiol també es troba present en els homes, sent produïda com un metabòlit actiu de la testosterona per l'enzim aromatasa . Els nivells d'estradiol en els homes (8-40 picograms/ml) són més o menys comparables als d'una dona postmenopàusica. L'estradiol no només té un impacte crític en el funcionament sexual i reproductiu , sinó que també afecta a altres òrgans , incloent els ossos.
 - Estriol: aquest només es produeix en quantitats considerables durant l'embaràs, ja que es realitza mitjançant un component de la placenta(16-OH DHEAS).

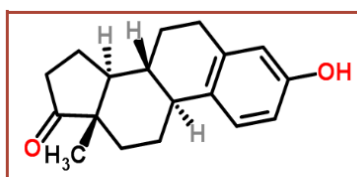
Els nivells d'estriol en les dones no embarassades no canvien molt després de la menopausa, i aquests nivells no són significativament diferents als dels homes.

— No esteroides

s'han identificat una varietat de substàncies sintètiques i naturals que també posseeixen una activitat estrogènica. ⁽¹²⁹⁾

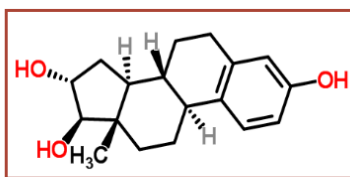
- Les substàncies sintètiques d'aquest tipus es coneixen com xenoestrògens.
- Aquells productes d'origen vegetal amb activitat estrogènica són anomenats fitoestrògens.
- Les produïdes per fongs són conegudes com micoestrògens.

A diferència dels estrògens produïts pels mamífers, aquestes substàncies no són necessàriament esteroides.



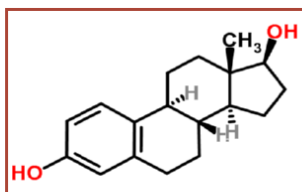
Il·lustració 7: estructura de l'Estrona.

Font <http://www.chemspider.com/> (consultat 10/1/2014)



Il·lustració 8: Estructura de l'estriol

Font: <http://www.chemspider.com/> (consultat el 10/1/2014)



Il·lustració 9: Estructura de l'estradiol

Font <http://www.chemspider.com/> (consultat 10/1/2014)

1.4.3. Formació

Els estrògens, en les dones, es formen principalment als ovaris, i durant l'embaràs a la placenta. L'hormona estimulant del fol·licle (FSH) estimula la producció ovàrica de estrògens a través de les cèl·lules granuloses dels fol·licles ovàrics del cos luti. Alguns estrògens també són produïts en quantitats més petites en altres teixits, com el fetge, les glàndules suprarenals i els pits. Aquestes fonts secundàries d'estrògens són especialment importants en les dones postmenopàusiques.

Les cèl·lules greixoses també produeixen estrògens. ⁽¹³⁰⁾

En les dones, la síntesi d'aquesta hormona comença als ovaris, amb la síntesi de androstenediona a partir del colesterol. L'androstenediona serveix principalment com a precursor per als andrògens més potents, per exemple la testosterona o els estrògens. Els nivells d'estrogen en les femelles humanes varien durant el cicle menstrual, amb nivells més alts cap al final de la fase fol·licular, just abans de l'ovulació.

1.4.4. Efectes fisiològics i psíquics

Els estrògens indueixen a fenòmens de proliferació cel·lular sobre els òrgans, principalment l'endometri, els pits i l'ovari. Els estrògens tenen certs efectes preventius davant malalties cerebrovasculars i de l'endometri, també actuen coordinadament amb els gestàgens, una altra classe d'hormona sexual femenina la qual afavoreix els fenòmens de maduració.

La major concentració d'estrògens es dona durant els primers 7 dies del cicle menstrual. Els estrògens actuen en diversos grups cel·lulars de l'organisme, especialment en alguns relacionats amb l'activitat sexual, el cervell, amb la funció endocrina i també la neurotransmissora.

Al regular el cicle menstrual, aquestes hormones afecten al tracte reproductiu, al urinari, als vasos sanguinis i al cor, als ossos, a les mames, a la pell, als cabells, a les membranes mucoses, als músculs pèlvics i al cervell. Els caràcters sexuals secundaris, com el borrisol púbic i l'axil·lar també comencen a desenvolupar-se quan els nivells d'estrogen augmenten. Molts dels sistemes orgànics, incloent els sistemes musculoesquelètic, cardiovascular, i el cervell, es veuen afectats pels estrògens.

Funcions principals:

- Influeixen en el metabolisme dels greixos i el colesterol de la sang. Gràcies a l'acció dels estrògens els nivells de colesterol es mantenen baixos i faciliten la producció del "colesterol bo".
- Ajuda a distribuir el greix corporal, formant la silueta femenina: amb més acumulació del greix en els malucs i els pits.
- Contraresten l'acció d'altres hormones com la paratiroidal (PTH), que promouen la resorció òssia, fent que l'os es faci fràgil i porós. Actua sobre el metabolisme de l'os, impedit la pèrdua de calci de l'os i mantenint la consistència de l'esquelet.
- El descens d'estrògens afecta al comportament emocional de la dona provocant canvis d'humor, irritabilitat, depressió.
- L'augment dels estrògens incentiva els sentiments de poder i competència entre les dones tal com han demostrat alguns estudis recents.⁽¹⁴⁹⁾
- Malgrat la idea difosa que els estrògens no influeixen en l'excitació ni en l'orgasme en la dona, estudis recents han determinat que sí influeixen en el desig sexual.
- Tenen un paper important en la formació del col·lagen, un dels principals components del teixit connectiu.
- Estimulen la pigmentació de la pell sobretot en zones com mugrons, arèoles i genitals.

— Mecanisme d'acció

En la seva funció endocrina, els estrògens travessen la membrana cel·lular per arribar al nucli, on s'encarreguen d'activar o desactivar determinats gens, regulant la síntesi de proteïnes.

– **Desenvolupament fetal**

En els rosegadors, els estrògens juguen un paper important en la diferenciació psicosexual, per exemple, actuen masculinitzant el comportament territorial; ⁽¹³¹⁾ el mateix no es compleix en els humans ⁽¹³²⁾. En els éssers humans els efectes masculinitzants dels andrògens prenatals en la conducta (i altres teixits, amb la possible excepció dels ossos) semblen actuar exclusivament a través del receptor d'andrògens. ⁽¹³³⁾ Com a resultat d'això, la utilització dels models basats en els rosegadors per a l'estudi de la diferenciació psicosexual humana ha estat qüestionada ⁽¹³⁴⁾.

– **El estrogen i malalties cardíques**

Les dones pateixen menys de malalties del cor a causa de l'acció vasculo-protectora dels estrògens que ajuda en la prevenció de l'arteriosclerosi ⁽¹³⁵⁾. També ajuda a mantenir el delicat equilibri entre la lluitar contra les infeccions i protegir les artèries dels danys, reduint així el risc de patir malalties cardiovasculars ⁽¹³⁶⁾⁽¹³⁷⁾.

– **Paper immunològic**

Els estrogen tenen propietats antiinflamatòries i ajuden en la mobilització de les cèl·lules polimorfonuclears blanques de la sang també anomenades, neutròfils. ⁽¹³⁶⁾

– **Salut mental**

Els estrògens es considera que tenen un paper important en la salut mental de les dones. La retirada sobtada d'estrògens o estrògens fluctuants, i els períodes en els quals disminueix la concentració d'estrògens es correlacionen amb una disminució significativa de l'estat d'ànim.

La recuperació clínica de la depressió soferta en el postpart, la perimenopausa i la postmenopausa ha tingut lloc després de que els nivells d'estrògens s'haguessin estabilitzat i / o restaurat. ^{(138) (139)}

Les compulsions en ratolins mascles de laboratori, com aquells que tenen un trastorn obsessiu-compulsiu (TOC), poden ser causades per un reduït nivell d'estrògens.

Quan els nivells d'estrògens es mesuraven a través de l'augment de l'activitat de l'enzim aromatasas en els ratolins mascles de laboratori, els símptomes del TOC es van reduir dràsticament.

Els nivells de proteïnes hipotalàmiques en el gen de la COMT (Catecol-O-metiltransferasa) es veuen millorats mitjançant l'augment dels nivells d'estrogen, ja que es creu que serveix per a retornar a una activitat normal als ratolins que pateixen (TOC). En última instància, se sospita que les

deficiències en l'aromatasa, està implicada en la síntesi d'estrògens en les persones i té implicacions terapèutiques en els humans que estan afectats per el trastorn obsessiu-compulsiu⁽¹⁴⁰⁾. L'aplicació local d'estrògens en l'hipocamp de les rates va mostrar que aquests inhibien la recaptació de serotonina. Contràriament, l'aplicació local d'estrògens també va mostrar que aquests bloquejaven la capacitat de la fluvoxamina de frenar la depuració de la serotonina, el que suggereix que les mateixes vies que estaven implicades en l'eficàcia dels SSRI (Inhibidors de la recaptació selectiva de serotonina) també es poden veure afectades pels components de les vies de senyalització dels estrògens locals.⁽¹⁴¹⁾

1.5. La hipòtesi de Manning

La idea que les petites diferències entre la divisió de les longituds del 2n i 4t dit en els humans (la raó digital 2D:4D) reflecteixi les diferències en la quantitat d'andrògens rebuts durant la gestació, ha tingut una gran impacte en el món de la biologia i les ciències bioconductuals. Aquest índex digital és àmpliament utilitzat per investigar la participació dels andrògens prenatals en la diferenciació sexual d'alguns trets físics i psicològics.

La validesa d'aquests estudis es basa en la premissa que les diferències individuals en la mida de la raó 2D:4D són un reflex dels nivells d'andrògens fetals rebuts durant la gestació i per tant són lleugerament diferents en cada persona, és a dir, la raó digital depèn de la dosi rebuda.

Malgrat la seva àmplia i ràpida acceptació per part dels investigadors, les evidències clíniques encara han de confirmar que la gradació individual en els índex digitals denoti diferències depenent de l'acció que hagi tingut la testosterona en la gestació. La clau que permet sustentar que la raó digital es veu afectada per la testosterona prenatal, i l'índex digital és lleugerament diferent entre els individus depenent de la quantitat a la que el fetus hagi estat exposat, és el descobriment, basat en un estudi realitzat a una petita mostra, en el que la magnitud de la raó 2D:4D està influenciada per la seqüència de repetició polimòrfica (CAG) a l'exó 1 del gen codificador del receptor d'andrògens.

En una mostra més gran i independent, es va reexaminar aquesta associació genètica entre el receptor d'andrògens, la repetició (CAG) i la raó 2D:4D, aquest cop no van poder justificar aquesta correlació. En combinació amb altres informes recents, aquestes dades qüestionen una de les peces fonamentals en la qual es recolza la hipòtesi de Manning i també plantegen noves qüestions en relació fins a quin punt la raó 2D:4D és un reflex vàlid dels diferents efectes de la testosterona fetal en els individus amb un desenvolupament normal.⁽²⁾

2. DESENVOLUPAMENT EXPERIMENTAL

2.1. Objectius

Els objectius de la part experimental del treball han estat els següents:

- 1) Comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els homes i les dones d'edats compreses entre els 16 i 18 anys són diferents.
- 2) Comprovar si la mitjana de les raons digitals de les persones que cursen al batxillerat artístic són diferents a les mitjanes dels estudiants de l'humanístic.
- 3) Comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els alumnes que cursen el batxillerat científic davant dels que cursen l'artístic/humanístic són diferents.
- 4) Comprovar si la mitjana de les raons digitals entre els alumnes que aparenten tenir interessos científics davant als que sembla que tinguin interessos artístics o humanístics són diferents.

2.2. Material i Mètodes

2.2.1. Realització de les fotocopies i escaneig de les mans

Els passos que he seguit són una adaptació del descrit per Manning⁽¹⁴²⁾ ⁽¹⁴³⁾ i han estat els següents:

1. Es seleccionava l'alumne/alumna. Quan s'enquestava als alumnes se'ls informava que les dades que ens subministraven serien tractades de forma confidencial i que els resultats obtinguts eren pel treball de recerca. Si l'alumne/a acceptava participar es realitzaven els següents passos.
2. S'identificava l'alumne.
3. Es col·locava la transparència que tenia una porció amb paper mil·limetrat damunt del vidre de la fotocopidora.
4. Es situaven ambdues mans sobre de la transparència.
5. Es cobrien les dues mans amb paper d'alumini. El paper d'alumini havia estat prèviament arrugat i posteriorment aplanat.
6. Una tela gruixuda que impedia passar la llum, recobria el paper d'alumini les mans i la transparència.
7. Es realitzava la fotocòpia.
8. Es comprovava que la fotocòpia fos a priori nítida i clara. S'anotava al revers de la fotocòpia el nom de l'alumne.
9. Es feia una enquesta relacionada amb els seus interessos i preferències pel que feia al al tipus d'estudis que preferien (vegeu l'apartat de l'enquesta 2.2.5.).

10. Després s'escrivia a la vora inferior dreta de la fotocòpia la classe i el número de l'alumne amb un retolador platejat.
11. S'escanejava la fotocòpia i la imatge es passava al format jpg.
12. Finalment es canviava el nom de la imatge i se li atorgava un nom format per la classe i el número de l'alumne com a mínim amb dos dígit (per que fos fàcil de localitzar-lo posteriorment, p. ex.: A01)

La fotocopidora emprada ha estat una KONICA MINOLTA Bizhub 162, de sis anys d'antiguitat, utilitzada habitualment pels alumnes de l'institut, que pertany a l'empresa de lloguer Taemsa. La qual només realitza fotocopies en blanc i negre.

2.2.2. Lectura de les longituds dels dits

1. Es mesurava un centímetre del paper mil·limetrat que estava superposat a la imatge escanejada, per tal de comprovar que no hi hagués cap tipus de deteriorament en el calibratge de la fotocopidora i de l'escàner. Les imatges escanejades presentaven una mida menor a la real.
2. Es realitzava l'amidament de la distància entre la base fins la punta del dit, només als dits 2 (índex) i 4 (anular) de la mà dreta i de l'esquerra. Es va treballar sobre la imatge utilitzant un software adequat. El mesurament es feia de forma manual per a cada imatge.
3. Una vegada efectuades totes les mesures de totes les imatges es va procedir a repetir una nova tanda de mesuraments.

Els mesuraments han estat realitzats per una sola persona (jo) amb la finalitat d'evitar la variabilitat entre lectors ⁽¹⁴²⁾ i el possible biaix que tingués la lectura fos igual per a tots els mesuraments. S'ha emprat l'escàner: HP Deskjet F4500, i el software d'amidament d'imatges: Motic Images Plus 2.0 ML

2.2.3. Comprovació de la variabilitat del lector

Per tal de comprovar quin efecte té la persona que efectua manualment la lectura de les longituds dels dits, es va calcular la desviació estàndard per tal de comparar-la amb les desviacions típiques dels grups de comparació (vegeu l'apartat 2.2.7.) ⁽¹⁴⁴⁾. Per a això es van escollir aleatòriament 4 imatges de fotocòpies escanejades. Els alumnes van ser numerats i es va accedir a RANDOM.ORG que genera en línia nombres "veritablement" aleatoris. La lectura de les 4 imatges va ser repetida 4 vegades, cadascuna d'elles en sèries diferents de lectura. Per a cada imatge seleccionada es van calcular la seva mitjana i desviació estàndard. La desviació estàndard obtinguda va ser comparada amb la desviació estàndard de cada grup de comparació per a totes els raons digitals calculades (vegeu l'apartat 2.2.6.).

2.2.4. Trasllat de la informació a una base de dades

Es va confeccionar una taula dins de la base de dades amb les variables que contindria la informació de la lectura de la longitud dels dits i les dades de l'enquesta, corresponent a:

- Nom:
- cognom1:
- cognom2:
- Classe: A, B, C, D, E, F, G, H
- Número de l'alumne:
- Races: Caucasiana, Xinesa
- Si contesta l'enquesta: S (Sí) N (No)
- Sexe: H (Home) D (Dona)
- Clau (és la identificació interna de l'alumne):
- S1D4: Primera lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del quart dit de la mà dreta .
- S1D2: Primera lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del segon dit de la mà dreta.
- S1E4: Primera lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del quart dit de la mà esquerra.
- S1E2: Primera lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del segon dit de la mà esquerra.
- S2D4: Segona lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del quart dit de la mà dreta.
- S2D2: Segona lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del segon dit de la mà dreta .
- S2E4: Segona lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del quart dit de la mà esquerra.
- S2E2: Segona lectura de la distància en centímetres des de la base fins a la punta del segon dit de la mà esquerra.
- RES: Resposta a la pregunta 1 de l'enquesta: Perquè has triat la modalitat de batxillerat ?
- RES2: Resposta a la pregunta 2 de l'enquesta: En el seu conjunt, t'agraden les assignatures de la modalitat que has triat?
- RES3: Resposta a la pregunta 3 de l'enquesta: En el seu conjunt, se't donen bé les Assignatures de la modalitat escollida:
- RES4_1 : Primera assignatura preferida
- RES4_2 : Segona assignatura preferida

- RES4_3 : Tercera assignatura preferida
- RES4_4 : Quarta assignatura preferida

La base de dades utilitzada, ha estat: Access 2002 de Microsoft.

2.2.5. Enquesta

1. Perquè has triat la modalitat de batxillerat?

- 1) M'agrada
- 2) Pares
- 3) Amics
- 4) Estudis Univ. que penso fer
- 5) No ho se
- 6) Altres motius. Especificar

2. En el seu conjunt, t'agraden les assignatures de la modalitat que has triat?

- 1) Sí, molt
- 2) Sí, quelcom
- 3) Regular
- 4) No massa
- 5) Res

3. En el seu conjunt, se't donen bé les assignatures de la modalitat escollida?

- 1) Sí, molt
- 2) Sí, quelcom
- 3) Regular
- 4) No massa
- 5) Res

4. De totes les assignatures (obligatòries i optatives) que estàs cursant, Quines són les teves tres preferides?

Aquesta enquesta permet conèixer la opinió que tenen els alumnes respecte a les seves respectives modalitats de batxillerat.

2.2.6. Obtenció dels resultat de l'amidament, diferències en els mesuraments i les raons digitals

Les dades introduïdes en la base de dades han estat posteriorment exportades a una fulla excel de Microsoft 2002 on s'han realitzat els càlculs necessaris per tal d'obtenir:

- **La diferència en els mesuraments entre les sèries**

dif_d2d. És la diferència de la longitud del segon dit de la mà dreta entre les sèries de mesura 1 i 2: $s1d2-s2d2$.

dif_d4d. És la diferència entre la longitud del dit 4 de la mà dreta entre les sèries de mesura 1 i 2: $s1d4-s2d4$.

dif_d2e. És la diferència entre la longitud del dit 2 de la mà esquerra entre les series de mesura 1 i 2: $s1e2-s2e2$.

dif_d4e. És la diferència entre la longitud del dit 4 de la mà esquerra entre les sèries de mesura 1 i 2: $s1e4-s2e4$

— **Resultats de mesura**

d2d. Mitjana de les longituds del dit 2 de la mà dreta extreta a partir de les dues sèries de mesuraments: $d2d=(s1d2+s2d2)/2$.

D4d. Mitjana de les longitud del dit 4 de la mà dreta extreta a partir de les dues sèries de mesuraments: $d4d=(s1d4+s2d4)/2$.

d2e. Mitjana de les longitud del dit 2 de la mà esquerra extreta a partir de les dues sèries de mesuraments: $d2e=(s1e2+s2e2)/2$.

d4e. Mitjana de les longitud del dit 4 de la mà esquerra extreta a partir de les dues sèries de mesuraments: $d4e=(s1e4+s2e4)/2$.

— **Raons digitals (2D:4D)**

• **Directes**

Rd: Raó entre la mitjana de les longituds del dit 2 de la mà dreta (extreta a partir de les dues sèries de mesurament) i la mitjana de les longituds del dit 4 de la mà dreta (extreta a partir de les dues sèries de mesurament): $d2d/d4d$.

Re: Raó entre la mitjana de les longituds del dit 2 de la mà esquerra (extreta a partir de les dues sèries de mesurament) i la mitjana de les longituds del dit 4 de la mà esquerra (extreta a partir de les dues sèries de mesurament): $d2e/d4e$.

• **Indirectes**

Rm: Mitjana de les raons Rd i Re: $Rm=(Rd+Re)/2$.

DRd-Re: Diferència entre els raons digitals Rd i Re; $DRd-Re= Rd -Re$. ⁽¹⁴⁵⁾

Les figures (gràfiques) de les enquestes es van realitzar amb el LibreOffice, versió 4.0.5.2

2.2.7. Selecció dels grups de comparació.

Les mostres han estat seleccionades en funció del sexe dels alumnes, la classe en la que estudien i segons les seves respostes en la enquesta. A partir d'aquesta classificació s'han obtingut un total de 15 mostres o grups de comparació.

Nº	Mostra	Definició
[1]	Principal	La mostra principal està formada per tots els alumnes de 2º de Batxillerat de l'Institut Martí i Franquès de Tarragona que voluntàriament han permès que se'ls hi fes una fotocòpia de les seves mans i que han contestat a la enquesta. De la mostra s'han descartat aquelles persones que no són de raça caucasiana per a que la mostra fos homogènia.⁽¹¹⁸⁾ També s'han eliminat aquelles dades en les que s'han observat grans diferències entre els mesuraments de les longituds en les dues sèries (dif_d2d, dif_d4d, dif_d2e o dif_d4e) Aquestes grans diferències entre els mesuraments de les longituds segurament són degudes a la mala qualitat de la fotocòpia i el posterior escaneig que podien donar lloc a errors.
[2]	Dones	Són el conjunt de dones que formen part de la mostra principal
[3]	Homes	Són el conjunt d'homes que formen part de la mostra principal
[4]	Dones batxillerat científic	És la mostra de dones de les classes A, B, C i D
[5]	Dones batxillerat humanístic	És la mostra de dones de les classes E i F
[6]	Dones Batxillerat artístic	És la mostra de dones de les classes G i H
[7]	Dones batxillerat artístic i humanístic	És la mostra de dones de les classes E, F, G i H
[8]	Homes batxillerat científic	És la mostra d'homes de les classes A, B, C i D
[9]	Homes batxillerat humanístic	És la mostra d'homes de les classes E i F
[10]	Homes batxillerat artístic	És la mostra d'homes de les classes G i H
[11]	Homes batxillerat	És la mostra d'homes de les classes E, F, G i H

	artístic i humanístic	
[12]	Dones batxillerat científic amb el perfil	És la mostra de dones de les classes A, B, C i D, que tenen un perfil definit segons la enquesta. En el perfil estan inclosos tots aquells que compleixen les següents condicions: - haver contestat a la pregunta: Perquè has triat la modalitat de batxillerat? 1) M'agrada o 4) Estudis Universitaris que vull estudiar - haver contestat a la pregunta: En el seu conjunt, t'agraden les assignatures de la modalitat que has triat? 1) Sí, molt o 2) Sí, quelcom - haver contestat a la pregunta: En el seu conjunt, se't donen bé les assignatures de la modalitat triada? 1) Sí, molt o 2) Sí, quelcom 3) Regular - haver escollit dues assignatures preferides que s'adeqüin amb la modalitat de batxillerat corresponent.
[13]	Dones Batxillerat artístic o humanístic amb el perfil	És la mostra de dones de les classes E, F, G i H que tenen un perfil definit segons l'enquesta (perfil idèntic al senyalat a la mostra [12]).
[14]	Homes batxillerat científic amb el perfil	És la mostra d'homes de les classes A, B, C i D, que tenen un perfil definit segons la enquesta (perfil idèntic al senyalat a la mostra [12]).
[15]	Homes batxillerat artístic o humanístic amb el perfil	És la mostra de homes de les classes E, F, G i H, que tenen un perfil definit segons la enquesta (perfil idèntic al senyalat a la mostra [12])

La composició dels grups de comparació ha estat dissenyada amb l'objectiu de poder confrontar-los. Hi ha autors que han trobat diferències entre les raons digitals de les dones i el homes. ⁽⁵⁾

2.2.8. Anàlisi estadístic de les raons digitals

Amb la finalitat de comprovar la tesis del projecte d'investigació, s'han realitzat proves de hipòtesis ⁽¹⁴⁶⁾. S'ha pres com a hipòtesi nul·la, que la diferència entre dos mitjanes de dos mostres donades sigui zero, perquè provenen d'una mateixa població. Si aplicant l'estadístic oportú això no es confirma (sempre i quant compleixi un cert nivell de significació), acceptarem la hipòtesi alternativa que és: que si hi ha diferència entre les mitjanes de les mostres.

És a dir:

Hipòtesi nul·la: La diferència entre les dues mitjanes obtingudes és zero.

Hipòtesi alternativa: La diferència entre les dues mitjanes és diferent de zero.

La hipòtesi nul·la s'analitza en funció de l'estadístic $t^{(146)}$ que s'ha calculat així:

$$t = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{s_{X_A - X_B}} \quad s_{X_A - X_B} := \sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$$

sent:

$S_{X_A - X_B}$ Error estàndard de la diferència

X_a Mitjana de la mostra A

X_b Mitjana de la mostra B

S_1 Desviació estàndard de la mostra A

S_2 Desviació estàndard de la mostra B

S Desviació estàndard de la mescla

$$s := \sqrt{\frac{(N_1 - 1)s_1^2 + (N_2 - 1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

N_1 Nombre de dades que componen la mostra A

N_2 Nombre de dades que componen la mostra B

gl Graus de llibertat $N_1 + N_2 - 2$.

És el nombre de subjectes de la mostra que poden agafar un valor de manera lliure menys el nombre de subjectes. El valor dels quals dependrà dels que agafin els membres de la mostra que són lliures.

En el cas de calcular únicament la mitjana de la mostra A el nombre de graus de llibertat és de $N_1 - 1$ perquè coneixent la mitjana i tots els resultats menys un, podríem conèixer el valor que falta de la sèrie. Quan treballem amb la mostra A i B el nombre de graus de llibertat seria $N_1 - 1 + N_2 - 1 = N_1 + N_2 - 2$

El valor t es compara amb un valor de referència basat en el nombre de graus de llibertat (gl) i el nivell de significació. Aquest valor de referència s'obté a partir de la distribució t de Student.

La distribució t de Student és una distribució de probabilitat que sorgeix del problema de estimar la mitjana d'una població normalment distribuïda quan la dimensió de la mostra és petita (com serà el nostre cas).

Per a la raó digital R_d les hipòtesis que es contrastaran són:

	Hipòtesi nul·la	Hipòtesi alternativa
{1}	La diferència entre la mitjana de la raó digital R_d de les dones [2] i la dels homes [3] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital R_d de les dones i la dels homes és distinta de zero.
{2}	La diferència entre la mitjana de la raó digital	La diferència entre la mitjana de la raó digital R_d de

	Rd de les dones que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [5] i la de les dones del batxillerat artístic (classe G i H) [6] és zero.	les dones que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [5] i la del batxillerat artístic (classe G i H) [6] és distinta de zero.
{3}	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd de les dones que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [4] i la de les dones del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [7] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd de les dones que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [4] i la de les dones del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [7] és distinta de zero.
{4}	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd que pertany a un grup seleccionat de alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] i un grup seleccionat de alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd que pertany a un grup seleccionat de alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] i un grup seleccionat de alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13] és distinta de zero.
{5}	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [9] i la dels homes del batxillerat artístic (classe G i H) [10] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [9] i la dels homes del batxillerat artístic (classe G i H) [10] és distinta de zero.
{6}	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] i els que realitzen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] i els que realitzen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11] és distinta de zero.
{7}	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que pertanyen a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [14] i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [15] és zero.	La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que pertanyen a un grup seleccionat de alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) és distinta de zero.

Les hipòtesis també són provades per les raons digitals Re, Rm i DRd-Re. Això significa que s'han realitzat 28 proves de hipòtesis en total.

Per poder utilitzar l'estadístic t és necessari comprovar que les variàncies de les dos mostres no són diferents. La variància és la desviació típica al quadrat. La prova que s'aplica és el test F de Snedecor ⁽¹⁴⁶⁾. L'estadístic F obtingut es pot aconseguir a partir de les dos mostres:

$$F = ((Sx^2)/(Sy^2))$$

sent:

S_x^2 Variància més gran entre S_1 i S_2

S_y^2 Variància més petita entre S_1 i S_2

El valor F es compara amb un valor de referència basat en el nombre de graus de llibertat de la mostra x i de la mostra y , així com del nivell de significació. Aquest valor de referència s'obté a partir de la distribució F de Fisher-Snedecor.

La hipòtesi nul·la seria que les variàncies de les dos mostres que es comparen fossin iguals. Les hipòtesis que han estat contrastades utilitzant el test F per a la raó digital R_d són:

	Hipòtesi nul·la	Hipòtesi alternativa
<1>	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones [2] és igual a la dels homes [3].	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones [2] no és igual a la dels homes [3].
<2>	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [5] és igual a la de les dones del batxillerat artístic (classe G i H) [6]	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que realitzen el batxillerat de humanístic (classe E i F) [5] no és igual a la de les dones del batxillerat artístic (classe G i H) [6]
<3>	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [4] és igual a la de les que realitzen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [7].	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [4] no és igual a la de les que realitzen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [7].
<4>	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que pertanyen a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] és igual a la del grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13]	La desviació estàndard de la raó digital R_d de les dones que pertanyen a un grup seleccionat de alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] no és igual a la del grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13]
<5>	La desviació estàndard de la raó digital R_d dels homes que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [9] és igual a la dels homes que cursen el batxillerat artístic (classe G i H) [10]	La desviació estàndard de la raó digital R_d dels homes que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [9] no és igual a la dels homes que cursen el batxillerat artístic (classe G i H) [10]
<6>	La desviació estàndard de la raó digital R_d dels homes que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] és igual a la dels homes que cursen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11].	La desviació estàndard de la raó digital R_d dels homes que realitzen batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] no és igual a la dels homes que cursen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11].

<7>	La desviació estàndard de la raó digital Rd del homes que pertanyen a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A,B,C i D) [14] és igual a la del grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [15].	La desviació estàndard de la raó digital Rd del homes que pertanyen a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A,B,C i D) [14] no és igual a la del grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [15].
-----	---	--

Les hipòtesis per a la igualtat de variàncies també s'han provat per les raons digitals Re, Rm i DRd-Re. Això significa que s'han realitzat 28 proves de hipòtesis en total.

Els càlculs necessaris per a comprovar les hipòtesis s'han realitzat amb l'ajuda del full de càlcul de Microsoft Excel 2002 utilitzant les funcions:

=CONTAR(grup) per al càlcul del nombre de dades de la mostra

=PROMEDIO(grup) per al càlcul de la mitjana

=DESVEST(grup) par al càlcul de la desviació estàndard

=DISTR. T(valor de l'estadístic t ; graus de llibertat; 2) per a veure la significació P de la prova t

=PROVA . F (valor de l'estadístic F :dades grup 1;dades grup 2) per a la significació P de la prova F

2.3. Resultats

El nombre d'alumnes que estan cursant 2º de batxillerat a l'INS Antoni de Martí i Franquès al curs 2013-2014 és de 238, amb edats compreses entre els 16 i els 18 anys. 153 d'ells van acceptar participar al treball lliurement, el que representa el 64%. D'aquests, 151 (99 %) són de raça caucasiana i 2 xinesa (1%). La recol·lecció de fotocopies de les mans i enquestes va ser realitzada des del 7 de Novembre fins al 19 de Desembre del 2013, abans de la obtenció de les notes del primer trimestre.

Dels 151, 138 (91,4%) no mostraven, a priori, problemes de lectura (deguts al escaneig de la fotocòpia), 13 (8,6%) d'ells si. D'aquests, 3 al ser revisats de nou, i al disminuir les diferències trobades entre les lectures, es van tornar a considerar vàlids per a prosseguir el treball. En total s'han considerat 141 alumnes per a la recerca.

A l'hora de fer les fotocopies s'ha emprat una plantilla transparent mil·limetrada que es posava sota de les mans. 1 cm real d'aquesta plantilla equivalia de 0,7990 a 0,8010 cm en totes les imatges de les fotocopies escanejades

La taula 1 mostra els resultats de la desviació estàndard trobada al repetir les mesures de 4 imatges seleccionades aleatòriament (les corresponents als alumnes F12, B19, E34 i F30).

Alumne		Raó digital Rd	Raó digital Ri
F12	Mitjana	1,0237	1,0195
	Desviació estàndard	0,0020	0,0022
B19	Mitjana	0,9905	1,0081
	Desviació estàndard	0,0075	0,0028
E34	Mitjana	0,9770	0,9826
	Desviació estàndard	0,0090	0,0112
F30	Mitjana	0,9946	0,9937
	Desviació estàndard	0,0068	0,0047
Desviació estàndard del lector (Mitjana de totes les desviacions estàndard)		0,0063	0,0052

Taula 1.

La taula 2 mostra el nombre d'alumnes que componen cada mostra o grup utilitzat per a comprovar les hipòtesis descrites.

Nº	Mostra	Número
[1]	Principal	141
[2]	Dones	80
[3]	Homes	61
[4]	Dones del batxillerat científic	31
[5]	Dones del batxillerat humanístic	33
[6]	Dones del batxillerat artístic	16
[7]	Dones del batxillerat artístic i humanístic	49
[8]	Homes del batxillerat científic	30
[9]	Homes del batxillerat humanístic	19
[10]	Homes del batxillerat artístic	33
[11]	Homes del batxillerat artístic i humanístic	31
[12]	Dones del batxillerat científic amb el perfil	25
[13]	Dones del batxillerat artístic o humanístic amb el perfil	49
[14]	Homes del batxillerat científic amb el perfil	27
[15]	Homes del batxillerat artístic o humanístic amb el perfil	24

Taula 2. Mostres o grups.

Les taules 3-6 presenten les proves de hipòtesis sobre els grups, utilitzant els valors de les raons digitals R_e , R_d , R_m i DR_d-R_e , inclouen: el nombre de dades de cada grup (N_1 N_2), la mitjana (X_a X_b), la desviació estàndard (S_1 S_2), la desviació estàndard mescla (S), l'error estàndard de la diferencia ($S_{X_a-X_b}$), el valor del

estadístic t i el seu nivell de significació (Pt) , el valor del estadístic F i el nivell de significació (Pf). Quan el nivell de significació de Pt o Pf es inferior o igual al 5% es senyala amb un asterisc.

Raó	Hipòtesi	Mostra	N ₁ N ₂	X _a X _b	S ₁ S ₂	S	S _{Xa-Xb}	t	Pt	F	Pf
Rd	{1}	Dones [2]	80	0,9984	0,0374	0,0341	0,0058	3,81	0,0002(*)	1,66	0,0421(*)
		Homes [3]	61	0,9764	0,0291						
Rd	{2}	D Bat. Hu.[5]	33	1,0171	0,0394	0,0357	0,0109	1,62	0,1128	1,36	0,4497
		D Bat. Ar.[6]	16	0,9995	0,0338						
Rd	{3}	D Bat. C. [4]	31	0,9877	0,0372	0,0366	0,0084	-2,09	0,0399(*)	1,05	0,8568
		D Bat. Hu. Ar. [7]	49	1,0053	0,0363						
Rd	{4}	D Bat. C. Per [12]	25	0,9811	0,0375	0,0367	0,009	-2,68	0,0090(*)	1,07	0,8216
		D Bat. Hu. Ar. Per [13]	49	1,0053	0,0362						
Rd	{5}	H Bat. Hu.[9]	19	0,967	0,0260	0,0303	0,0112	0,41	0,6843	1,95	0,2011
		H Bat. Ar.[10]	33	0,9716	0,0363						
Rd	{6}	H Bat. C. [8]	30	0,9842	0,0264	0,0282	0,0072	2,13	0,0376(*)	1,28	0,5074
		H Bat. Hu. Ar. [11]	31	0,9688	0,0299						
Rd	{7}	H Bat. C. Per [14]	27	0,9845	0,0281	0,0299	0,0084	1,86	0,0696	1,27	0,5510
		H Bat. Hu. Ar. Per [15]	24	0,9689	0,0317						

Taula 3. Raó digital Rd.

Raó	Hipòtesis	Mostra	N ₁ N ₂	X _a X _b	S ₁ S ₂	S	S _{Xa-Xb}	t	Pt	F	Pf
Re	{1}	Dones [2]	80	0,9972	0,0368	0,0338	0,0057	2,85	0,0051(*)	1,57	0,0698
		Homes [3]	61	0,9808	0,0294						
Re	{2}	D Bat. Hu.[5]	33	0,9974	0,0355	0,0381	0,0116	0,91	0,3673	1,46	0,3614
		D Bat. Ar.[6]	16	1,008	0,0429						
Re	{3}	D Bat. C. [4]	31	0,9914	0,0347	0,0367	0,0084	-1,12	0,2651	1,2	0,6020
		D Bat. Hu. Ar. [7]	49	1,0009	0,0380						
Re	{4}	D Bat. C. Per [12]	25	0,991	0,0362	0,0374	0,0092	-1,06	0,2932	1,11	0,8108
		D Bat. Hu. Ar. Per [13]	49	1,0007	0,0380						
Re	{5}	H Bat. Hu.[9]	19	0,9701	0,0366	0,0274	0,0368	0,00	0,9965	3,41	0,0208(*)
		H Bat. Ar.[10]	12	0,9710	0,0198						
Re	{6}	H Bat. C. [8]	30	0,991	0,0287	0,0278	0,0071	2,82	0,0066(*)	1,14	0,7273
		H Bat. Hu. Ar. [11]	31	0,971	0,0269						
Re	{7}	H Bat. C. Per [14]	27	0,9893	0,0288	0,0282	0,0079	2,46	0,0176(*)	1,09	0,8330
		H Bat. Hu. Ar. Per [15]	24	0,9698	0,0275						

Taula 4. Raó digital Re.

Raó	Hipòtesi	Mostra	N ₁ N ₂	X _a X _b	S ₁ S ₂	S	S _{Xa-Xb}	t	Pt	F	Pf
Rm	{1}	Dones [2]	80	0,9978	0,0341	0,0312	0,0051	3,62	0,0004(*)	1,59	0,0614
		Homes [3]	61	0,9786	0,0270						
Rm	{2}	D Bat. Hu.[5]	33	0,9985	0,0319	0,034	0,0104	1,36	0,1808	1,41	0,4022
		D Bat. Ar.[6]	16	1,0125	0,0379						
Rm	{3}	D Bat. C. [4]	31	0,9895	0,0326	0,0336	0,0077	-1,75	0,0838	1,11	0,7826
		D Bat. Hu. Ar. [7]	49	1,0031	0,0343						
Rm	{4}	D Bat. C. Per [12]	25	0,9861	0,0338	0,0341	0,0084	-2,02	0,0469(*)	1,03	0,9719
		D Bat. Hu. Ar. Per [13]	49	1,003	0,0343						
Rm	{5}	H Bat. Hu.[9]	19	0,9690	0,0347	0,0265	0,0098	0,24	0,8139	3,05	0,0349(*)
		H Bat. Ar.[10]	12	0,9713	0,0199						
Rm	{6}	H Bat. C. [8]	30	0,9876	0,0254	0,0257	0,0066	2,69	0,0092(*)	1,06	0,8861
		H Bat. Hu. A.r [11]	31	0,9699	0,026						
Rm	{7}	H Bat. C. Per [14]	27	0,9869	0,0266	0,0268	0,0075	2,33	0,0242(*)	1,04	0,9257
		H Bat. Hu. Ar. Per [15]	24	0,9694	0,0271						

Taula 5. Raó digital Rm.

Raó	Hipòtesi	Mostra	N ₁ N ₂	X _a X _b	S ₁ S ₂	S	S _{Xa-Xb}	t	Pt	F	Pf
DRd-Re	{1}	Dones [2]	80	0,0012	0,0294	0,0266	0,0045	1,27	0,2078	1,74	0,0265(*)
		Homes [3]	61	-0,004	0,0223						
DRd-Re	{2}	D Bat. Hu.[5]	33	0,0021	0,027	0,0287	0,0087	0,80	0,4269	1,42	0,3951
		D Bat. Ar.[6]	16	0,0091	0,0321						
DRd-Re	{3}	D Bat. C. [4]	31	-0,004	0,0304	0,0293	0,0067	-1,21	0,2317	1,13	0,6959
		D Bat. Hu. Ar. [7]	49	0,0044	0,0286						
DRd-Re	{4}	D Bat. C. Per [12]	25	-0,010	0,0291	0,0287	0,0071	-2,04	0,0445(*)	1,03	0,8930
		D Bat. Hu. Ar. Per [13]	49	0,0046	0,0286						
DRd-Re	{5}	H Bat. Hu.[9]	19	-0,004	0,0237	0,0232	0,0085	0,53	0,5988	1,12	0,8756
		H Bat. Ar.[10]	12	0,0006	0,0224						
DRd-Re	{6}	H Bat. C. [8]	30	-0,007	0,0218	0,0224	0,0057	-0,82	0,4159	1,11	0,7894
		H Bat. Hu. Ar. [11]	31	-0,002	0,0229						
DRd-Re	{7}	H Bat. C. Per [14]	27	-0,005	0,0203	0,0224	0,0063	-0,62	0,5358	1,45	0,3549
		H Bat. Hu. Ar. Per [15]	24	-0,0009	0,0245						

Taula 6. Raó digital DRd-Re.

La taula 7 conté una recopilació de les proves de significació de les diferències de les mitjanes obtingudes des de la taula 3 fins a la 6.

Hipòtesi	Rd	Re	Rm	DRd-Re
{1}		Sí	Sí	
{2}	No	No	No	No
{3}	Sí	No	No	No
{4}	Sí	No	Sí	Sí
{5}	No			No
{6}	Sí	Sí	Sí	No
{7}	No	Sí	Sí	No

Taula 7

Quan la significació (Pt) és menor del 0,05 consta "Sí", quan és superior consta "No" i quan no s'ha pogut calcular a causa de la no igualtat de les desviacions estàndard no apareix res.

Segons es mostra des de la taula 3 fins a la 6 a la columna Pf. les proves de significació per a comprovar les hipòtesis de la igualtat de variàncies utilitzant la *F* de Snedecor, han resultat positives per a tots els grups, tret per a la hipòtesi <1> (La desviació estàndard de la raó digital estudiada de les dones [2] és igual a la dels homes [3]) utilitzant la raó digital Rd, DRd-Re i per a la hipòtesi <5> (La desviació estàndard de la raó digital estudiada dels homes que realitzen el batxillerat humanístic (classe E i F) [9] és igual a la dels homes que cursen el batxillerat artístic) utilitzant la raó digital Re i la Rm. Això implica que no ha estat possible fer la comprovació de la hipòtesi i per tant s'ha d'assumir la igualtat de mitjanes per aquestes comparacions.

Si s'analitzen els resultats de les hipòtesis de les mitjanes per a cada una de les raons digitals tenim:

a) Rd

Les hipòtesis alternatives que han estat acceptades són la {3} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd de les dones que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [4] i la de les dones del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [7] és distinta de zero.*), {4} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd que pertany a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13] és distinta de zero*) i {6} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd dels homes que estudien el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] i el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11] és distinta de zero*). Per a la resta ({2}, {5}, i {7}), s'han acceptat les hipòtesis nul·les, es ha dir la igualtat de mitjanes del grup. La hipòtesi {1} no ha pogut ser calculada perquè les desviacions estàndards són iguals.

b) Re

Amb aquesta raó digital, únicament han estat acceptades les hipòtesis alternatives de les comparacions {6} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital Re dels homes que estudien el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] i la dels homes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11] és distinta de zero*) i {7} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital Re dels homes que pertanyen a un grup seleccionat*

d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [14] i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [15] és distinta de zero.)

Per a la resta de comparacions {1} {2} {3} {4} {5} {6} i {7} s'accepta la hipòtesi nul·la i s'ha d'assumir la igualtat de les mitjanes.

c) Rm

Les hipòtesis alternatives que han estat acceptades són la {1} (La diferència entre la mitjana de la raó digital Rm, de les dones [2] i la dels homes [3] és distinta de zero.), la {4} (La diferència entre la mitjana de la raó digital Rd que pertany a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13] és distinta de zero.), la {6} (La diferència entre la mitjana de la raó digital Rm dels homes que realitzen el batxillerat científic (classes A, B, C i D) [8] i la dels que realitzen el batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [11] és distinta de zero) i la {7} (La diferència entre la mitjana de la raó digital Rm dels homes que pertany a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) i un grup seleccionat de alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) és distinta de zero).

d) DRd-Re

Utilitzant aquesta raó digital, únicament s'accepta la hipòtesi alternativa de la comparació {4} (La diferència entre la mitjana de la raó digital DRd-Re que pertany a un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat científic (classes A, B, C i D) [12] i un grup seleccionat d'alumnes del batxillerat humanístic o artístic (classes E, F, G i H) [13] és distinta de zero.)

Para a la resta d'hipòtesis {1} {2} {3} {5} {6} i {7} s'accepta la hipòtesi nul·la i per tan la igualtat de les mitjanes.

La taula 8 és la recopilació dels valors de les desviacions estàndard de les Taules 3-6 per tal de poder-les comparar amb la desviació estàndard de la lectura.

Mostra	Rd	Re
	S1 o S2	S1 o S2
Dones [2]	0,0374	0,0368
Homes [3]	0,0291	0,0294
D Bat. Hu.[5]	0,0394	0,0355
D Bat. Ar.[6]	0,0338	0,0429
D Bat. C. [4]	0,0372	0,0347
D Bat. Hu. Ar. [7]	0,0362	0,038
D Bat. C. Per [12]	0,0375	0,0362
D Bat. Hu. Ar. Per [13]	0,0362	0,038

H Bat. Hu.[9]	0,026	0,0366
H Bat. Ar.[10]	0,0363	0,0198
H Bat. C. [8]	0,0264	0,0287
H Bat. Hu. Ar. [11]	0,0299	0,0269
H Bat. C. Per [14]	0,0281	0,0288
H Bat. Hu. Ar. Per [15]	0,0317	0,0275
Mitjana	0,0332	0,0328

Taula 8

Les Figures 1-3 són els diagrames circulars obtinguts de les tres primeres preguntes de les enquestes, considerant els resultats de la mostra principal [1], mentre que la Figura 4 es correspon amb les respostes a la pregunta 4 dels alumnes d'ambdós sexes que cursen el batxillerat científic, la Figura 5 per als de l'humanístic i la Figura 6 per als de l'artístic.

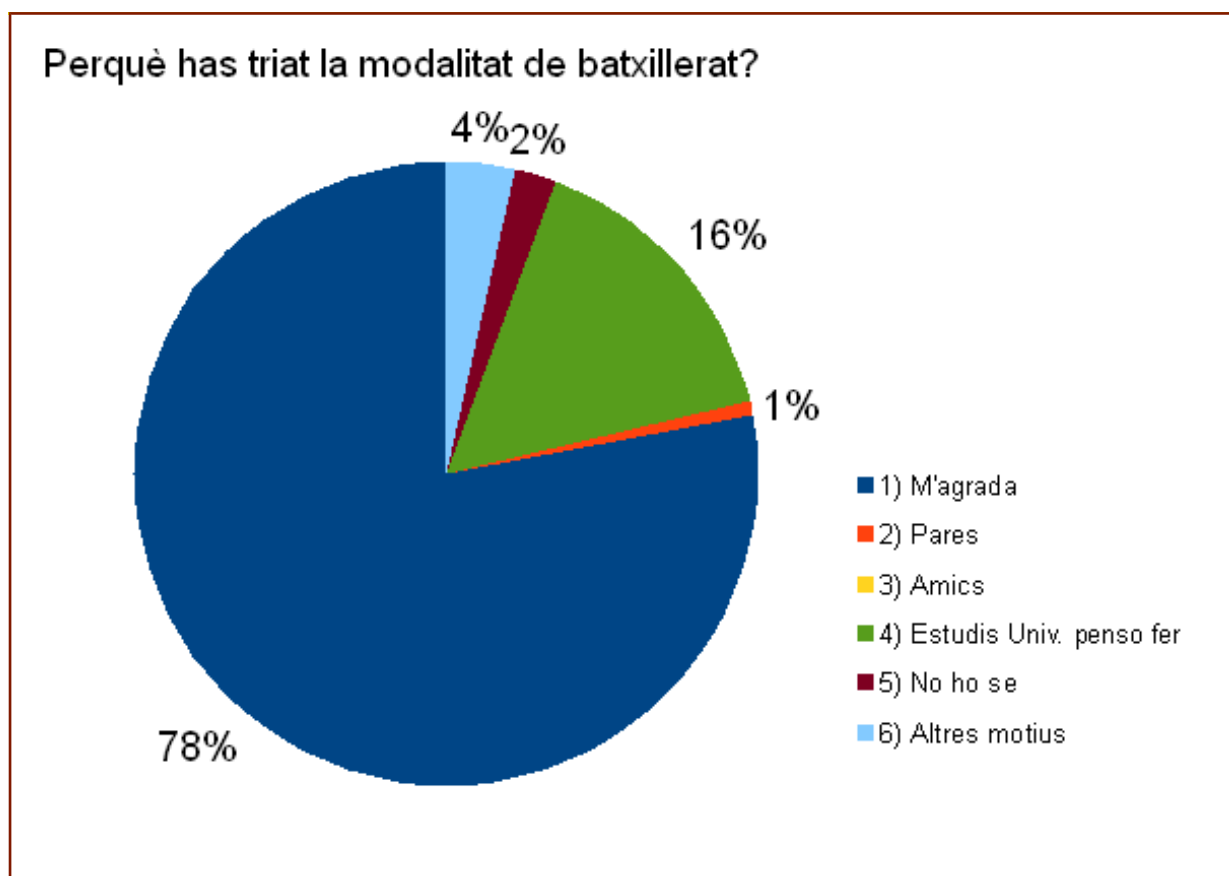


Figura 1

En el seu conjunt, t'agraden les assignatures de la modalitat que has triat?

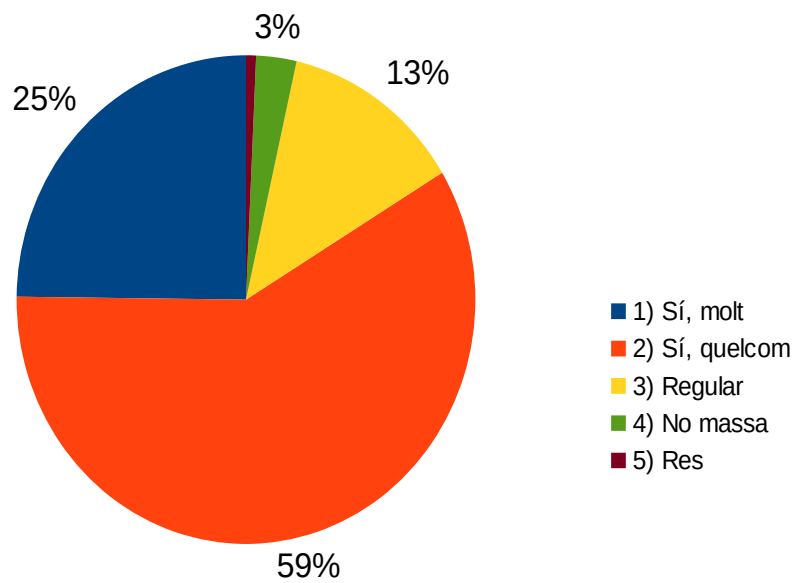


Figura 2

En el seu conjunt, se't donen bé les assignatures de la modalitat triada?

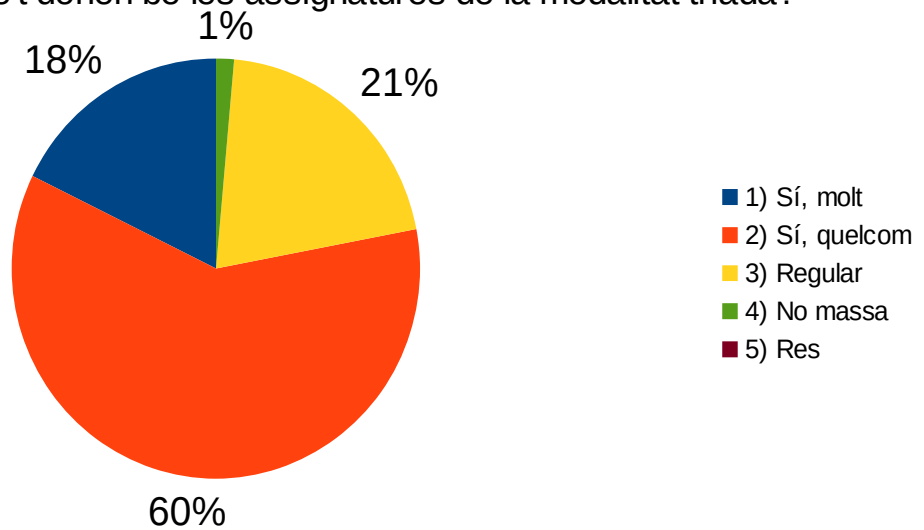


Figura 3

De totes les assignatures (obligatòries i optatives) que estàs cursant,
Quines són les tres preferides?. Classes A, B, C i D

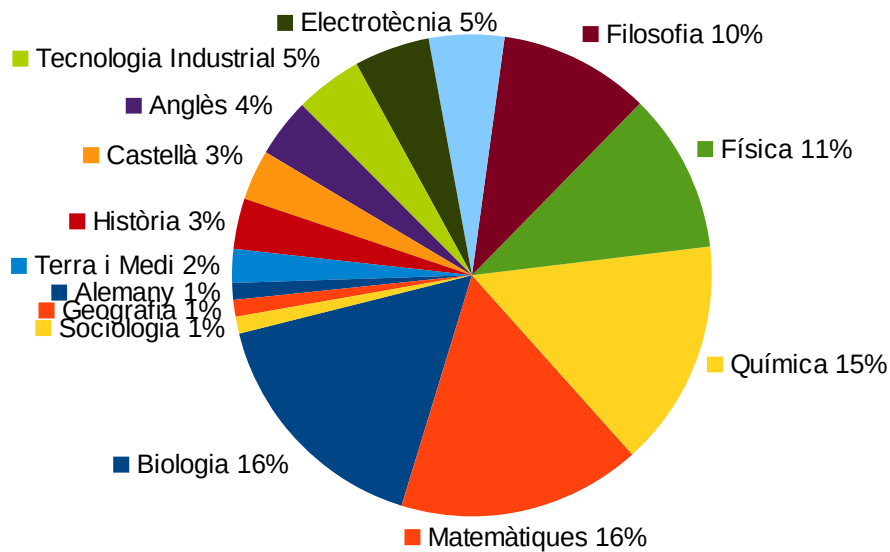


Figura 4

De totes les assignatures (obligatòries i optatives) que estàs cursant,
Quines són les tres preferides?. Classes E i F

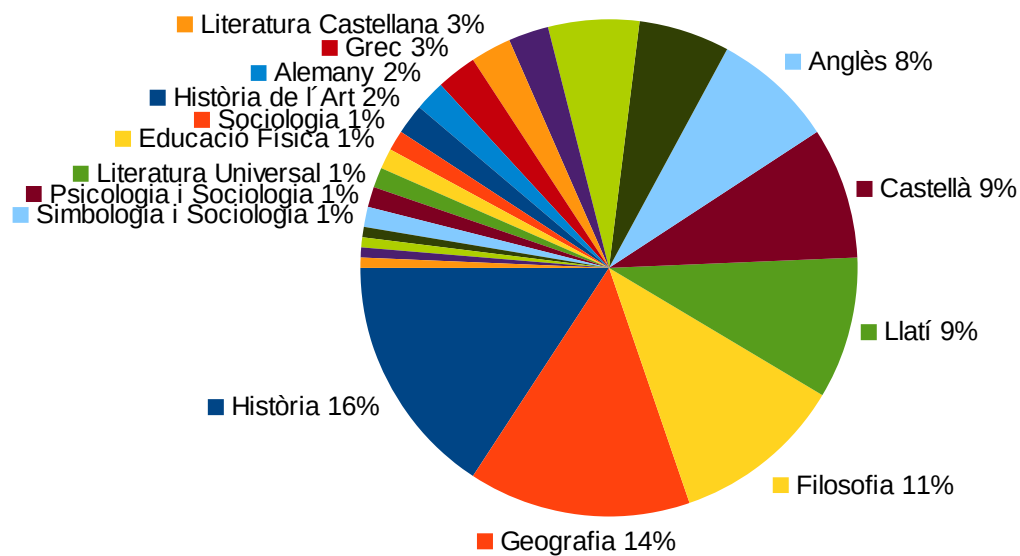


Figura 5

De totes les assignatures (obligatòries i optatives) que estàs cursant,
Quines són les tres preferides?. Classes G i H

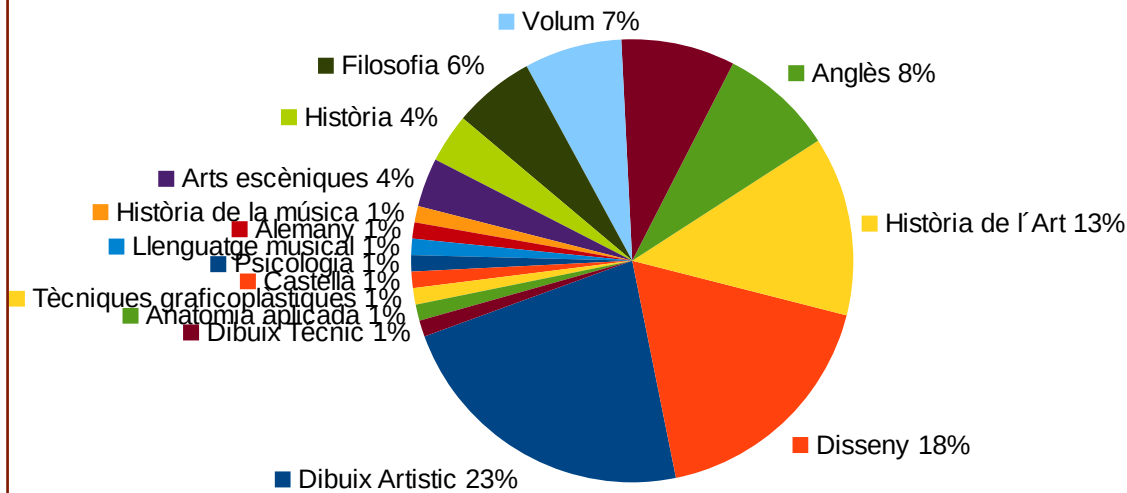


Figura 6

2.4. Discussió

La representativitat de la mostra és bona ja que s'ha aconseguit la participació del 64% de tots els alumnes de 2n de Batxillerat de l'INS Antoni de Martí i Franquès. Es va disposar de més dones (-80-) que d'homes (-61-) però amb un nombre acceptable en tots dos grups. Els alumnes van contestar sense problemes a l'enquesta, encara que no es pot descartar que alguns dels enquestats responguessin de forma "políticament correcta" a alguna de les preguntes, tot i que es va insistir molt en la confidencialitat d'aquestes. També s'ha d'assenyalar que el recull de dades es va realitzar abans de que els alumnes rebessin les notes de la primera avaluació, per aquest motiu les respostes a les preguntes de l'enquesta 2, 3 i 4 haurien de ser considerades com una percepció. Això és important, doncs els grups [12], [13],[14] i [15] van ser configurats en funció de les respostes a l'enquesta.

A causa de que els índexs digitals Rd i Re semblen estar influenciats per la raça ⁽¹⁴³⁾ es van descartar dels càlculs un 1% dels alumnes. La raça predominant va ser la caucasiana.

A l'hora de fer les fotocopies s'ha emprat una plantilla transparent mil·limetrada que es posava sota de les mans. 1 cm real d'aquesta plantilla equivalia de 0,7990 a 0,8010 cm en totes les imatges de les fotocopies escanejades. Per tant es pot assegurar que durant el desenvolupament del treball no s'han detectat problemes de calibratge de la fotocopidora i de l'escàner emprat. També s'ha d'assenyalar que, com les raons digitals Re, Rd, Rm i DRd-Re són proporcionals als resultats que s'obtenen, aquestes no estan influenciades per la perduda en grandària de la imatge a causa de la fotocòpia i l'escaneig posterior.

S'entén que la variabilitat (desviació estàndard) que es troba en cada un dels grups de comparació, en mesurar qualsevol raó digital, està afectada principalment per la diversitat dels individus que la formen, però també hi ha la influència de la variabilitat del procediment per obtenir les longituds dels dits, en aquest cas, el de la variabilitat d'un sol lector. Si comparem els valors de la taula 1 que mostren de mitjana, una desviació estàndard de 0,0063 per Re i de 0,0052 per Rd enfront dels valors mitjans d'una desviació estàndard de 0,0332 per Re i 0,0328 per Rd, de la taula 8, podríem dir que el factor, de com s'ha llegit, sembla que influencii poc al resultat final. Si les lectures haguessin estat efectuades per diversos lectors també s'haguessin hagut de considerar.

És molt significatiu que en el 6,8% de les imatges hi haguessin problemes de lectura deguts a la manca de nitidesa de la fotocòpia. Les fotocòpies eren en blanc i negre i encara que la capa de paper d'alumini arrugat, tenia l'objectiu d'afavorir el contrast, això no sempre va ser així. En totes les imatges descartades no es podia veure amb claredat els plecs de la mà. El criteri qualitatiu per descartar imatges que vaig utilitzar va ser molt conservador a causa de la necessitat de disposar d'un bon nombre de dades, la qual cosa va comportar no poder descartar totes aquelles en les quals hi havia dubtes. De la lectura de les

diferències entre les dues sèries de lectura dif_d2d, dif_d4d, dif_d2e, dif_d4e es van trobar valors superiors a 0,05 cm que malgrat tot, van ser inclosos en els càlculs. Disposar d'una fotocopidora menys vella (la utilitzada tenia 6 anys) que imprimís en color probablement hagués disminuït els possibles errors de lectura.

El nombre d'alumnes que formaven cada grup de comparació que ha estat estudiat anava de 16 a 80 (vegeu taula 2). Els estudis ⁽⁷⁷⁾ ⁽⁷⁸⁾ ⁽⁵⁾ sobre aquest tema solen utilitzar un major nombre de persones, no obstant això a nivell estadístic són suficients per realitzar les proves d'hipòtesis ⁽¹⁴⁶⁾.

S'ha d'assenyalar, que no he trobat a la Pubmed ⁽¹⁴⁷⁾ cap article amb els valors mitjans de les raons digitals per a les dones i els homes, de característiques caucàsiques, i de 16 a 18 anys. Per aquest motiu no he pogut realitzar una comparació amb els resultats del meu experiment. A més a més, hi ha diferències en el procediment que se segueixi de mesura ⁽¹⁴³⁾⁽¹⁴⁸⁾. Això, però, no invalida les comparacions i els test de significació realitzats en el meu projecte.

La hipòtesi {1} (*La diferència entre la mitjana de la raó digital de les dones [2] i la dels homes [3] és zero.*) no es va poder comprovar per les raons digitals Rd i DRd-Re a causa de la no igualtat de les desviacions estàndards del grup de les dones i dels homes. Cosa que si va ser possible per a les raons digitals Re i Rm. En aquestes dues últimes raons digitals es mostra que la diferència és significativa entre homes i dones. Aquesta diferència ha estat trobada també, com a significativa en diversos articles ⁽⁵⁾ ⁽¹⁾.

Hi ha autors ⁽²⁶⁾ que suggereixen que dins de les raons digitals directes (Rd i Re) el més sensible és l'Rd, cosa que no queda clara a les nostres dades (taula 7) doncs disposem de tres comparacions amb significació utilitzant Rd i tres amb Re. Això hagués canviat si hagués estat possible la comparació {1} amb Rd (observi's que en la taula 3 la possible comparació és molt significativa $p=0,0002$).

Hi ha concordança entre totes les raons digitals per a acceptar la hipòtesi nul·la de la comparació {2} (*La diferència de la mitjana de les dones, utilitzant la raó digital, que realitzen el batxillerat humanístic (classe I i F) [5] i la de les dones del batxillerat artístic (classe G i H) [6] és zero*) i probablement també n'hi hauria per a la hipòtesi {5}, que involucren als homes, ja que això es compleix per a l'índex Rd i DRd-Re. Si s'hagués comptat amb una fotocopidora millor probablement es compliria la hipòtesi nul·la per a les raons digitals Re i Rm.

Per a les dones només és significativa la diferència de mitjanes entre les del batxillerat científic i les del humanístic-artístic (hipòtesi {3}) quan s'utilitza la raó digital Rd, mentre que per als homes (hipòtesi {6}) també apareix a les raons digitals Re i Rm. De nou, tot apunta al fet que si s'hagués utilitzat una fotocopidora millor, totes les raons digitals haguessin mostrat significació.

La selecció dels grups [12] [13] [14] i [15] en funció del que van contestar a l'enquesta és raonable perquè:

- Hi ha un 6 % (suma de les respostes de les categories 2) Pares 3) Amics 5) No ho sé 6) Altres motius) que no mostren criteris estrictament relacionats amb els seus interessos d'estudi (Figura1).
- Un 17% de les assignatures preferides pels alumnes del batxillerat científic, no es corresponen amb la modalitat optativa que cursen, com: filosofia, alemany, geografia, història, castellà, anglès i sociologia (Figura 2).
- Un 3% de les assignatures preferides pels alumnes del batxillerat humanístic, no es corresponen amb la modalitat optativa que cursen, com: biologia, matemàtiques i educació física (Figura5).
- Un 20% de les assignatures preferides pels alumnes del batxillerat artístic no es corresponen amb la modalitat optativa que cursen, com: anglès, castellà, història, alemany, filosofia (Figura 6).

La comparació dels grups formats en funció de la selecció realitzada amb l'enquesta, mostra que hi ha diferències significatives entre les mitjanes de la raó digital Rd, Re i Rm del homes del batxillerat científic seleccionats, enfront als de l'humanístic/artístic (hipòtesi {7}), mentre que per a les dones succeeix amb les raons digitals Rd, Rm i DRd-Re (hipòtesi {4}).

Per a dones, la creació de grups ([12] [13]) amb un perfil donat, permet acceptar la hipòtesi alternativa {4} per Rm i DRd-Re, mentre que s'ha d'acceptar la hipòtesi nul·la {3} quan es comparen grups ([4] [7]) sense perfil. Per contra, la creació d'un perfil donat ([14] [15]) per als homes obliga a acceptar la hipòtesi nul·la {7} per l'Rd mentre que per als grups ([8] [11]) no seleccionats s'acceptaria la hipòtesi alternativa {6}. És a dir, no sempre els grups amb perfil produeixen l'acceptació de la hipòtesi alternativa (diferència de mitjanes) però en el cas de la raó digital Rm, sí, i per això aquesta raó digital indirecta pot ser utilitzada prospectivament.

Com que les raons digitals són un mesurament biològic val la pena pensar, encara que no s'hagi demostrat, que les distribucions obtingudes de les mostres són gaussianes i per aquest motiu les distribucions obtingudes dels grups [4], [7], [8] i [11] s'han representat gràficament (Figura 7). Podem observar que els grups científics [4] i [8] dels homes i de les dones s'agrupen al voltant d'una mitjana semblant, mentre que els grups d'humanitats i arts [7] i [11] no ho fan. Aquesta distribució gràfica es donaria igual per a les raons digitals Re i Rm així com també per als grups amb perfil: [12], [13][14] i [15].

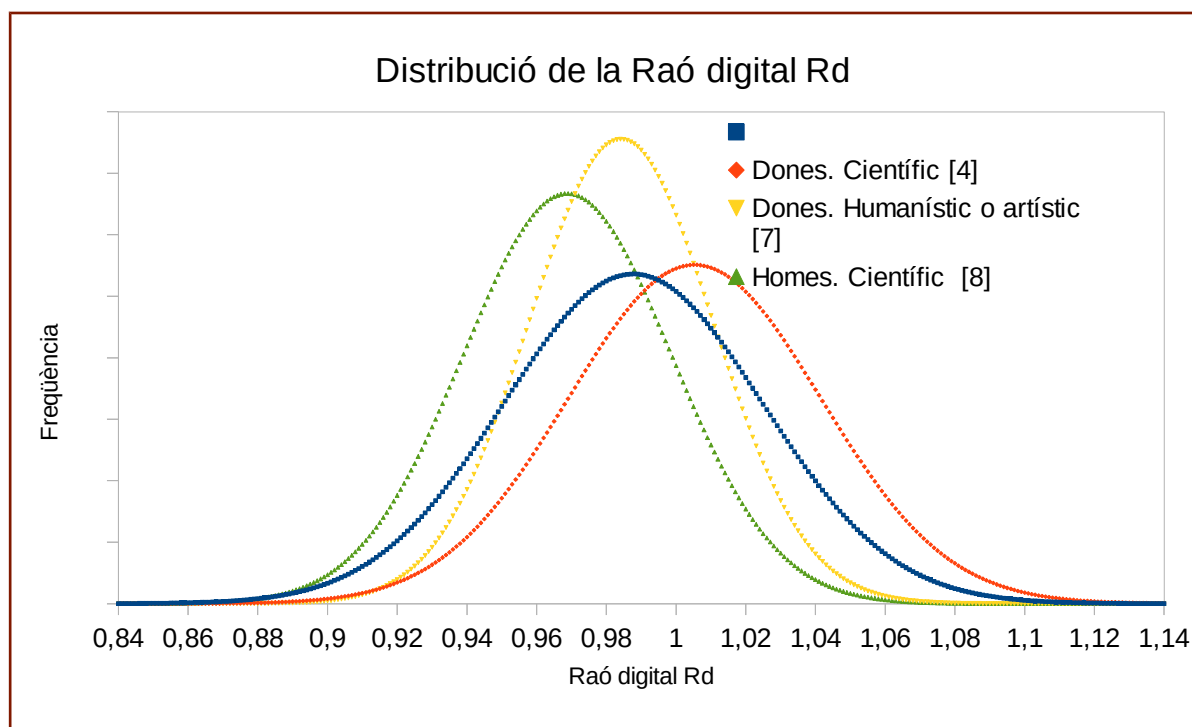


Figura 7

Seria possible buscar una aplicació pràctica als resultats obtinguts en aquest treball de recerca utilitzant la raó digital R_m per a determinar a priori l'àrea de coneixement que pot interessar al subjecte. La forma de aconseguir-ho seria comparant el valor de R_m enfront als esperats (taula 3, X_a X_b) tenint en compte si és dona o home i el grup de batxillerat que en principi vol cursar. L'únic inconvenient és que la persona que fes la lectura hauria de ser equivalent al lector del R_m que ha llegit les imatges d'aquest treball.

2.5. Conclusions

Les conclusions que he extret després d'haver obtingut els resultats i haver efectuat una ampla discussió són:

1. Hi ha diferències entre la mitjana de les raons digitals R_e i R_m dels homes i la mitjana de les raons digitals R_e i R_m de les dones, de edats compreses entre el 16-18 anys.
2. No hi ha diferències significatives entre les mitjanes de les raons digitals R_d i R_{d-Re} dels que cursen el batxillerat humanístics i les dels que cursen l'artístic amb independència del seu sexe.
3. Hi ha diferències significatives entre la mitjana de les raons digitals R_d dels alumnes que cursen el batxillerat científic i la dels estudiants d'humanitats i arts amb independència de que siguin homes o dones.
4. Hi ha diferències significatives entre la mitjana de la raó digital R_m dels alumnes que tenen un interès científic i la dels estudiants amb un interès humanístic/artístic (els interessos dels susdits els he adquirit mitjançant l'enquesta) amb independència del seu sexe.
5. Tot indica que si els mitjans utilitzats per al procediment d'obtenció de dades haguessin estat millors, és a dir, s'haguessin obtingut imatges més nítides de la impressora, es magnificaria la significació de les diferències de les mitjanes trobades.

3. OPINIÓ PERSONAL

La realització d'aquest treball m'ha suposat un gran esforç tant intel·lectual, acadèmic com personal, tanmateix és important subratllar que la satisfacció que he obtingut en aquests tres àmbits superen amb escreix els obstacles .

Començaré explicant l'escull intel·lectual que primer he hagut de superar, el qual ha estat la necessitat de cribrar la immensa quantitat d'articles que hi ha publicats sobre el tema, i seleccionar aquells que em poguessin servir, primer per bastir el cos teòric i després pel desenvolupament experimental de les meves hipòtesis, i la contrastació d'aquestes.

Un altre dels obstacles acadèmiques amb el que m'he trobat ha estat aprendre a fer l'anàlisi estadístic per poder processar sense equivocacions les dades, i trobar les fórmules matemàtiques que em permetessin fer els càlculs. Això m'ha resultat molt complicat, ja que era un món desconegut per a mi.

Un altre entrebanc, en un pla més pràctic, però també important per al resultat final del treball, ha estat la dificultat que ha suposat fer les fotocopies; l'aparell era molt vell i les imatges no eren massa nítides. L'altre punt que s'ha emportat una part substancial del temps dedicat a la recerca ha estat la mesura de les mans (a més a més per duplicat). Fer aquesta tasca amb molta cura assegurava la validesa del resultat final.

Finalment l'esforç personal dedicant hores i més hores a la lectura dels articles i al buidatge d'aquests, sumant encara més hores per trobar i aprendre les nocions estadístiques i fórmules matemàtiques, afegir el temps dedicat als escaneigs i mesuraments, i sumar-hi a més, tot i que aquesta ha estat la part més fàcil i divertida, el temps dedicat a convèncer als meus companys per que participessin, molts dels quals estaven convençuts abans de demanar-los-ho.

Més amunt he mencionat que el treball m'ha aportat grans satisfaccions i no seria just sinó les expliqués com ho he fet amb les dificultats.

En un pla personal el tema del treball m'ha semblat molt interessant i una de les aportacions que podré aplicar a la resta de la meua vida acadèmica és l'organització del temps.

A nivell intel·lectual el treball m'ha enriquit força; per una part, tot i que l'aprenentatge del tractament estadístic m'ha suposat un gran esforç intel·lectual, també m'ha fet sentir orgullosa de mi mateixa en assolir el seu coneixement.

D'altra banda m'ha ajudat a familiaritzar-me definitivament amb el mètode científic aplicant-lo de una manera rigorosa en el transcurs de tota la recerca. M'he sentit realment com una investigadora, formulant hipòtesis, comprovant-les i obtenint resultats que les validaven. M'ha agradat molt contribuir amb la meua investigació, ni que sigui de forma modesta, a la comunitat científica amb el resultat del treball.

4. AGRAÏMENTS

A John Manning, l'investigador i autor de la hipòtesi que m'ha permès realitzar el treball.

A les meves companyes i amigues Claudià Monné i Anna Vidiella que em van ajudar en la realització de les fotocòpies i de l'enquesta.

Als meus 153 companys de 2º de Batxillerat de l'INS Martí i Franquès del curs 2013-2014, que van acceptar col·laborar amb mi i també a la resta als quals no els vaig poder demanar ajuda per manca de temps.

A tota la meva família, avis, àvies i padrins, inclosos que m'han aguantat durant el treball i especialment al Julià que m'ha explicat els secrets de la fulla excel i del LibreOffice.

Al meu professor Carles Montferrer que amb els seus consells i paraules d'ànim de “no estrès”, m'ha donat calma per acabar el projecte.

Als professors als quals vaig fer les fotocòpies de les mans però que després no vaig poder incloure en el treball. Hi ha moltes formes de donar ànim i aquesta n'és una d'elles!

5.BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

Nota: Les referències d'aquest apartat s'han ordenat d'acord amb les normes de Vancouver. (http://www.metodo.uab.cat/docs/Requisitos_de_Uniformidad_Ejemplos_de_referencias.pdf) i les abreviacions de les revistes mitjançant el *ISI Journal Title Abbreviations* (<http://www.efm.leeds.ac.uk/~mark/ISLabbr/>)

1. Manning JT, Scutt D, Wilson J, Lewis-Jones DI. The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*. 1998;13 (11): 3000–3004.
2. Hampson E, Sankar JS. Re-examining the Manning hypothesis: androgen receptor polymorphism and the 2D:4D digit ratio. *Evol Hum Behav*, 2012;33(5):557–561
3. Manning JT, Bundred P. The ratio of 2nd to 4th digit length: a new predictor of disease predisposition?. *Med Hypotheses*. 2000;54(5):855–857
4. Mayhew TM, Gillam L, McDonald R, Ebling F J P. Human 2D (index) and 4D (ring) digit lengths: their variation and relationships during the menstrual cycle. *J Anat*. 2007;211(5): 630–638.
5. Bailey AA, Hurd PL. Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women. *Biol Psychol*. 2005;68(3):215–222.
6. Brown WM, Hines M, Fane BA, Breedlove SM. Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Horm Behav*. 2002; 42 (4): 380–386.
7. Okten A, Kalyoncu M, Yaris N. The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Hum Dev*. 2002; 70(1–2): 47–54.
8. Ciumas C, Lindén Hirschberg A, Savic I. (2009). High Fetal Testosterone and Sexually Dimorphic Cerebral Networks in Females. *Cerebral Cortex*. 2009;19(5);1167–1174.
9. Richard D. McNulty, M. Michele Burnette. Sex and sexuality. 1a ed. Londres (Anglaterra). Greenwood Publishing Group, p. 165. 2011. Disponible des de: <http://dualibra.com/wp-content/uploads/2011/06/Sex-and-Sexuality-Volumes-1-3.pdf> (consultat el 1/10/2013).
10. Pang S, Levine LS, Cederqvist LL, Fuentes M, Riccardi VM, Holcombe JH, Nitowsky HM, Sachs G, Anderson CE, Duchon MA, Owens R, Merkatz I, New MI. Amniotic fluid concentrations of delta5 and delta4 steroids in fetuses with congenital adrenal hyperplasia. *J Clin Endocrinol Metab*. 1980;51(2):223–229.
11. Dorr H G, Sippell, WG. Prenatal dexamethasone treatment in pregnancies at risk for congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency: Effect on midgestational amniotic fluid steroid levels. *J Clin Endocrinol Metab*. 1993;76(1):117–120.
12. LWudy S A, Dorr H G, Solleder C, Djalali M, Homoki J. Profiling steroid hormones in amniotic fluid of midpregnancy by routine stable isotope dilution/gas chromatography-mass spectrometry: Reference values and concentrations in fetuses at risk for 21-hydroxylase deficiency. *J Clin Endocrinol Metab*. 1999;84(8): 2724–2728.
13. Manning JT, Kilduff LP, Trivers R. Digit ratio (2D:4D) in Klinefelter's syndrome. *Andrology*. 2013; 1(1): 94–99.
14. Manning JT, Bundred P E, Newton DJ, Flanagan BF. The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evol Hum Behav*. 2003;24(6):399–405.
15. Crabbe P, Bogaert V, De Bacquer D, Goemaere S, Zmierzak H, Kaufman JM. Part of the interindividual variation in serum testosterone levels in healthy men reflects differences in androgen sensitivity and feedback set point: contribution of the androgen receptor polyglutamine tract polymorphism. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007; 92(9): 3604–3610.
16. Berenbaum SA, Bryk KK, Nowak N, Quigley CA, Moffat S (November 2009). Fingers as a Marker of Prenatal Androgen Exposure. *Endocrinology*. 2009;150(11): 5119–24.
17. Malas MA, Dogan S, Evcil EH, Desdicioglu K. Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Hum Dev*. 2006; 82 (7): 469–475.
18. Galis F, Ten Broek CM, Van Dongen S, Wijnaendts LC. Sexual Dimorphism in the Prenatal Digit Ratio (2D:4D). *Arch Sex Behav*. 2009;38(1): 57–62.
19. Lutchmaya S, Baron-Cohen S, Raggatt P, Knickmeyer R, Manning JT. 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Hum Dev*. 2004;77(1–2): 23–28.
20. Romano M, Leoni B, Saino N (February 2006). Examination marks of male university students positively correlate with finger length ratios (2D:4D). *Biol Psychol*. 2006;71(2):175–182.
21. Zheng Z, Cohn MJ. Developmental basis of sexually dimorphic digit ratio. *PNAS*. 2011;108 (39): 16289–16294.
22. Paul SN, Kato BS, Hunkin JL, Vivekanandan S, Spector TD. The Big Finger: the second to fourth digit ratio is a predictor of sporting ability in women. *British Journal of Sports Medicine*. 2006;40(12): 981–983.
23. Gobrogge KL, Breedlove SM, Klump KL. Genetic and environmental influences on 2d:4d finger length ratios: a study of monozygotic and dizygotic male and female twins. *Archives Sexual Behavior*. 2008;37(1):112–118.
24. McIntyre MH. The use of digit ratios as markers for perinatal androgen action. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2006; 4:10.
25. Dickman S. HOX gene links limb, genital defects. *Science*. 1997; 275(5306): 1568–1569.
26. Honekopp J, Watson S. Meta-analysis of digit ratio 2D:4D shows greater sex difference in the right hand. *American Journal of Human Biology*. 2010;(5): 619–630.
27. Manning JT, Barley L, Walton J. The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success. evidence for sexually antagonistic genes?. *Evol Hum Behav*. 2000;21(3): 163–183.

28. Manning JT, Stewart A, Bundred PE, Trivers RL. Sex and ethnic differences in 2nd to 4th digit ratio of children. *Early Hum Dev.* 2004;80(2):161–168.
29. Manning JT, Bundred PE. The ratio of second to fourth digit length and age at first myocardial infarction in men: a link with testosterone?. *British Journal of Cardiology.* 2001;8(12) 720–723.
30. Fink B, Manning JT, Neave N. The 2nd-4th digit ratio (2D:4D) and neck circumference: implications for risk factors in coronary heart disease. *International Journal of Obesity.* 2006;30(4): 711–714.
31. Walsh F. Index finger length prostate cancer clue. *BBC News.* Disponible des de: <http://www.bbc.co.uk/news/health-11880415> (consultat el 5/10/2013).
32. Ronalds G, Phillips DIW, Godfrey KM, Manning JT. The ratio of second to fourth digit lengths: a marker of impaired fetal growth? *Early Hum. Dev.*;2002;68:21–26.
33. McFadden D, Westhafer JG, Pasanen E.G, Carlson C.L, Tucker DM. Physiological evidence of hypermasculinization in boys with the inattentive subtype of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Clinical Neuroscience Research.* 2005; 5(5–6): 233–245.
34. Stevenson JC, Everson PM, Williams DC, Hipskind G, Grimes M, Mahoney ER. Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) symptoms and digit ratios in a college sample. *Am J Hum Biol.*2007; 19(1):41–50.
35. Martel MM, Gobrogge KL, Breedlove SM, Nigg JT. Masculinized Finger-Length Ratios of Boys, but Not Girls, Are Associated With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Behavioral Neuroscience.* 2008;122(2):273–281.
36. Martel MM. Conscientiousness as a mediator of the association between masculinized finger-length ratios and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *J Child Psychol Psychiatry.* 2009;50(7): 790–798.
37. Klump KL, Gobrogge KL, Perkins PS, Thorne D, Sisk, CL, Breedlove SM. Preliminary evidence that gonadal hormones organize and activate disordered eating. *Psychol Med.* 2006;36(4):539–546.
38. Smith AR, Hawkeswood SE, Joiner TE. The measure of a man: Associations between digit ratio and disordered eating in males. *Int J Eat Disord.* 2009;28(1): 191–194.
39. Manning JT, Baron-Cohen S, Wheelwright S, Sanders G. The 2nd to 4th digit ratio and autism. *Developmental Medicine and Child Neurology.* 2001;43(3):160–164.
40. Bailey A, Hurd P, Allison A. Depression in men is associated with more feminine finger length ratios. *Pers indiv Differ.* 2005;39(4): 829–836.
41. Arató M, Frecska E, Beck C, An M, Kiss H. Digit length pattern in schizophrenia suggests disturbed prenatal hemispheric lateralization. *Progress in Neuro-psychopharmacology & Biological Psychiatry.* 2004;28(1): 191–194.
42. Blanchard A, Lyons, M. An Investigation into the Relationship between Digit Length Ratio and Psychopathy. *British Journal of Forensic Practice.* 2010;12(2):23.
43. Kornhuber J, Erhard G, Lenz B, Kraus T, Sperling W, Bayerlein K, Biermann T, Stoessel C. Low digit ratio 2D:4D in alcohol dependent patients. *PLoS One.* 2011;6(4): e19332.
44. Kornhuber J, Zenses EM, Lenz B, Stoessel S, Bouna-Pyrrou P, Rehbein F, Kliem S, Mößle T. Low digit ratio 2D:4D associated with video game addiction. *PLoS ONE.* 2013; 8(11): e79539
45. Evardone, Alexander A. Anxiety, Sex-linked Behavior, and Digit Ratios. *Arch Sex Behav.* 2009; 38(3): 442–455.
46. Manning JT, Taylor RP. Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evol Hum Behav.* 2001;22(1): 61–69.
47. Coates JM, Gurnell M, Rustichini A. Second-to-fourth digit ratio predicts success among high-frequency financial traders. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2009;106(2):623–628.
48. Fink B, Manning JT, Neave N, Tan U. Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biol Psychol.* 2004;67(3):375–84.
49. Wilson, Glenn D. Finger-length as an index of assertiveness in women. *Pers indiv Differ.* 1983.4(1):111–112.
50. Benderlioglu Z, Nelson RJ. Digit length ratios predict reactive aggression in women, but not in men. *Horm Behav.* 2004;46(5):558–64.
51. Beech JR, MacKintosh IC. Do differences in sex hormones affect handwriting style?. Evidence from digit ratio and sex role identity as determinants of the sex of handwriting. *Pers indiv Differ.* 2005;39(2): 459–68.
52. Neave N, Laing S, Fink B, Manning JT. Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society B.* 2003; 270 (1529): 2167–2172.
53. Burriss RP, Little AC, Nelson EC. 2D:4D and sexually dimorphic facial characteristics. *Arch Sex Behav.* 2007;36 (3): 377–384.
54. Sluming VA, Manning JT. Second to fourth digit ratio in elite musicians: Evidence for musical ability as an honest signal of male fitness. *Evol Hum Behav.*2000;21(1):1–9.
55. Austin EJ, Manning JT, McInroy K, Mathews E. A preliminary investigation of the associations between personality, cognitive ability and digit ratio. *Pers indiv Differ.* 2002. 33(7): 1115–1124.
56. Honk J, Schutter DJ, Bos PA, Kruijt AW, Lentjes EG, Baron-Cohene S. Testosterone administration impairs cognitive empathy in women depending on second-to-fourth digit ratio. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2011;108(8):3448–3452.
57. Luxen MF, Buunk BP. Second-to-fourth digit ratio related to Verbal and Numerical Intelligence and the Big Five. *Pers indiv Differ.* 2005;39(5): 959–966.
58. Voracek M. Who wants to believe? Associations between digit ratio (2D:4D) and paranormal and superstitious beliefs. *Pers indiv Differ.* 2009;47 (2):105–109.
59. Brosnan MJ. Digit ratio as an indicator of numeracy relative to literacy in 7-year-old British schoolchildren. *Brit J Clin Psychology.* 2008;99 (Pt 1): 75–85.
60. Derval D. *The Right Sensory Mix: Targeting Consumer Product Development Scientifically.* Berlín (Alemania). Springer-Verlang. p. 129-135. 2010.
61. Derval D. *The Right Sensory Mix: Targeting Consumer Product*

- Development Scientifically. Berlín (Alemania). Springer-Verlang. p. 62-67. 2010.
62. Derval D. The Right Sensory Mix: Targeting Consumer Product Development Scientifically. Berlín (Alemania). Springer-Verlang. p. 112-122. 2010.
63. Derval D. Hormonal Quotient and tactile sensitivity: a segmentation model to understand and predict individuals' texture preferences based on prenatal exposure to hormones. Proceedings of Society for Behavioral Neuroendocrinology 15th Annual Meeting. p. 125. Queretaro (Mexico).
64. Csathó A, Osváth A, Bicsák E, Karádi K, Manning J, Kállai J. Sex role identity related to the ratio of second to fourth digit length in women. Biol Psychol. 2003;62(2): 147–156.
65. Williams TJ, Pepitone ME, Christensen SE. Finger-length ratios and sexual orientation. Nature. 2000;404 (6777): 455–456.
66. Tortorice JL. Written on the body : butch/femme lesbian gender identity and biological correlates. Rutgers University. 2002.
67. McFadden D, Shubel E. Relative lengths of fingers and toes in human males and females. Horm Behav . 2002;42(4):492–500.
68. Hall LS, Love CT. Finger-length ratios in female monozygotic twins discordant for sexual orientation. Arch Sex Behav. 2003;32(1):23–28.
69. Rahman Q, Wilson GD. Sexual orientation and the 2nd to 4th finger length ratio: evidence for organising effects of sex hormones or developmental instability?. Psychoneuroendocrino. 2003;28(3):288–303.
70. Putz, David A.; Gaulin, Steven J. C.; Sporer, Robert J.; McBurney, Donald H. Sex hormones and finger length: What does 2D:4D indicate?. Evol Hum Behav. 2004;25 (3): 182–199.
71. Rahman Q. Fluctuating asymmetry, second to fourth finger length ratios and human sexual orientation. Psychoneuroendocrino. 2005;30(4):382–91.
72. Kraemer B, Noll T, Delsignore A, Milos G, Schnyder U, Hepp U. Finger length ratio (2D:4D) and dimensions of sexual orientation. Neuropsychobiology. 2006; 53 (4): 210–214.
73. Wallien MS, Zucker KJ, Steensma TD, Cohen-Kettenis PT. 2D:4D finger-length ratios in children and adults with gender identity disorder. Horm Behav. 2008;54(3):450–454.
74. Grimbos T, Dawood K, Burriss RP, Zucker KJ, Puts DA. Sexual orientation and the second to fourth finger length ratio: a meta-analysis in men and women. Behav Neurosci. 2010;124(2):278–287.
75. McIntyre MH. Digit ratios, childhood gender role behavior, and erotic role preferences of gay men. Arch Sex Behav. 2003;32(6):495–496.
76. Brown WM, Finn CJ, Cooke BM, Breedlove SM. Differences in finger length ratios between self-identified 'butch' and 'femme' lesbians. Arch Sex Behav. 2002;31(1):123–127.
77. Hiraishi K, Sasaki S, Shikishima C, Ando J. The second to fourth digit ratio (2D:4D) in a Japanese twin sample: heritability, prenatal hormone transfer, and association with sexual orientation. Arch Sex Behav. 2012;41(3):711–724.
78. Churchill AJG, Manning JT, Peters M. The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D). Arch Sex Behav. 2007;36(2):251–260.
79. Robinson SJ, Manning JT. The ratio of 2nd to 4th digit length and male homosexuality. Evol Hum Behav. 2000;21(5):333–345.
81. Fink B, Grammer K, Mitteroecker P. Second to fourth digit ratio and face shape. Proceedings of the Royal Society B. 2005;272(1576): 1995–2001.
82. Fink B, Manning JT, Neave N, Grammer K. Second to fourth digit ratio and facial asymmetry. Ev Hum Beh. 2004;25(2):125–32.
83. Ferdenzi C, Lemaître JF, Roberts SC. Digit ratio (2D:4D) predicts facial, but not voice or body odour, attractiveness in men. Proc Biol Sci. 2011;278(1724):3551–3557.
84. Gilbert SF. Developmental Biology. 6a ed. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2000. Disponible des de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9983/?depth=2> (consultat el 1/10/2013).
85. Nussey S, Whitehead S. Endocrinology: An Integrated Approach. Oxford: BIOS Scientific Publishers; 2001. Disponible des de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22/?depth=1> (consultat el 1/10/2013).
86. Singh R, Artaza JN, Taylor WE, Braga M, Yuan X, Gonzalez-Cadavid NF, Bhasin S. Testosterone inhibits adipogenic differentiation in 3T3-L1 cells: nuclear translocation of androgen receptor complex with beta-catenin and T-cell factor 4 may bypass canonical Wnt signaling to down-regulate adipogenic transcription factors. Endocrinology. 2006;147(1):141-154.
87. Sinha-Hikim, I, , Taylor, WE, , Gonzalez-Cadavid, NF, , Zheng, W, , Bhasin, S. Androgen receptor in human skeletal muscle and cultured muscle satellite cells: up-regulation by androgen treatment. J Clin Endocrinol Metab. 2004. 89:5245–5255
88. Vlahopoulos S, Zimmer WE, Jenster G. Recruitment of the androgen receptor via serum response factor facilitates expression of a myogenic gene. J Bio Chem. 2005;280(9): 7786–7792.
89. Giammanco M, Tabacchi G, Giammanco S, Di Majo D, La Guardia M. Testosterone and aggressiveness. Med Sci Monit. 2005 Apr;11(4):RA136-145.
90. Cox RM, John-Alder HB. Testosterone has opposite effects on male growth in lizards (Sceloporus spp.) with opposite patterns of sexual size dimorphism. J Exp Biol. 2005 Dec;208(Pt 24):4679-4687.
91. Reed WL, Clark ME, Parker PG, Raouf SA, Arguedas N, Monk DS, Snajdr E, Nolan V Jr, Ketterson ED. Physiological effects on demography: a long-term experimental study of testosterone's effects on fitness. Am Nat. 2006 May;167(5):667-683
92. Testoterona. Enciclopèdia catalana. Disponible des de <http://www.enciclopedia.cat/enciclop%C3%A8dies/gran-enciclop%C3%A8dia-catalana/EC-GEC-0146072.xml?sq=Testoterona#.UsXfsNLuLbw> (consultat el 28/8/2013).
93. Southren AL, Gordon GG, Tochimoto S. Mean plasma concentration, metabolic clearance and basal plasma production rates of testosterone in normal young men and women using a constant infusion procedure: effect of time of day and plasma concentration on the metabolic clearance rate of testosterone. J Clin Endocrinol Metab. 1967;27(5):686-694.

94. Dabbs JM. Heroes, Rogues and Lovers: Testosterone and Behavior. 1a ed. Oxford (Anglaterra). McGraw-Hill Inc. 2005.
95. Nelson LR, Randy F. An introduction to behavioral endocrinology. 3a ed. Sunderland (Anglaterra). Mass Sinauer Associates. p. 143. 2005.
96. De Loof, A. Ecdysteroids: the overlooked sex steroids of insects? Males: the black box. *Insect Sci*. 2006; 13(5): 325–338.
97. Bhasin S, Storer TW, Berman N, Callegari C, Clevenger B, Phillips J, Bunnell TJ, Tricker R, Shirazi A, Casaburi R. The effects of supraphysiologic doses of testosterone on muscle size and strength in normal men. *N Engl J Med*. 1996;335(1):1–7.
98. Alexander BM, Skinner DC, Roselli CE. Wired on Steroids: Sexual Differentiation of the Brain and Its Role in the Expression of Sexual Partner Preferences. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2011;2:42.
99. Swaab DF, Garcia-Falgueras A. Sexual differentiation of the human brain in relation to gender identity and sexual orientation. *Funct Neurol*. 2009;24(1):17–28.
100. Forest MG, Cathiard AM, Bertrand JA. Evidence of testicular activity in early infancy. *J. Clin. Endocrinol. Metab*. 1973;37 (1):148–51.
101. Corbier P, Edwards DA, Roffi J. The neonatal testosterone surge: a comparative study. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*. 1992; 100(2):127–31.
102. Dakin CL, Wilson CA, Kalló I, Coen CW, Davies DC. Neonatal stimulation of 5-HT₂ receptors reduces androgen receptor expression in the rat anteroventral periventricular nucleus and sexually dimorphic preoptic area». *Eur J Neurosci*. 2008;27(9):2473–2480.
103. Review of Sexual Differentiation. The University of Texas at Austin. PSY 308. 1988. Disponible des de [http:// homepage.psy.utexas.edu/HomePage/ Class/ Psy308/ Humm/ ReviewofSexualDifferentiation](http://homepage.psy.utexas.edu/HomePage/Class/Psy308/Humm/ReviewofSexualDifferentiation) (consultat el 1/10/2013).
104. Haddad RM, Kennedy CC, Caples SM, Tracz MJ, Boloña ER, Sideras K, Uraga MV, Erwin PJ, Montori VM. Testosterone and cardiovascular risk in men: a systematic review and meta-analysis of randomized placebo-controlled trial. *Mayo Clin*. 2007;Proc. 82 (1):29–39.
105. Jones TH, Saad F. The effects of testosterone on risk factors for, and the mediators of, the atherosclerotic process. *Atherosclerosis*. 2009; 207(2):318–27.
106. Stanworth RD, Jones TH. Testosterone for the aging male; current evidence and recommended practice. *Clin Interv Aging*. 2008; 3(1):25–44.
107. Mehta PH, Josephs RA. Testosterone change after losing predicts the decision to compete again. *Horm Behav*. 2006;50(5):684–92.
108. Marazziti D, Canale D. Hormonal changes when falling in love. *Psychoneuroendocrino*. 2004 Aug;29(7):931–936.
109. Sapienza P, Zingales L, Maestripieri D . Gender differences in financial risk aversion and career choices are affected by testosterone. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2009;106(36):15268–15273.
110. Apicella CL, Dreber A, Campbell B, Gray PB, Hoffman M, Little AC . Testosterone and financial risk preferences. *Evol Hum Behav*. 2008;29 (6):384–390.
111. Zak PJ. Testosterone administration decreases generosity in the ultimatum game. *PLoS ONE*. 2009;4:e8330.
112. Berg SJ, Wynne-Edwards KE. Changes in testosterone, cortisol, and estradiol levels in men becoming fathers. *Mayo Clinic Proceedings*. 2001;76(1):582–592.
113. Braude S, Tang-Martinez Z, Taylor GT. Stress, testosterone, and the immunoredistribution hypothesis. *Beh Eco*. 1999;10(3):345–350.
114. Olsson M, Wapstra E, Madsen T, Silverin B. Testosterone, ticks and travels: a test of the immunocompetence-handicap hypothesis in free-ranging male sand lizards. *Proc Biol Sci*. 2000;267(1459):2339–2343.
115. Cosgrove KP; Mazure CM, Staley JK. Evolving knowledge of sex differences in brain structure, function, and chemistry. *Biol Psychiat*. 2007; 62(8):847–855.
116. Marner L, Nyengaard JR, Tang Y, Pakkenberg B. Marked loss of myelinated nerve fibers in the human brain with age. *J Comp Neurol*. 2003;462(2):144–152.
117. Rabinowitz T, Dean DE, Petetot JM, de Courten-Myers GM. Gender differences in the human cerebral cortex: more neurons in males; more processes in females. *J Child Neurol*. 1999;14:98–107
118. Hogervorst E, Bandelow S, Combrinck M, Smith AD. Low free testosterone is an independent risk factor for Alzheimer's disease. *Exp Gerontol*. 2004;39(11-12):1633–9.
119. Moffat SD, Zonderman AB, Metter EJ, Kawas C, Blackman MR, Harman SM, Resnick SM. Free testosterone and risk for Alzheimer disease in older men. *Neurology*. 2004;62(2):188–193.
120. Moffat SD, Hampson E. A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: possible influence of hand preference. *Psychoneuroendocrino*. 1996;21(3):323–337.
121. Pike CJ, Rosario ER, Nguyen TV. Androgens, aging, and Alzheimer's disease. *Endocrine*. 2006;29(2):233–41.
122. Rosario ER, Chang L, Stanczyk FZ, Pike CJ . Age-related testosterone depletion and the development of Alzheimer disease. *JAMA*. 2004;292(12):1431–2.
123. Traish AM, Saad F, Guay A. The dark side of testosterone deficiency: II. Type 2 diabetes and insulin resistance. *J Androl*. 2002;23(1):23–32.
124. Emmelot-Vonk MH, Verhaar HJ, Nakhai Pour HR, Aleman A, Lock TM, Bosch JL, Grobbee DE, van der Schouw YT. Effect of testosterone supplementation on functional mobility, cognition, and other parameters in older men: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2008; 299(1):39–52.
125. Cunningham GR. Testosterone treatment in aging men; 2008. Disponible des de: <http://www.healio.com/endocrinology/hormone-therapy/news/print/endocrine-today/%7B446e7f94-c5c4-49fb-bf58-981e91f252cd%7D/testosterone-treatment-in-aging-men> . (consultat el 2/10/2013).
126. Estrogen. Enciclopèdia catalana: <http://www.enciclopedia.cat/enciclop%C3%A8dia/gran-enciclop%C3%A8dia-catalana/EC-GEC-0106799.xml?s.q=estrogen#.Ut0BebQpapo> (consultat el 28/8/2013).
127. Ryan KJ. Biochemistry of aromatase: significance to female reproductive physiology. *Cancer Res*. 1982;42 (8Suppl): 3342–3344.
128. Mechoulam R, Brueggemeier RW, Denlinger DL. Estrogens in insects. *Experientia*. *J Cell Mol Life Sci*. 1984;40(9): 942–944.
129. Fang H, Tong W, Shi LM, Blair R, Perkins R, Branham W, Hass BS, Xie Q, Dial SL, Moland CL, Sheehan DM. Structure-activity relationships for a

- large diverse set of natural, synthetic, and environmental estrogens. *Chem Res Toxicol* 2001;14(3):280–94.
130. Nelson LR, Bulun SE. Estrogen production and action. *J Am Acad Dermatol*. 2001. 45(3 Suppl): 116–124.
131. Wu MV, Manoli DS, Fraser EJ, Coats JK, Tollkuhn J, Honda S, Harada N, Shah NM. Estrogen masculinizes neural pathways and sex-specific behaviors. *Cell*. 2009;139 (1): 61–72
132. Rochira V, Carani C. Aromatase deficiency in men: a clinical perspective. *Nature Reviews Endocrinology*. 2009;5(10):559–568.
133. Wilson JD. Androgens, androgen receptors, and male gender role behavior. *Horm Behav*. 2001;40(2):358–66.
134. Baum MJ. Mammalian animal models of psychosexual differentiation: when is 'translation' to the human situation possible?. *Horm Behav*. 2006;50(4):579–588.
135. Rosano GM, Panina G. Oestrogens and the heart. *Therapie*. 1999;54(3):381–385.
136. Nadkarni S, Cooper D, Brancalone V, Bena S, Perretti M. Activation of the annexin A1 pathway underlies the protective effects exerted by estrogen in polymorphonuclear leukocytes. *Arterioscler Thromb Vasc*. 2011;Biol 31(11):2749–2759.
137. Anguita M, Alonso J, Bertomeu V, Gómez-Doblas V et al. Diseño general del proyecto de estudio sobre la situación de la enfermedad cardiovascular de la mujer en España. *Rev Esp Car*. 2008;8(4)Suppl: 4D–7D.
138. Douma SL, Husband C, O'Donnell ME, Barwin BN, Woodend. Estrogen-related mood disorders: reproductive life cycle factors. *Advances in Nursing Science*. 2005;28(4): 364–375.
139. Lasiuk GC, Hegadoren KM. The effects of estradiol on central serotonergic systems and its relationship to mood in women. *Biol Res Nurs*. 2007;9(2):147–160.
140. Hill RA, McInnes KJ, Gong EC, Jones ME, Simpson ER, Boon WC. Estrogen deficient male mice develop compulsive behavior. *Biol Psychiatry*. 2007;61(3):359–366.
141. Benmansour S, Weaver RS, Barton AK, Adeniji OS, Frazer A. Comparison of the effects of estradiol and progesterone on serotonergic function. *Biol Psychiatry*. 2012;71(7): 633–641.
142. Manning JT, Barley L, Lewis-Jones J, Walton J, Trivers RL, Thomhill R. The 2nd to 4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences and reproductive success: Evidence for sexual antagonistic genes. *Ev Hum Beh*. 2002, 21, 163-183.
143. Manning JT, Fink B, Neave N, Caswell N. Photocopies Yield Lower Digit ratios (2D:4D) Than direct Finger Measurements. *Arch Sex Behav*. 2005; 34(3): 329-333.
144. Voracek M, Manning JT, Dressler SG. Repetability and interobserver error digit ratio (2D:4D) measurements made by experts. *Am J Hum Bio*. 2007, 19(1):142-146.
145. Kemper C.J. Comparing Indirect Methods of Digit Ratio (2D:4D) Measurement (Running Head: Methods of Digit Ratio Measurement). *Am J Hum Bio*. 2009; 21(2): 188-191.
146. Schwartz D. Métodos estadísticos para médicos y biólogos. 2A ed. Barcelona (España). Editorial Herder;1988.
147. PubMed. US National Library of Medicine National Institutes of Health. Disponible des de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> (consultat el 20/5/2013)
148. Allaway HC, Bloski TG, Pierson RA, Lujan ME, Digit Ratios (2D:4D) Determined by Computer-Assited Analuysis are More reliable than those using Physical Measurements, Photocopies, and Printed Scan. *Am J Hum Bio*. 2009; 21(2): 188-191.
149. Stanton S, Schultheiss O, The hormonal correlates of implicit power motivation, *J Res Pers*. 2009;43(5):942.