

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA FUNCIONAL Y
ANTROPOLOGÍA FÍSICA

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS
ANTROPOMÉTRICAS, ATRACTIVO FACIAL Y CALIDAD
SEMINAL

RICARDO GONZALO GUTIERREZ DE AGUAS

UNIVERSITAT DE VALENCIA
Servei de Publicacions
2004

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 08 de Juny de 2004 davant un tribunal format per:

- D. Javier Núñez De Murga
- D. Gonzalo Trancho Gayo
- D. Juan Álvarez
- D^a. M^a Dolores Marrodán Serrano
- D. José F. Pertusa Grau

Va ser dirigida per:

D. Carles Soler i Vázquez

D. Manuel Núñez De Murga

©Copyright: Servei de Publicacions
Ricardo Gonzalo Gutierrez De Aguas

Depòsit legal:

I.S.B.N.:84-370-5495-8

Edita: Universitat de València
Servei de Publicacions
C/ Artes Gráficas, 13 bajo
46010 València
Spain
Telèfon: 963864115

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

FACULTAT DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

Departament de Biologia Funcional i Antropologia Física

Unitat de Antropología Física

**“Estudio de la relación entre características antropométricas,
atractivo facial y calidad seminal”**

Memoria presentada por
D. Ricardo Gutiérrez De Aguas
para optar al grado de Doctor en
Ciencias Biológicas.
Facultat de Biologia.
Burjassot, Abril del 2004.

A

B

Los Drs. D. Carles Soler i Vázquez y Manuel Núñez de Murga, Profesores Titulares de Antropología Física del Departament de Biologia Funcional i Antropologia Física de la Universitat de València,

CERTIFICAN:

Que D. Ricardo Gonzalo Gutiérrez De Aguas, Licenciado en Biología y Química por la Universidad del Atlántico, de Barranquilla Colombia, ha realizado bajo su dirección, en los laboratorios de la Unitat Docent i d'Investigació de Antropologia Física del Departament de Biologia Funcional i Antropologia Física de la Universitat de València, el trabajo original de investigación que lleva el título: **“Estudio de la relación entre características antropométricas, atractivo facial y calidad seminal”** para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas.

Y para que así conste a todos los efectos, expide el presente certificado en Burjassot, València a 1 de Abril del 2004.

Dr. Carles Soler i Vázquez

Dr. Manuel Núñez de Murga

C

D

Agradezco a la Universidad del Norte de Barranquilla, Colombia (Uninorte), a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y a la Fundación General de la Universidad de Valencia (FGUV) por darme la oportunidad y el apoyo para la realización de esta tesis.

De manera especial, a los Drs. Carles Soler i Vázquez y Manuel Núñez de Murga por su apoyo y orientación constante durante la realización de esta tesis. Así mismo, por el interés que han mostrado siempre por mi formación académica y por la oportunidad de participar en otros trabajos que han sido desarrollados paralelamente a esta tesis.

Al Dr. Javier Núñez de Murga por su colaboración en el desarrollo de este trabajo y por su orientación en el manejo de algunos de los programas informáticos utilizados. De él he aprendido mucho y sus orientaciones me han sido de gran ayuda para optimizar mi trabajo.

A María y a Cris por su colaboración y sugerencias durante el desarrollo de esta tesis, y por las experiencias compartidas en el laboratorio. A Carles Gago, por su orientación en el manejo del SPSS.

A Paco Pérez por su colaboración en el análisis de las muestras de semen, sin cuya ayuda esta tesis no hubiese sido posible. A Joan de Montserrat por su interés constante en esta tesis.

A todos los miembros de la Unidad de Fisiología Animal por su apoyo y compañerismo.

A todos los administrativos de Uninorte que con su gestión apoyaron la realización de esta tesis.

Al Director, profesores y demás miembros del Departamento de Química y Biología de Uninorte por su motivación e interés durante el desarrollo de este trabajo.

A mi familia por su apoyo incondicional para el cumplimiento de este logro personal y profesional.

En general, a todas aquellas personas que, de una u otra manera, han contribuido para que esta tesis fuera posible.

F

“He aprendido que todo el mundo quiere vivir en la cima de la montaña, sin saber que la verdadera felicidad está en la forma de subir la escarpada”

Gabriel García Márquez

H

A Richard, Camilo y María
A mis hermanos y a la memoria de mis padres

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. EVOLUCIÓN DE LA REGIÓN FACIAL	3
1.2. ATRACTIVO FACIAL Y CONDICIÓN FÍSICA	6
1.2.1. El atractivo como certificado de salud	6
1.2.2. Consistencia de la valoración del atractivo facial	9
1.2.3. Cambios de preferencias durante el ciclo menstrual	11
1.3. SIMETRÍA FACIAL	14
1.3.1. Asimetría direccional	15
1.3.2. Asimetría fluctuante	16
1.3.3. Simetría y selección sexual	17
1.4. ESTABILIDAD DEL DESARROLLO Y CALIDAD ESPERMÁTICA	21
 CAPÍTULO II. METODOLOGÍA GENERAL	25
2.1. MUESTRA DE ESTUDIO	27
2.2. OBTENCIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS Y DIGITALIZA- CIÓN DE LAS IMÁGENES	27
2.3. MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FACIALES	30
2.4. ANÁLISIS DEL SEMEN	32
2.4.1. Análisis de la movilidad espermática	32
2.4.2. Análisis de la morfología espermática	34
2.4.3. Determinación de la concentración espermática	36

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
2.5.1. Análisis de correlación y regresión	38
2.5.2. Análisis de fiabilidad de las medidas y de acuerdo entre evaluadores	39
2.5.3. Análisis de la varianza y comparación entre grupos	40
2.5.4. Análisis de reducción de datos	40

CAPÍTULO III. EL ATRACTIVO FACIAL MASCULINO

COMO PREDICTOR DE LA CALIDAD SEMINAL	41
INTRODUCCIÓN	43
MATERIAL Y MÉTODOS	44
A) Participantes masculinos	44
B) Análisis de semen	44
C) Participantes femeninos	44
D) Valoración del atractivo facial	45
E) Análisis estadístico	47
RESULTADOS	49
A) Estudio 1	49
B) Estudio 2	49
DISCUSIÓN	51

CAPÍTULO IV. ANTROPOMETRÍA DEL ATRACTIVO

FACIAL MASCULINO	55
INTRODUCCIÓN	57
MATERIAL Y MÉTODOS	58
A) Análisis de reproducibilidad y de replicabilidad	58
B) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría	
Fluctuante	59
C) Valoración del atractivo	60
D) Análisis estadístico	61
RESULTADOS	61
A) Análisis de reproducibilidad y de replicabilidad	61
B) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría	
fluctuante	62
C) Análisis de correlación entre parámetros faciales y	
Atractivo	64
DISCUSIÓN	66

CAPÍTULO V. EL ATRACTIVO FACIAL MASCULINO, CONSIDERADO COMO UN PREDICTOR DE LA CALIDAD SEMINAL, RESULTA SER INDEPENDIENTE DEL

TRASFONDO CULTURAL, EL GÉNERO, O LA RAZA	69
INTRODUCCIÓN	71
MATERIAL Y MÉTODOS	74
A) Muestra de hombres	74
B) Análisis de semen	74
C) Fotografías y elaboración del PowerPoint	74
D) Evaluadores Masculinos y femeninos	75

E) Análisis estadístico	76
RESULTADOS	77
A) Análisis de semen	77
B) Análisis de correlación entre atractivo facial y parámetros	
Seminales	77
C) Análisis de la varianza	80
DISCUSIÓN	81

**CAPÍTULO VI. ANTROPOMETRÍA Y VALORACIÓN DEL
 ATRACTIVO FACIAL MASCULINO POR HOMBRES Y
 MUJERES DE DISTINTA PROCEDENCIA GEOGRÁFICA
 Y RAZA**

	85
INTRODUCCIÓN	87
MATERIAL Y MÉTODOS	88
A) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría	
fluctuante	88
B) Valoración del atractivo	90
C) Evaluadores masculinos y femeninos	90
D) Análisis estadístico	91
RESULTADOS	91
A) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría	
fluctuante	91
B) Análisis de correlación entre atractivo y parámetros	
faciales absolutos	92
C) Análisis de correlación entre atractivo facial y Asimetría	
fluctuante	93

DISCUSIÓN	96
CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN GENERAL	103
CONCLUSIONES	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. EVOLUCIÓN DE LA REGIÓN FACIAL

El registro fósil de los homínidos muestra cómo ha evolucionado anatómicamente el *Homo sapiens* moderno. Dentro de este registro se encuentran algunos parámetros o rasgos fenotípicos que prevalecen (primitivos) y rasgos que se han ido modificando o apareciendo poco a poco (derivados). Por ejemplo, algunos estudios han planteado que la cara de *Homo neandertalensis* se puede describir como derivada, del *Homo* “arcaico”, con respecto a su longitud total o al grado de proyección anterior (Trinkaus, 1987; Franciscus y Trinkaus, 1995). Sin embargo, un estudio reciente, mediante la comparación de parámetros craneales y mandibulares y de la proyección facial inferior a través del *Homo* arcaico y moderno, indica que, en promedio, la longitud facial de *Homo neandertalensis* es similar a la del *Homo* “arcaico” y contrasta principalmente con la de los humanos modernos. De manera que, el acortamiento longitudinal del esqueleto facial de los humanos modernos se puede considerar como una condición derivada evolutivamente (Trinkaus, 2003).

En general, se puede afirmar que durante la evolución de los homínidos ha ocurrido una reducción progresiva de la cara y una disminución del aparato masticador. Los humanos modernos, comparados con las especies de homínidos primitivos, se caracterizan también por presentar una cara plana (ortognatismo) y vertical, unos arcos superciliares más pequeños y un hueso frontal protuberante. También, a diferencia de *Homo neandertalensis*, los huesos que se encuentran bajo las órbitas y a los lados de la abertura nasal (el hueso maxilar y el hueso malar) forman una superficie ósea, proyectada hacia delante, que está excavada en su parte inferior y que sobresale por encima del

saliente de los pómulos. Así mismo, otra característica importante de la cara de los humanos modernos es que presentan un mentón prominente (Arsuaga y Martínez, 1998).

Estas diferencias anatómicas fueron atribuidas a un acortamiento del esfenoideas anterior que hace que el esqueleto facial se pliegue por debajo del frontal (Lieberman, 1998). Sin embargo, Spoor *et al.* (1999), mediante la utilización de técnicas de morfometría geométrica, han reportado que el esfenoideas anterior (en proyección antero-posterior) no ha sufrido un acortamiento en los humanos modernos. Así pues, lo ocurrido es una reducción general en el tamaño relativo de la cara por una reducción vertical de la región anterior con una reducción menor en la parte posterior de la cara. Adicionalmente, la parte superior de la cara parece estar relativamente reducida a lo largo de un eje oblicuo antero-posterior (Spoor *et al.*, 1999; O'Higgins, 2000). Por lo tanto, un hallazgo importante de los análisis de morfometría geométrica es que en la cara de los humanos modernos la región superior está reposicionada y reducida con relación a la base superior. Este cambio generalizado es, en mayor grado, el responsable del plegamiento de la región anterior de la cara por debajo de la fosa craneal anterior. Esto comporta una disminución de la inclinación frontal y de los arcos superciliares (O'Higgins, 2000). Sin embargo, es interesante anotar que, adicionalmente al hecho de que la cara de los humanos modernos es relativamente más pequeña con una región facial superior reposicionada en relación con la base craneal anterior, el esfenoideas anterior parece ser estar ligeramente expandido. De forma que, en los humanos modernos, a diferencia de los homínidos arcaicos, el esfenoideas anterior está relativamente alargado, aunque estas diferencias no sean significativas en cuanto a la longitud horizontal absoluta (Spoor *et al.*, 1999).

Esta evolución de la forma craneal en el *Homo sapiens* moderno puede haber sido causada por cambios en unas pocas variables que influyen sobre la posición espacial relativa de la cara, la base del cráneo y el neurocráneo. Los cambios más importantes son un incremento en la flexión de la base craneal, una base craneal anterior más larga y una cara más corta (especialmente de la longitud antero-posterior) y, posiblemente, un mayor tamaño de los lóbulos frontal y/o temporal con relación a otras partes del cráneo (Lieberman *et al.*, 2002). Desde una perspectiva del desarrollo, muchas de las variables que influyen sobre la retracción facial y la expansión del neurocráneo (ángulo de la base craneal y tamaño de los lóbulos frontal y temporal) pueden ser buenos caracteres sistemáticos debido a que ellos presentan un desarrollo temprano y un bajo grado de plasticidad fenotípica (Lieberman *et al.*, 2002). De hecho, un estudio ha mostrado que las principales diferencias en el crecimiento del cráneo entre *Homo sapiens* moderno y *Homo neandertalensis* se hacen más evidentes en la etapa prenatal o perinatal (Ponce de León y Zollikofer, 2001). Sin embargo, una excepción importante puede ser el tamaño de la cara, la cual crece de forma lenta durante la ontogenia y está parcialmente sujeta a los efectos epigenéticos de la masticación (Lieberman *et al.*, 2002).

En general, se puede decir que la evolución del *Homo sapiens* moderno, en los últimos 100.000 años, se ha caracterizado por una tendencia hacia un incremento de la neotenia craneofacial, que incluye a un prognatismo reducido, un neurocráneo alto y una gracilización ósea a nivel de todas las poblaciones. Tradicionalmente, se ha planteado que la selección natural mediante eventos como las mutaciones puntuales o interacciones génicas de tipo pleiotrópicas pueden explicar esta tendencia. Sin embargo, otros estudios plantean que los mecanismos de selección sexual también pueden estar involucrados (Jones, 1995; Cellerino, 2002).

Según diversos estudios paleoantropológicos, el *Homo sapiens* arcaico coexistió con *Homo neandertalensis*. Sin embargo, la paleogenética ha mostrado que no ocurrió entrecruzamiento entre estas dos especies. De acuerdo a lo anterior, la selección sexual puede haber sido uno de los mecanismos que condujeron al aislamiento reproductivo de *Homo sapiens*. Si esta hipótesis es correcta, se podría plantear la existencia a nivel cerebral de un “molde” o “prototipo” de la belleza que asigne una condición física mayor, relacionada con el estado de salud del individuo, a los rasgos faciales que resaltan o potencian las diferencias entre la cara de *Homo sapiens* y la de las especies relacionadas ya extintas (Cellerino, 2002).

Igualmente, en un estudio, a partir de información paleontológica publicada sobre la evolución anatómica humana, se ha planteado que los hombres y mujeres de diversas edades, razas, culturas y regiones geográficas muestran un gran acuerdo en la valoración de la belleza de la forma humana. Parece ser que los individuos muestran una preferencia por las características o proporciones anatómicas que son intermedias o más derivadas y sienten aversión por los rasgos más primitivos o menos evolucionados. Esto podría indicar que nuestro sentido innato sobre la estética y la belleza de la forma humana está basado en referencias subliminales hacia las formas y proporciones anatómicas derivadas que son exhibidas por los humanos modernos (Magro, 1999).

1.2. ATRACTIVO FACIAL Y CONDICIÓN FÍSICA

1.2.1. El atractivo como certificado de salud

La hipótesis de que el atractivo facial está asociado con un estado de salud general (*fitness*) del individuo ha sido examinada en un gran número de estudios. Ciertas características asociadas al atractivo facial pueden estar rela-

cionadas de alguna manera con el estado de salud, al igual que se ha puesto de manifiesto para otros rasgos no faciales como el índice de masa corporal (Tovée *et al.*, 1999). El hecho de que las personas atribuyan mayor salud a los individuos más atractivos (Cunningham, 1986; Kalick *et al.*, 1998; Thornhill y Grammer, 1999) es consistente con la idea del atractivo como el resultado de un diseño para la certificación del estado de salud del individuo. Sin embargo, el estado de salud no debe entenderse simplemente como la simple presencia o ausencia de enfermedad. De forma general, se podría definir como la “condición fenotípica” o la capacidad para adquirir y distribuir recursos de manera eficiente y efectiva en actividades que aumenten la supervivencia y el éxito reproductivo. Desde este punto de vista, dos individuos que están libres de patógenos pero que difieren en su eficiencia metabólica, y por lo tanto en la capacidad de maximizar el gasto energético, difieren en el estado de salud (Thornhill y Gangestad, 1999a).

La capacidad de valoración de la “condición fenotípica” de una pareja potencial probablemente afectó el éxito reproductivo individual a nivel de los distintos grupos sociales durante la evolución humana (Thornhill y Gangestad, 1993). De acuerdo con esto, la valoración del atractivo podría revelar información a cerca de la condición fenotípica individual que interesa en términos de decisión sobre inversión a nivel del grupo. También se podría dar el caso de diferencias en la inversión energética respecto del cuidado parental, en el que los hijos más atractivos y saludables reciban mayor atención de los padres (Thornhill y Gangestad, 1993; Langlois *et al.*, 1995). En cuanto a las decisiones sobre reciprocidad, esto hace referencia a las consecuencias de la elección de amigos y otros aliados sociales en el que se puede dar el caso de que aliados no saludables no sobrevivan a una ayuda recíproca (Thornhill y Gangestad, 1993).

El atractivo físico muestra consistencia a través del ciclo vital, desde la niñez hasta la vida adulta (Zebrowitz *et al.*, 1992; Alley, 1993; Zebrowitz, 1997) y, por lo tanto, el atractivo a cualquier edad predice la salud en edades posteriores. Sin embargo, en un estudio, más reciente, en el que el atractivo de hombres y mujeres, evaluado durante la adolescencia, fue comparado con la valoración de la salud años más tarde, no mostró relación significativa (Kalick *et al.*, 1998). En cambio, los resultados de un estudio posterior mostraron una relación ligeramente significativa (Shackelford y Larsen, 1999).

Recientemente, Jones *et al.* (2001) han reportado una correlación significativa entre la valoración del atractivo facial y la salud percibida en hombres y mujeres, en la que la valoración del atractivo y la salud aparente está más estrechamente relacionado para las caras femeninas (Jones *et al.*, 2001). Estas diferencias en la valoración del atractivo facial masculino y femenino podrían indicar que el vínculo entre el enjuiciamiento de la salud aparente y el atractivo es más fuerte en el caso de la valoración de caras femeninas, pero también podría ser consistente con el hallazgo de que los problemas de salud experimentados en el pasado tienen una mayor capacidad de predicción del atractivo facial femenino (Hume y Montgomerie, 2001).

Sin embargo, de acuerdo con la teoría de los “genes buenos” sería de esperar que exista una correlación mayor entre la valoración del atractivo facial y la salud de las caras masculinas (Grammer y Thornhill, 1994). De acuerdo con esta teoría, las preferencias sobre determinadas parejas pueden haber evolucionado para favorecer a los individuos más saludables debido a los beneficios directos e indirectos relacionados con la elección de una pareja sana (Thornhill y Gangestad, 1993, 1999a; Miller y Todd, 1998; Gangestad y Simpson, 2000). Una evidencia indirecta de cómo el efecto del atractivo sobre el proceso de selección de pareja puede haber afectado la capacidad reproduc-

tiva de las distintas poblaciones humanas es el hecho de que, a nivel de muchos países, el atractivo sea más importante, como criterio de selección de pareja, en áreas donde los parásitos son más prevalentes (Gangestad y Buss, 1993).

1.2.2. Consistencia de la valoración del atractivo facial

La percepción de la belleza humana ha sido considerada tradicionalmente como un fenómeno meramente cultural. Aunque el concepto de selección sexual fue originalmente introducido por Darwin, sólo durante las últimas dos décadas, debido al avance de las técnicas de análisis y manipulación de imágenes mediante el ordenador, ha sido posible esclarecer el profundo y conservado componente biológico implicado en la percepción del atractivo facial. Parece ser que el cerebro humano está dotado con “prototipos” o “mol-des” que utiliza como referencias para la valoración de las caras reales (Celle-rino, 2002).

La aproximación Darwiniana al estudio del atractivo facial está basada en la premisa de que la cara es un componente biológico importante que aporta información valiosa a una pareja potencial. Esta aproximación evolucionista de la atracción física interpersonal ha crecido de forma considerable en los últimos años, y ha aportado una base teórica importante a partir de diversas hipótesis contrastables que han sido planteadas y, en muchos casos, confirmadas. La percepción del atractivo facial se asume que está dirigida de tal forma que las propiedades de un conjunto particular de rasgos faciales son las mismas con independencia del observador. Desde esta perspectiva, las caras atractivas son percibidas como tales independientemente de algunas características propias del observador como la cultura o la educación (Perrett *et al.*, 1998, 1999).

Dada la importancia de la cara en el proceso de selección de pareja, la selección sexual puede haber actuado sobre las características faciales humanas. Muchos investigadores han presentado evidencias de que las propiedades de las caras atractivas son más biológicas que culturales. El primer objetivo de estos investigadores que proponen una predisposición biológica a valorar ciertas caras como más atractivas fue demostrar que el aprendizaje de los valores culturales tiene una influencia menor sobre la valoración del atractivo facial. Dicho de otro modo, las caras atractivas son consideradas como tales de forma universal. Otros estudios han mostrado también la existencia de una correlación significativa en la valoración del atractivo facial entre diferentes grupos étnicos y entre individuos de diferentes regiones geográficas (Perrett *et al.*, 1994; Cunningham *et al.*, 1995).

El deseo por la belleza no es exclusiva de la cultura occidental moderna sino que puede ser observada alrededor del mundo en casi todas las sociedades que han sido estudiadas (Buss, 1989; Gangestad y Buss, 1993). Así pues, el hecho de que los miembros de diferentes grupos étnicos muestren un gran acuerdo en la valoración del atractivo físico sugiere que los elementos constituyentes de la belleza corporal no son arbitrarios ni influenciados totalmente por los aspectos culturales propios de cada sociedad. La belleza y el atractivo sexual parecen ser conceptos intercambiables y por ello las personas de diferentes clases sociales, edades, y sexos tienden a valorar el atractivo de las caras humanas de forma similar (Perrett *et al.*, 1994; Cunningham *et al.*, 1995). Desde un punto de vista evolutivo, un fenómeno general como la belleza puede reflejar adaptaciones psicológicas sobre las preferencias de pareja y el gran acuerdo de las personas en el enjuiciamiento del atractivo facial es consistente con una hipótesis de la belleza basada biológicamente.

Otro cuerpo de evidencias a favor de una base biológica, más que cultural, en la valoración del atractivo facial viene de los estudios sobre las preferencias de los niños por determinados tipos faciales. Langlois *et al.* (1987) mostraron pares de imágenes de caras femeninas, en las que el atractivo facial había sido valorado previamente por adultos, a infantes entre 2 y 8 meses de edad. En general, los infantes prefirieron mirar la cara más atractiva del par, lo que indica que desde los dos meses de edad, existen unas preferencias similares a las de los adultos. Estudios posteriores replicaron y extendieron este hallazgo al mostrar que los infantes también expresaron cierta preferencia por las caras masculinas más atractivas de individuos caucásicos, caras de mujeres de raza negra, e incluso las caras de otros infantes (Langlois *et al.*, 1991; Slater *et al.*, 1998).

1.2.3. Cambios de preferencias durante el ciclo menstrual

Las preferencias de las mujeres en la valoración del atractivo facial masculino cambian durante el ciclo menstrual (Penton-Voak *et al.*, 1999; Thornhill y Gangestad, 1999a,b; Penton-Voak y Perrett, 2000; Tarín y Gómez-Piquer, 2002). Penton-Voak *et al.* (1999) utilizaron el ordenador para manipular la masculinidad o feminidad (caracteres sexuales dimórficos afectados por la testosterona y los estrógenos) de fotografías de caras masculinas mediante la exageración o reducción de las diferencias de la forma facial a partir de un gran número de caras masculinas y femeninas. En uno de los experimentos de este estudio, un grupo de mujeres japonesas, con ciclo menstrual regular, valoraron como más atractivas las caras ligeramente feminizadas de una muestra de hombres caucásicos y japoneses cuando estaban en la fase de bajo riesgo de embarazo. Por el contrario, las mujeres en la fase fértil prefirieron las caras más masculinizadas. Las mujeres que estaban utilizando la

píldora anticonceptiva no mostraron este cambio de preferencia por las caras masculinas. En un segundo experimento del mismo trabajo, una muestra de mujeres del Reino Unido valoró las caras masculinas de potenciales parejas para una relación estable u ocasional. En el contexto de una pareja ocasional, las mujeres mostraron un cambio de preferencia hacia las caras más masculinizadas durante la fase de alto riesgo de embarazo; mientras que para la elección de una pareja estable, las mujeres no mostraron ningún cambio en sus preferencias. Este conjunto de evidencias se vio confirmado en un estudio posterior, basado en el mismo diseño experimental (Penton-Voak y Perrett, 2000).

La preferencia por las formas faciales ligeramente feminizadas puede reflejar el efecto de la masculinidad sobre la percepción de la edad, en la que al aumentar la masculinización facial podría hacerle aparentar al individuo una edad mayor (Perrett *et al.*, 1998). Así mismo, un aumento en la masculinidad de la forma de la cara refuerza la percepción de atributos negativos de la personalidad. Tales atributos, aunque son estereotipos, pueden predecir determinados comportamientos. La valoración de la deshonestidad a partir de imágenes faciales se correlaciona con el deseo del portador de participar en comportamientos deshonestos (Berry y Wero, 1993). La feminización de las caras masculinas puede incrementar el atractivo debido a que esto suaviza algunos rasgos particulares que son percibidos como asociados a rasgos de personalidad negativa (Cunningham *et al.*, 1990; Johnston y Franklin, 1993). Esto quiere decir que la valoración del atractivo facial puede reflejar múltiples motivos. Las mujeres pueden adoptar diferentes estrategias dándole preferencias a rasgos que están asociados con la dominancia y un sistema inmune competente (Grammer y Thornhill, 1994; Thornhill y Gangestad, 1996) o a rasgos que están relacionados con el cuidado parental. Dado que el atractivo

12

facial masculino es un determinante importante en la selección sexual (Gangestad y Thornhill, 1997a), la reducción del atractivo de la forma facial debido a la masculinización podría representar una presión selectiva importante. Esto podría conducir a una selección por rasgos masculinos extremos (Kirkpatrick y Ryan, 1991) y puede ser la causa de una ausencia relativa del dimorfismo sexual en el *Homo sapiens* (Martin y May, 1990) debido a una presión selectiva sobre la evolución de la forma de la cara contra las diferencias pronunciadas entre hombres y mujeres (Perrett *et al.*, 1998).

Otro de los cambios demostrados en la mujer a través del ciclo menstrual involucra las preferencias olfatorias por el olor de los hombres más simétricos. Esta preferencia es específica de las mujeres que ovulan normalmente (aquellas que no usan píldora anticonceptiva) durante la fase más fértil de su ciclo menstrual (en los días más próximos a la ovulación). Las mujeres no exhiben esta preferencia durante la fase de bajo riesgo de embarazo (fase luteal) o cuando están utilizando la píldora anticonceptiva (Gangestad y Thornhill, 1998; Thornhill y Gangestad, 1999b; Rikowski y Grammer, 1999). Este patrón tiene sentido si los costos y beneficios de los encuentros sexuales con hombres de diferentes características también varían durante el ciclo. Las mujeres pueden poseer una adaptación psicológica para buscar parejas con “genes buenos” que le confieren ventajas a sus hijos, particularmente durante la fase fértil de su ciclo. Sin embargo, como el sexo extra-marital puede ser costoso y no hay oportunidad de obtener beneficios genéticos fuera de la fase fértil, esta preferencia podría no ser rentable durante la fase luteal (Thornhill y Gangestad, 1999a).

Por otro lado, en un estudio electrofisiológico, Oliver-Rodríguez *et al.* (1999) observaron que la magnitud de la respuesta del potencial evocado P300 (un potencial positivo, de alrededor de 300 milisegundos, después de la

presentación de un estímulo) de una muestra de mujeres que se encontraban en la fase fértil de su ciclo se correlacionó significativamente con la valoración del atractivo facial masculino, mientras que no hubo correlación significativa con la valoración del atractivo facial femenino. Durante la fase infértil del ciclo, la respuesta electrofisiológica de este grupo de mujeres se correlacionó tanto con el atractivo masculino como el femenino. Estos resultados aportan evidencias adicionales de que las preferencias de las mujeres por las caras masculinas cambian a través del ciclo menstrual (Oliver-Rodríguez *et al.*, 1999).

A pesar de que la valoración del atractivo facial como una señal importante en el proceso de selección de pareja es consistente a través de diversos estudios, al igual que en diferentes culturas o regiones geográficas, existe una controversia sobre que procesos o parámetros faciales son los que hacen que una cara sea valorada como atractiva o no atractiva. Algunos estudios han planteado que uno de los procesos que más contribuyen al atractivo facial es la simetría de la cara (Grammer y Thornhill, 1994; Rhodes *et al.*, 1998; Mealey *et al.*, 1999; Hume y Montgomerie, 2001; Jones *et al.*, 2001). En el caso del atractivo facial masculino, algunos de estos estudios sugieren que podrían estar implicadas la simetría y otras señales honestas de calidad fenotípica, lo que posiblemente se debería al efecto de los andrógenos.

1.3. SIMETRÍA FACIAL

El *Homo sapiens*, al igual que el resto de los cordados, se caracteriza por presentar una simetría corporal bilateral. Durante la etapa embrionaria temprana, los órganos pareados se desarrollan de forma simétrica siguiendo el eje principal del cuerpo bajo el control, a nivel celular, de los genes *homeobox* (*hoxa*, *hoxb*, *hoxc* y *hoxd*) y las proteínas señalizadoras Hedgehog (Tabin y

McMahon, 1997; Gellon y McGinnis, 1998). La familia de genes *hox* juega un papel esencial durante la morfogénesis de los vertebrados aportando las instrucciones iniciales necesarias para el desarrollo a nivel celular de regiones específicas del embrión (Nunes *et al.*, 2003). Las señales determinadas por estos genes, que luego son transmitidas por las proteínas Hedgehog, deciden también la forma y la dirección del crecimiento de las estructuras pareadas. A pesar de los mecanismos moleculares, que teóricamente aseguran un desarrollo equivalente de los lados derecho e izquierdo del cuerpo (Møller y Manning, 2003), las estructuras pareadas casi nunca son perfectamente simétricas. Este grado de asimetría puede ser de tres tipos: asimetría direccional, fluctuante y antisimetría (la cual es bastante rara en la naturaleza).

1.3.1. Asimetría direccional

La asimetría direccional ocurre cuando la diferencia entre el lado derecho e izquierdo de un parámetro bilateral (D-I) muestra una dirección constante, y su distribución a nivel de la población muestra una aparente desviación hacia un lado en particular (Møller y Swaddle, 1997; Polak, 2003). La forma de los órganos pareados, tanto del lado derecho como izquierdo del cuerpo, está determinada por los mismos genes, los cuales deciden la aparente y sistemática predominancia del tamaño del parámetro de un lado sobre el otro. Existen numerosos ejemplos de este tipo de asimetría, programada genéticamente, en el cuerpo humano: el hemisferio cerebral izquierdo es más grande que el derecho, los dientes del lado izquierdo son ligeramente más robustos que los del lado derecho (Mizoguchi, 1990), la cresta iliaca izquierda está localizada ligeramente más hacia arriba que la derecha (Dangerfield, 1994), y un testículo es mayor que el otro en muchos vertebrados (Thornhill y Møller, 1997).

1.3.2. Asimetría fluctuante

La asimetría fluctuante se caracteriza porque las desviaciones ligeras del patrón simétrico, en el que la media de la diferencia entre la medida del lado derecho e izquierdo no difiere estadísticamente de cero y presenta una distribución normal, no muestran una dirección en particular pero fluctúa gradualmente, desviándose a uno u otro lado dentro de una población determinada. El aumento en la asimetría fluctuante de parámetros bilaterales puede ser debido a los efectos negativos de factores exógenos sobre el desarrollo del organismo, lo cual depende no sólo del tipo, intensidad y duración del agente estresante, sino también de la capacidad que tiene el individuo de estabilizar el proceso de desarrollo bajo estas condiciones adversas (Møller y Swaddle, 1997). Aunque los mecanismos de control y estabilización del desarrollo no están lo suficientemente claros debido a su gran complejidad, algunos factores exógenos incrementan el nivel de asimetría fluctuante de ciertos caracteres fenotípicos, lo que se ha reportado en diversos estudios tanto de laboratorio como clínico. Entre los factores estudiados están el estrés térmico y otros factores físicos adversos, la malnutrición, el aumento en la densidad de la población, y las concentraciones altas de sustancias químicas como el mercurio, níquel, arsénico, DDT, hidrocarburos aromáticos y derivados de compuestos xenoestrogénicos (Parsons, 1990, 1992; Møller y Swaddle, 1997; Klingenberg, 2002). También, se ha puesto de manifiesto que factores como la obesidad, la presencia de parásitos, el fumar, y el consumo de alcohol por las mujeres durante el embarazo, pueden afectar el desarrollo prenatal (Livshits y Kobylansky, 1991; Kieser *et al.*, 1997). Igualmente, la asimetría fluctuante se puede incrementar por perturbaciones genéticas debidas a la endogamia (Markow y Martín, 1993), genes recesivos deletéreos (Parsons, 1990), homocigosis (Mitton y Grant, 1984; Mitton, 1993), selección direccional (Clarke y

16

McKenzie, 1987; Møller y Pomiankowski, 1993), hibridación de poblaciones genéticamente distintas (Møller y Swaddle, 1997), y anomalías cromosómicas (Shapiro, 1992; Fraser, 1994).

Por otro lado, la asimetría fluctuante se puede utilizar para la comparación de poblaciones o individuos dentro de una misma población. A nivel de una población, los individuos pueden diferir en el grado de asimetría y esta diferencia se debe, en parte, a diferencias genéticas. Un meta-análisis de 34 estudios sobre 17 especies animales, incluyendo al *Homo sapiens*, ha revelado que la asimetría fluctuante tiene un grado de heredabilidad significativo (Møller y Thornhill, 1997a,b). Así mismo, una revisión de un gran número de estudios sobre la comparación de poblaciones animales con distintos grados de asimetría fluctuante, ha mostrado que las poblaciones cuyos individuos presentan una asimetría fluctuante más baja muestran una mayor fecundidad, una tasa de crecimiento más elevada y una mayor supervivencia (Mitton y Grant, 1984; Palmer y Strobeck, 1986; Parsons, 1992; Møller, 1997; Møller y Swaddle, 1997; Thornhill y Møller, 1997).

1.3.3. Simetría y selección sexual

Durante los últimos años, diversos estudios sobre biología evolutiva han analizado el papel de la asimetría fluctuante en el proceso de selección sexual. En muchas de las especies analizadas, los machos más simétricos tienden a experimentar un mayor éxito de apareamiento que los menos simétricos, bien sea por ventajas en la lucha intrasexual para acceder a las hembras o por ser preferidos por las mismas (Møller y Pomiankowski, 1993; Watson y Thornhill, 1994; Møller y Thornhill, 1998). La preferencia de las hembras por rasgos simétricos en el macho ha sido demostrada en insectos (Radesäter y Halldórsdóttir, 1993) y en aves (Møller, 1992; Swaddle y Cuthill, 1994). Las

características seleccionadas sexualmente muestran niveles aumentados de asimetría fluctuante en especies de primates diferentes al humano (Manning y Chamberlain, 1993). Otros estudios han mostrado también que la asimetría fluctuante juega un papel importante en el proceso de selección sexual en el *Homo sapiens*. En algunos, la asimetría de parámetros corporales, no faciales, masculinos se correlacionó negativamente con la valoración del atractivo facial (Gangestad *et al.*, 1994; Thornhill y Gangestad, 1994; Gangestad y Thornhill, 1997b). En otros, la valoración del atractivo, por miembros del sexo opuesto, de fotografías faciales de hombres y mujeres se correlacionó positivamente con la simetría medida a partir de las fotografías faciales de cada sexo (Grammer y Thornhill, 1994; Langlois *et al.*, 1994; Swaddle y Cuthill, 1995).

La simetría bilateral de ciertos parámetros faciales humanos se ha planteado como el reflejo de un desarrollo de buena calidad, especialmente en la capacidad de resistir a las perturbaciones ambientales durante las fases más sensibles de este proceso. De manera que una cara más simétrica puede indicar la capacidad de un individuo de hacer frente a los retos de su ambiente. Diversos estudios han mostrado que la valoración del atractivo facial es sensible a la simetría facial, por lo que la preferencia por las caras más simétricas puede tener un valor adaptativo (Grammer y Thornhill, 1994; Perrett *et al.*, 1999).

Por otro lado, algunos estudios indican que ciertos parámetros faciales masculinos son indicadores tanto de la resistencia a los parásitos como de un sistema inmunológico competente (Thornhill y Gangestad, 1999a; Gangestad y Simpson, 2000; Johnston *et al.*, 2001). Durante la pubertad, el crecimiento de algunos caracteres faciales dimórficos está bajo el control de la testosterona (Thornhill y Møller, 1997). Ahora bien, se ha planteado que los niveles

altos de testosterona, necesarios para el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, tienen un efecto negativo sobre el sistema inmunológico (Folstad y Karter, 1992), por lo que aquellos individuos que sean más capaces de movilizar los recursos energéticos para el crecimiento, sin comprometer el funcionamiento adecuado del sistema inmune para hacer frente a los parásitos, podrían estar en ventaja (Folstad y Karter, 1992) y por lo tanto, estarían en mejores condiciones de ser elegidos como pareja (Thornhill y Gangestad, 1999a).

A pesar de que muchos estudios han demostrado la relación entre la simetría y la valoración del atractivo facial, otras investigaciones sugieren que la simetría puede estar asociada con el atractivo por razones distintas a un efecto directo de la simetría por sí misma. En un estudio en el que la simetría fue removida mediante la presentación de la mitad derecha o izquierda de caras masculinas se encontró una correlación entre la simetría y la valoración del atractivo facial dada por un grupo de mujeres (Scheib *et al.*, 1999). Los resultados obtenidos sugirieron que otras características atractivas, diferentes a la simetría, pueden estar siendo utilizadas en la valoración de la condición física de los individuos. La simetría puede simplemente estar covariando con estas otras características que actuarían como un componente primario en la valoración del atractivo.

Dado que la selección de pareja en los animales, incluyendo al humano, parece estar influenciada por la simetría, es sorprendente que muchos estudios en los que se han manipulado imágenes faciales humanas han encontrado que existe una cierta preferencia por la asimetría (Langlois *et al.* 1994; Samuels *et al.*, 1994; Swaddle y Cuthill, 1995; Kowner, 1996). Algunos de estos estudios han creado imágenes faciales simétricas mediante la alineación de una mitad de la cara con su imagen especular (Langlois *et al.*, 1994; Sa-

muels *et al.*, 1994; Kowner, 1996). La técnica de creación de imágenes especulares puede introducir formas anormales en algunos parámetros faciales. Por ejemplo, una boca de anchura normal, pero desplazada a la derecha de la línea media, podría generar unas anchuras atípicas en las imágenes faciales quiméricas especulares izquierda-izquierda o derecha-derecha. En el estudio de Swaddle y Cuthill (1995), la asimetría pudo haber sido preferida debido a que las caras originales asimétricas fueron comparadas con unas imágenes simétricas que presentaban una textura de piel distinta (por la combinación de las imágenes originales con las especulares). La combinación de una cara con su imagen especular puede incrementar el número de lunares o manchas aparentes. Por ejemplo, una cara con un punto oscuro en la mejilla izquierda combinada con su imagen especular podría generar una cara con dos puntos simétricos ligeramente pálidos en las dos mejillas.

Sin embargo, otros estudios insisten también en que los humanos, a diferencia de muchos otros animales, pueden preferir las caras con cierto grado de asimetría direccional debido a que esto las hace lucir más distintivas o expresivas. Estas asimetrías direccionales son transitorias y se hacen más evidentes al hablar o durante las expresiones emocionales. Al hablar, la mayoría de las personas (76%) hacen movimientos con más frecuencia hacia el lado derecho de la boca (Graves *et al.*, 1982; Graves y Landis, 1990). Estas asimetrías están probablemente relacionadas con una mayor fuerza de las conexiones neurales contralaterales del hemisferio izquierdo (implicado en el lenguaje) sobre el lado derecho de la cara. Igualmente, durante la expresión emocional, el lado izquierdo de la cara parece más expresivo que el derecho (Skinner y Mullen, 1991). Estas asimetrías que ocurren naturalmente podrían contribuir también al atractivo facial y explicarían las preferencias que han sido reportadas por las caras humanas asimétricas.

Por otro lado, también hay que resaltar que, aunque son muchos los trabajos que han tratado de relacionar la simetría corporal con la estabilidad del desarrollo y el atractivo facial, pocos son los que han tenido en cuenta las consideraciones metodológicas necesarias para no llegar a resultados erróneos (Swaddle *et al.*, 1994; Firman *et al.*, 2003; Tomkins y Simmons, 2003). Dado que la asimetría fluctuante se caracteriza por una distribución normal y una media alrededor de cero es posible que se confunda con la estimación del error (Palmer y Strobeck, 1986).

1.4. ESTABILIDAD DEL DESARROLLO Y CALIDAD ES- PERMÁTICA

Aunque la relación entre la condición fenotípica y la calidad seminal de un individuo puede ser, en cierta forma, algo compleja y difícil de entender, parece que existe una relación próxima entre la asimetría fluctuante corporal y la función gonadal en mamíferos. Durante el desarrollo de los vertebrados, los cuatro clúster de genes *homeobox* (*Hoxa*, *Hoxb*, *Hoxc* y *Hoxd*) controlan la diferenciación de diversas estructuras entre las que se incluyen los dedos, las estructuras faciales y el sistema urogenital (Kondo *et al.*, 1997; Peichel *et al.*, 1997; Yamaguchi *et al.*, 1999; Cobourne, 2000). De acuerdo con esto, se ha comprobado que la desregularización de los genes *Hoxd* altera la longitud relativa de los dedos y afecta, al tiempo, el crecimiento del brote urogenital. En humanos, el síndrome pie-mano-genital que se caracteriza por un defecto en el desarrollo de los dedos y las gónadas ocurre por una mutación en los genes *Hoxa* (Mortlock y Innis, 1997).

Manning *et al.* (1998a) reportaron una asociación entre la estabilidad del desarrollo y la calidad seminal en una muestra de hombres. En este estudio, la asimetría fluctuante de los dedos 2 a 5 de la mano se correlacionó ne-

gativamente con la movilidad y número total de espermatozoides, en la que los individuos azoospermicos mostraron los valores más altos de asimetría (Manning *et al.*, 1998a). La relación entre asimetría fluctuante y calidad seminal ha sido mostrada también en diversas especies animales (Roldán *et al.*, 1998; Farmer y Barnard, 2000; Gomendio *et al.*, 2000). En un estudio posterior, Manning *et al.* (1998b) exploraron la relación entre la longitud de los dedos de la mano y la calidad seminal midiendo la *ratio* entre el segundo y cuarto dígito (2D:4D), la cual presenta una simetría alrededor del eje central del tercer dígito. Ellos encontraron que valores bajos de 2D:4D en la mano derecha se correlacionaron con una concentración alta de espermatozoides. De acuerdo con estos autores, la existencia de esta relación se debe al control de los genes *Hox* sobre el desarrollo de los dedos y el sistema urogenital. Es importante destacar que los sujetos incluidos en los estudios de Manning *et al.* (1998a,b) fueron seleccionados de una clínica de reproducción asistida, y por tanto podrían presentar problemas de infertilidad, por lo que no se pueden considerar como representativos de la población general.

Quizá por ello, un estudio reciente ha mostrado resultados contradictorios con los de Manning (Firman *et al.*, 2003). Estos autores han reportado una ausencia de correlación entre la *ratio* 2D:4D y los parámetros seminales analizados. Sin embargo, encontraron una correlación negativa significativa entre la concentración y movilidad espermática y la asimetría fluctuante corporal (medida como la sumatoria de la asimetría absoluta de la longitud de la oreja, la longitud del cuarto dígito de la mano y la longitud del pie). En el caso de la morfología espermática, la correlación con la asimetría fluctuante corporal fue positiva sólo con la longitud de la cabeza de los espermatozoides. Este último resultado confirma los hallazgos de otro estudio en el que se encontró una gran variabilidad individual en la morfología espermática en diver-

sas especies animales, incluyendo al *Homo sapiens* (Morrow y Gage, 2001) y en el que se sugiere que esta variabilidad en la morfología de los espermatozoides podría influenciar la movilidad espermática y la fertilidad en general. En un estudio comparativo a nivel de los primates se plantea que la competición espermática puede haber jugado un papel fundamental en la evolución de la morfología y la movilidad de los espermatozoides (Anderson y Dixon, 2002). La astenozoospermia (o disminución de la movilidad espermática) puede ocurrir por defectos a nivel de la pieza intermedia y en la actualidad se sabe poco de cómo la variabilidad natural en la morfología puede afectar la movilidad o longevidad de los espermatozoides.

El hecho de que un aumento en la longitud de la cabeza de los espermatozoides esté relacionado con un aumento en la asimetría fluctuante corporal podría sugerir que un mayor tamaño de la cabeza espermática está asociado a una baja calidad seminal (Firman *et al.*, 2003). Por otro lado, en un estudio sobre fecundación *in vitro* (FIV) se ha observado que la longitud de la cabeza de los espermatozoides es significativamente mayor en muestras de semen con un porcentaje bajo de morfología normal (Liu y Baker, 1992). Así mismo, en un estudio sobre inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI) se observó una correlación negativa entre el área de la cabeza y la tasa de fertilidad (Soler *et al.*, 2000a). Las anomalías de la cabeza espermática también podrían estar relacionadas con una constitución cromosómica anormal (Lewis-Jones, *et al.*, 2003). Debido a que la cabeza del espermatozoide esta formada principalmente por el material genético, su forma se supone que está relacionada con el contenido de DNA y la organización de la cromatina (Sailer *et al.*, 1996). Recientemente se ha encontrado una relación entre alteraciones morfológicas de la cabeza del espermatozoide y la presencia de anomalías en la cromatina espermática (Vicari *et al.*, 2002). Además, se ha de-

mostrado una correlación significativa entre la forma del núcleo y la tasa de fertilidad (Ostermeier *et al.*, 2001). Estos mismos autores han podido establecer también una correlación significativa entre el estado de condensación de la cromatina, estimado mediante el método de análisis de la cromatina espermática, usando naranja de acridina y citometría de flujo, y la forma de la cabeza del espermatozoide usando un sistema computarizado de análisis de imagen (Ostermeier *et al.*, 2001). Además, se considera la valoración de la cromatina como un buen indicador de la capacidad fecundante de un eyaculado (Evenson y Host, 2000; Larson, *et al.*, 2000; Evenson *et al.*, 2002).

Por último, dado que el método más común de evaluar la morfología espermática es la valoración visual del eyaculado, muchos espermatozoides con la cromatina alterada se podrían clasificar como normales (Dobrinsky *et al.*, 1994), mientras que se ha planteado que en muchos casos, alteraciones de la cromatina se relacionan con pequeños cambios en la morfología del espermatozoide no detectables visualmente (Ostermeier *et al.*, 2001). Por ello, la introducción de sistemas computarizados permite detectar variaciones despreciables con el método visual (Pérez-Sánchez *et al.*, 1994; de Monserrat *et al.*, 2000; Soler *et al.*, 2003a), lo que debería tenerse presente en estudios posteriores.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA GENERAL

2.1. MUESTRA DE ESTUDIO

Para la realización de estos estudios se utilizó una muestra de voluntarios a partir de población estudiantil de la *Universitat de València*. Se excluyó a aquellos individuos que reportaron haber utilizado medicamentos en los días previos a los estudios, haber padecido enfermedades relacionadas con el aparato reproductor, tanto en la edad infantil como recientemente o haberse practicado cirugía facial. A los individuos seleccionados se les tomó dos fotografías de la cara (en posición frontal y lateral derecha), que posteriormente fueron digitalizadas. Además, se les solicitó una muestra de semen.

2.2. OBTENCIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS Y DIGITALIZACIÓN DE LAS IMÁGENES

Para la realización de las fotografías se utilizó una cámara fotográfica de 35 mm (Canon EOS 1000) que se adaptó a un trípode de altura variable y a una distancia fija de dos metros del individuo a fotografiar. A esta distancia, utilizando un objetivo de 80-200 mm de *zoom*, se obtuvo la profundidad de campo suficiente para que la imagen de la región facial saliera enfocada y ocupara en su totalidad el visor de la cámara. La película utilizada fue Kodak Color 100 ASA.

Las tomas fotográficas se realizaron con *flash* incorporado, de forma automática, a excepción del enfoque que se hizo manualmente, y utilizando un sistema de disparo mediante temporizador sonoro. Al utilizar el *flash* se evitó la aparición de sombras indeseables que pudiesen afectar la apariencia real de la cara. El uso del temporizador sonoro fue con el fin de evitar el movimiento de la cámara, que se produce de forma más o menos acentuada, al

presionar el disparador y de lograr una mayor atención del individuo a fotografiar mediante los pitidos que produce el sistema de disparo (10 segundos).

Cuando cada individuo ingresó a la habitación donde se realizaron las fotografías se le informó que debía mantener, durante la sesión fotográfica, una expresión facial neutral, procurando mantener la cara relajada y la boca cerrada pero sin apretar los labios. A aquellos individuos que tenían cabellos largos o que le cubrían parcialmente la cara se les suministró gomas elásticas para despejar el rostro (fotografía frontal) y el pabellón auricular (fotografía lateral derecha). A los que llevaban gafas se les solicitó que se las quitaran mientras se les tomaban las fotografías.

Para la toma fotográfica de frente, se colocó al individuo en posición (de pie), al lado de una escala graduada (en mm), sujeta a la pared, de forma que el borde anterior de dicha escala quedase entre el borde de la boca y la base de la nariz (cuando se mira al individuo de perfil). De esta manera, al enfocar la cara del individuo quedó también enfocada la escala graduada (Fig. 2.1). A continuación, un primer operador (encargado de la toma fotográfica) le solicitó al individuo a fotografiar que moviera la cabeza, bien fuera a la derecha o a la izquierda, con el fin de encuadrar en el visor de la cámara fotográfica la cara en su totalidad y la escala graduada. De igual manera, se ajustó de forma efectiva el paralelismo existente entre el eje de la cara del individuo, la escala graduada y los bordes del marco del visor de la cámara fotográfica. Seguidamente, un segundo operador le solicitó al individuo que moviera la cabeza hacia delante o hacia atrás con el fin de que el plano anterior de la escala (plano fotografiable) quedase entre el borde de la boca y la base de la nariz.



Figura 2.1. Fotografía en posición frontal

Para la fotografía lateral, una vez que se realizó la fotografía frontal, se le solicitó al individuo que girara el cuerpo 90° a la izquierda para que quedase mirando en dirección opuesta a la escala graduada. El primer operador, le indicó al individuo que moviera la cabeza hacia delante o hacia atrás con el fin de encuadrar en el visor de la cámara fotográfica (mediante el dispositivo de *zoom*) el lateral derecho de la cara y la escala graduada y así poder acercar lo máximo posible el plano general de la cara a la escala graduada. A continuación, el segundo operador (que estaba al frente del individuo a fotografiar) le solicitó que moviera la cabeza hacia la derecha o hacia la izquierda con el fin de situar la superficie anterior de la escala graduada (zona fotografiable) a una distancia media entre el extremo del ojo derecho (ángulo ocular externo) y el extremo derecho de la comisura de los labios (Fig. 2.2).



Figura 2.2. Fotografía facial en posición lateral

Una vez realizado el revelado estándar de los negativos, se procedió a obtener las correspondientes copias en papel y su posterior digitalización mediante la utilización de un escáner de barrido. Todas las imágenes fueron guardadas a 300 puntos por pulgada y en formato tiff.

2.3. MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FACIALES

Para la realización de las medidas de los parámetros faciales se utilizó el programa de análisis de imagen “NIH Image”, versión para Macintosh, desarrollado por el Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos y disponible en Internet (<http://rsb.info.nih.gov/nih-image>). Las medidas lineares se expresaron en milímetros (con un error absoluto de 0.5 mm) y las medidas angulares en grados.

Una vez escalada la imagen, se midió 13 parámetros faciales absolutos en las imágenes frontales, para lo cual se definieron previamente una serie de puntos antropométricos de referencia (Fig. 2.3). Estudios previos han mostrado que estos puntos son altamente reproducibles (Grammer y Thornhill, 1994; Hume y Montgomerie, 2001; Penton-Voak *et al.*, 2001). Una vez definidos los mencionados puntos de referencia se procedió a la medición de los parámetros faciales, longitudinales y angulares, uniendo, en cada caso, los puntos correspondientes para obtener la medida respectiva.

Para los estudios de simetría, de las imágenes faciales, en posición frontal, se midieron 11 parámetros bilaterales, para lo cual se trazó un eje vertical a lo largo de la línea media de la cara que se utilizó como referencia. Este eje se definió situando un punto en el centro del nasion y otro en el estomion, girando la imagen a la derecha o a la izquierda con el fin de que los mencionados puntos estuvieran completamente alineados.

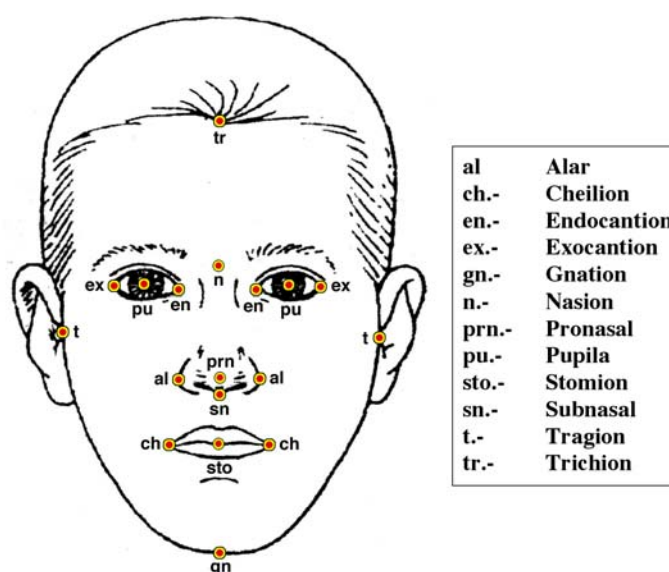


Figura 2.3. Definición de puntos antropométricos para la medición de los parámetros faciales absolutos y de simetría.

2.4. ANÁLISIS DEL SEMEN

Para el análisis seminal, las muestras fueron recogidas por masturbación, en las mismas instalaciones del Departamento, utilizando recipiente de plástico toxicológicamente testado según las indicaciones de la OMS. El estímulo erótico se estandarizó proporcionando el mismo material gráfico en todos los casos. El periodo de tiempo transcurrido entre la recogida de cada muestra y su valoración fue inferior a una hora. Tras su recogida, se dejó licuar en un incubador (Lab-line, Instruments, Inc., Melrose Park, IL, USA) en atmósfera de CO₂ al 5%, a 37°C durante 30 minutos. Una vez licuado se procedió a la medición del volumen de la muestra por aspiración en jeringa. El análisis de semen se realizó siguiendo los criterios de la OMS (1999), e incluyó el análisis manual de los tres parámetros básicos: movilidad, morfología y concentración espermática. Además, se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de agrupar las tres variables seminales en cada individuo y definir factores o componentes que explicaran la mayor parte de la varianza total.

2.4.1. Análisis de la movilidad espermática

Para la determinación de la movilidad, se colocaron 5 µl de semen en una cámara Makler (Sefi Medical Instruments, Haifa, Israel) (Fig. 2.4), previamente precalentada a 37±0.1°C en una placa calefactora Plactronic (Plactronic 1000W, 6157100, P-Selecta. Barcelona, España), para evitar cambios bruscos de temperatura que pudieran afectar la movilidad de los espermatozoides. Utilizando el objetivo de 40x de un microscopio de contraste de fase se procedió a contar un total de 200 espermatozoides, asignando a cada uno de ellos a una de las cuatro categorías de movilidad definidas por la OMS (a,

b, c, d) (Tabla 2.1). Para nuestros estudios solo se hizo referencia al porcentaje de espermatozoides con movilidad de tipo (a+b).

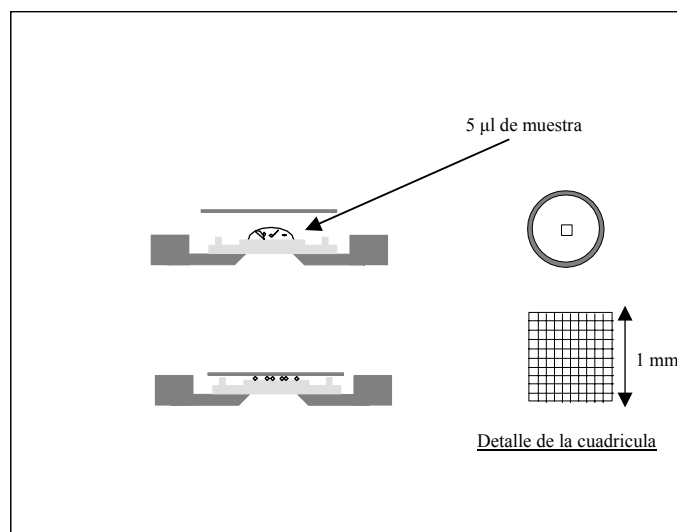


Figura 2.4. Dibujo esquemático de la Cámara Makler.

Tabla 2.1. Tipos de movilidad espermática según los criterios de la OMS (1999)

Categoría	Tipo de movilidad	Velocidad
a	Excelente (velocidad alta con trayectoria rectilínea)	$\geq 25 \mu\text{m/s}$ a 37°C^* $\geq 20 \mu\text{m/s}$ a 20°C
b	Moderada (velocidad media con trayectoria poco o nada rectilínea)	$< 25 \mu\text{m/s}$ $\geq 5 \mu\text{m/s}$
c	No progresiva (movimiento sin apenas desplazamiento del espermatozoide)	$< 5 \mu\text{m/s}$
d	Ausencia de movilidad	$0 \mu\text{m/s}$

* $25 \mu\text{m}$ equivalen aproximadamente a la longitud de 5 cabezas o a la mitad de la longitud del flagelo

2.4.2. Análisis de la morfología espermática

Para la determinación del porcentaje de espermatozoides con morfología normal, se realizaron frotis a partir de 5 μ l de semen, extremándose las precauciones durante su realización para no introducir alteraciones físicas en los espermatozoides. Para ello, se utilizó un portaobjetos esmerilado y con los cantos pulidos, con una inclinación aproximada de 30° y aplicando una ligera presión durante el arrastre de la suspensión espermática. Los frotis se dejaron secar al aire durante 60 minutos, Seguidamente, se tiñeron siguiendo el protocolo indicado en el kit de tinción Hemacolor (Merck, Darmstadt, Alemania, Cat. No. 11661), que incluye un fijador (metanol al 50%) y dos colorantes celulares. Dicho protocolo de tinción incluye 5 inmersiones en el fijador, 7 inmersiones en el primer colorante y 6 inmersiones en el segundo colorante, cada una de ellas con un tiempo aproximado de un segundo. Los frotis teñidos se dejaron secar al aire durante una hora, se aclararon con xileno durante unos segundos y se montaron de forma permanente con Eukitt (O.Kindler GMBH&Co., Freiburg, Alemania). Mediante el objetivo de inmersión 100x de un microscopio de campo claro se analizaron un total de 200 espermatozoides por muestra que se clasificaron, de acuerdo con los criterios de la OMS (1999), como normales o anormales (Fig. 2.5).

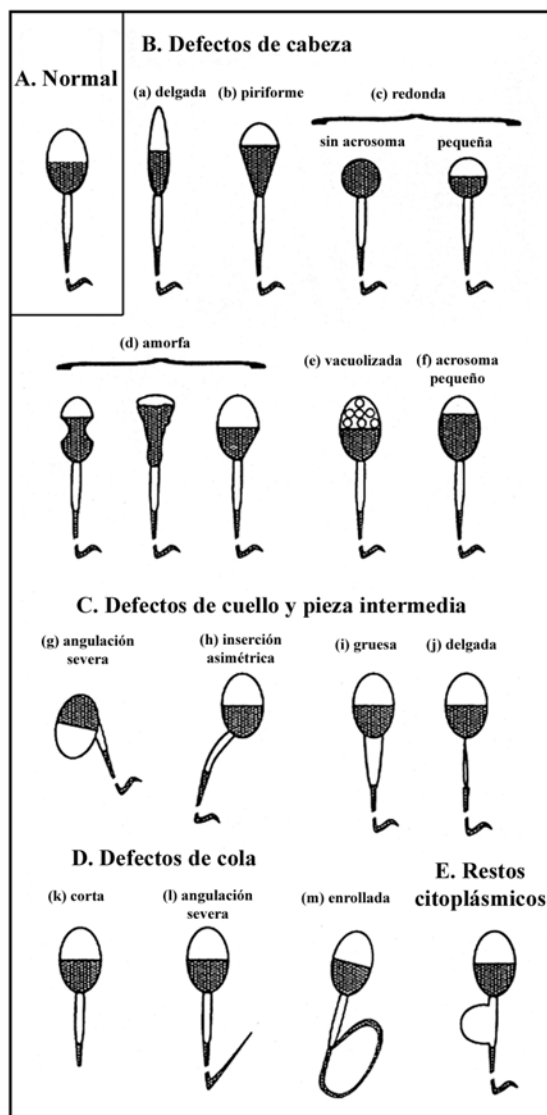


Figura 2.5. Dibujos esquemáticos de espermatozoides humanos. A) Espermatozoide normal; B-E) Espermatozoides con diferentes tipos de defectos morfológicos. Modificado de WHO, 1999.

2.4.3. Determinación de la concentración espermática

La concentración espermática se valoró utilizando un hemocitómetro (cámara Neubauer mejorada. Brand, Alemania) (Fig. 2.6).

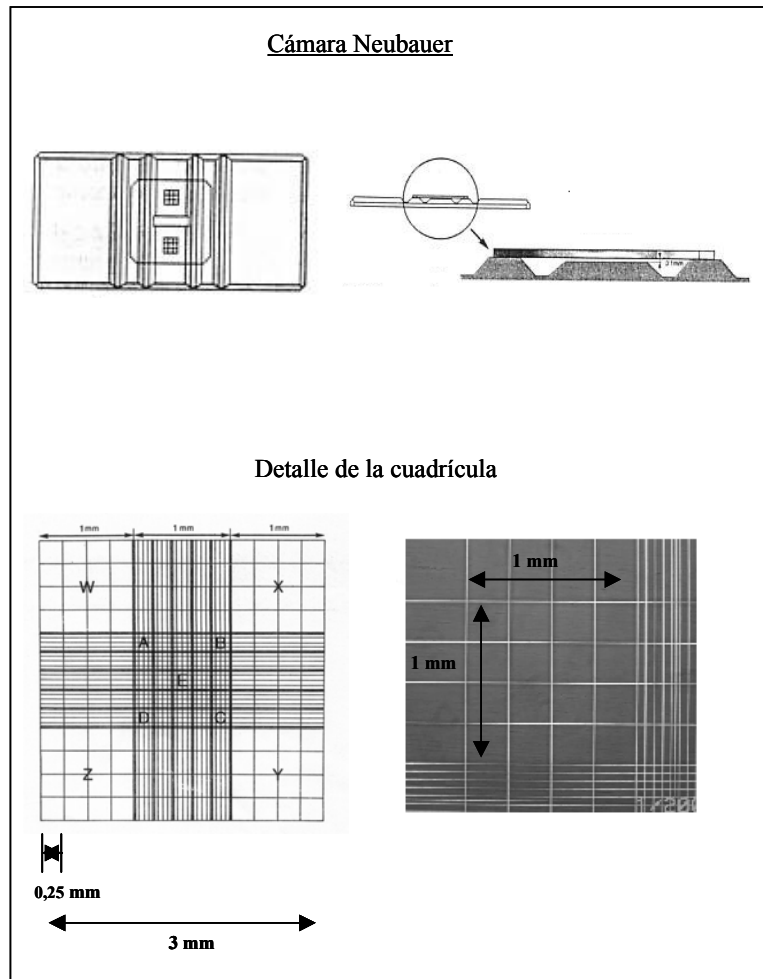


Figura 2.6. Esquema de la cámara Neubauer mejorada en el que se aprecian las dimensiones de la cuadrícula.

Primeramente, se determinó el factor de dilución a utilizar para el recuento espermático. Para ello, se depositaron 10 μl de semen sobre un portaobjeto, se cubrieron con un cubreobjeto de 24 x 24 mm y se contó el número de espermatozoides por campo microscópico mediante el objetivo 40x. La solución utilizada para realizar las diluciones consistió de 50 g de NaHCO_3 , 10 ml de formalina al 35% (v/v), y completando hasta 1000 ml con agua destilada (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Diluciones del semen fresco para la determinación de la concentración espermática mediante el hemocitómetro (cámara Neubauer mejorada)

Espermatozoides x campo (40x)	Dilución	Semen (μl)	Medio de dilución (μl)
10-20	1:10	20	180
>20	1:20	20	380
>50	1:50	20	980
>100	1:100	10	990

Una vez efectuada la dilución pertinente a cada caso, se cargó por capilaridad ambas cámaras del hemocitómetro con la muestra diluida, dejando sedimentar durante 5 minutos en cámara húmeda. Para el recuento espermático se utilizó el objetivo 40x de un microscopio de contraste de fase y se contaron el número de espermatozoides morfológicamente maduros en un área de 1 mm^2 , distribuida en 16 cuadrados medianos y localizados en las 4 diagonales de la cámara. El cálculo final de la concentración (millones/ml) incluyó el número de espermatozoides contados en un volumen de 0.1 mm^3 (1 mm^2 de área x 0.1 mm de profundidad de la cámara), multiplicado por el factor de dilución de la muestra y el factor de corrección del volumen (10^4).

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.5.1. Análisis de correlación y regresión

Se realizaron estudios de correlaciones bivariadas entre los valores de los parámetros seminales de cada individuo y la media, o la mediana (dependiendo del caso), de la valoración del atractivo facial dado por los distintos grupos de evaluadores. Así mismo, se realizaron estudios de correlaciones bivariadas entre las medidas de los parámetros faciales absolutos y de simetría facial, y la media, o la mediana, de la valoración del atractivo facial masculino dado por los diferentes grupos de evaluadores. Cuando los datos siguieron una distribución normal el estadístico descriptivo utilizado fue la media, en caso contrario se utilizó la mediana de la valoración del atractivo facial masculino.

Igualmente, se realizaron estudios de regresión lineal con el fin de determinar la capacidad explicativa de las variables independientes dado que la existencia de una correlación significativa entre la valoración del atractivo facial y los parámetros seminales y/o antropométricos, no implica la capacidad predictiva de la curva obtenida.

En algunos de nuestros estudios de correlación se incluían muchas variables, por lo que se utilizó la prueba de ajuste o corrección de Bonferroni con el fin de descartar aquellas correlaciones cuya significación pudieran ser debidas al azar. Esta prueba consistió en dividir el valor de significación de referencia ($P < 0.05$) por el número de correlaciones, considerándose el resultado como el valor límite para el establecimiento del nivel de significación en cada caso.

Cabe mencionar que en un principio del desarrollo de los trabajos, y para el análisis de correlación entre atractivo facial y calidad seminal, se obtuvieron los estimadores robustos centrales, como alternativa a la media o la

mediana, de la valoración del atractivo facial masculino. En general, los estimadores robustos centrales son medidas de tendencia central que no dependen de la condición de distribución normal de los datos y que pueden ser más apropiados que la media o la mediana cuando los datos presentan valores extremos o una distribución asimétrica con colas alargadas. Sin embargo, los análisis correspondientes no han sido incluidos en los resultados de este trabajo por el desacuerdo inicial con algunos de los evaluadores (*referees*) de nuestros estudios que mostraron cierta resistencia a la introducción de estadísticos que no serían de fácil comprensión para muchos lectores. Por ello, y pese a considerar que no es lo más adecuado, los resultados presentados en este trabajo utilizarán media y mediana como indicadores de centralidad de las muestras, tal y como ya se ha indicado.

Hay que resaltar también que uno de los objetivos de nuestros estudios ha sido introducir otras técnicas de análisis estadístico, además de los que tradicionalmente se vienen utilizando, con el fin de contrastar nuestras hipótesis de trabajo y explorar modelos matemáticos que le den una mayor validez a las mismas.

2.5.2. Análisis de fiabilidad de las medidas y de acuerdo entre evaluadores

Se realizó una ANOVA de medidas repetidas para definir si las medidas tanto de los parámetros faciales absolutos como de simetría eran repetibles y/o reproducibles. La estimación de la repetitividad se basó en el coeficiente de correlación intraclase que oscila entre 0 y 1, de modo que la máxima concordancia posible entre las mediciones correspondería a un valor de 1. En este caso, la variabilidad observada se explicaría por las diferencias biológicas en las medidas de los parámetros antropométricos de los individuos y no por

las diferencias en las medidas debidas al método de medición. Así mismo, un valor de 0 se obtendría cuando la concordancia observada es igual a la que se esperaría que ocurriera debido al azar.

Por otro lado, se analizó el grado de acuerdo en la valoración del atractivo facial entre los diferentes grupos de evaluadores mediante el estadístico de cronbach.

2.5.3. Análisis de la varianza y comparación entre grupos

A los valores medios, o las medianas, de la valoración del atractivo facial masculino dados por los diferentes grupos de evaluadores se les realizó un análisis de distribución y de homogeneidad de la varianza mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Para las muestras que siguieron una distribución normal y cuyas varianzas fueron homogéneas, se realizó una ANOVA, mientras que para las muestras que no siguieron una distribución normal se utilizó el test de Kruskal-Wallis.

2.5.4. Análisis de reducción de datos

Con el fin de reducir el número de variables y definir factores o componentes que sucesivamente explicaran la mayor parte de la varianza observada se utilizó el método de análisis de componentes principales. Se analizó la matriz de componentes calculada y después de la extracción inicial de dichas componentes, los factores ortogonales fueron rotados utilizando el criterio Varimax. La interpretación de los resultados se basó en el análisis de los factores dominantes y en el porcentaje total de la varianza explicativa.

Para la realización de los análisis estadísticos mencionados se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 11.5 para Windows.

**CAPÍTULO III. EL ATRACTIVO FACIAL
MASCULINO COMO PREDICTOR DE LA
CALIDAD SEMINAL**

INTRODUCCIÓN

La valoración del atractivo facial parece estar estrechamente relacionado con la selección de pareja (Chen *et al.*, 1997; Rhodes *et al.*, 1998; Thornhill y Gangestad, 1996, 1999a), pero qué es lo que tal valoración indica sobre la calidad fenotípica del individuo es un tema que aún no está del todo claro. Al respecto, cabe señalar que ciertos aspectos faciales que se han relacionado con el atractivo, tales como la simetría y diversas proporciones anatómicas de la cara (Magro, 1999; Perrett *et al.*, 1994, 1998), se correlacionan positivamente con el estado de salud del individuo (Cunningham, 1986; Kalkick *et al.*, 1998; Shackelford y Larsen, 1997, 1999). Si lo que se considera atractivo en una cara masculina es una señal fiable de su calidad fenotípica, se podría anticipar que la valoración del atractivo facial se debería de correlacionar con la calidad reproductiva, reflejada, en nuestro caso, en la calidad seminal (Gangestad, 1993; Barber, 1995; Grammer y Thornhill, 1994; Pawlowski, 2000). De acuerdo con esta hipótesis, el objetivo del presente estudio fue investigar si la valoración del atractivo facial masculino, basado en fotografías, dada por un grupo de mujeres se correlacionaba con la calidad seminal, valorada de acuerdo con los criterios estándares de morfología, movilidad y concentración espermática.

MATERIAL Y MÉTODOS

A) Participantes masculinos

La muestra utilizada estuvo compuesta por 66 hombres, estudiantes de la *Universitat de València*, cuyo rango de edad estuvo comprendido entre 19 y 36 años (23.4 ± 2.7). El periodo de abstinencia eyaculatoria reportado fue de 1 a 10 días (4.1 ± 1.5).

B) Análisis de semen

El análisis de semen se realizó siguiendo los criterios de la OMS (World Health Organization, 1999), e incluyó el análisis de los tres parámetros básicos: movilidad, morfología y concentración espermática. Además, se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de agrupar las tres variables seminales de cada individuo y definir factores o componentes que explicaran la mayor parte de la varianza total.

C) Participantes femeninos

Para la valoración del atractivo facial masculino se realizaron dos estudios en los que se seleccionaron dos muestras independientes de mujeres, cuya descripción se da a continuación:

Para el estudio 1, se seleccionaron 75 mujeres, estudiantes de la *Universitat de València*, para valorar el atractivo facial masculino. Se excluyó a 9 de las participantes debido a que conocían a algunos de los individuos, cuyo atractivo iban a valorar, o porque estaban utilizando contraceptivos orales. El rango de edad para las 66 mujeres restantes estuvo comprendido entre 20 y 27 años (21.8 ± 1.5).

Para el estudio 2, se seleccionaron 88 mujeres, con edades entre 18 y 28 años (18.6 ± 1.3), de las que no se disponía de información sobre el ciclo menstrual. También se incluyeron en este segundo estudio 76 mujeres con ciclo menstrual regular y con edades entre 18 y 27 años (18.8 ± 1.4). Ambos grupos de mujeres eran estudiantes de la Universidad de Zaragoza (a 320 km de Valencia).

Además, a las 75 mujeres del estudio 1 y a las 76 del estudio 2 se les solicitó información a cerca de la duración en días de su ciclo menstrual y del primer día de su último periodo menstrual. Igualmente, en estos dos grupos de mujeres se calculó el riesgo de embarazo (calculado como la probabilidad de concepción después de su última relación sexual) a partir de los valores reportados por Jöchle (1973) (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Índice del riesgo de embarazo de las mujeres, evaluadoras del atractivo facial masculino, de acuerdo con la clasificación de Jöchle (1973).

	Estudio 1 (València)	Estudio 2 (Zaragoza)
Población total	0.09 (52; 0.02-0.41)	0.17 (76; 0.02-0.41)
Grupo de alto riesgo de embarazo	0.29 (8; 0.18-0.41)	0.27 (30; 0.18-0.41)
Grupo de bajo riesgo de embarazo	0.04 (44; 0.02-0.11)	0.04 (46; 0.02-0.11)

Los datos representan los valores promedios (n; rango).

D) Valoración del atractivo facial

Para el estudio 1, a las imágenes digitalizadas de la fotografía frontal y del lateral derecho de los 66 individuos se les colocó una máscara oval para minimizar el efecto del tipo de peinado (Fig. 3.1) y las imágenes resultantes se transfirieron a un archivo PowerPoint. Las imágenes de cada individuo fueron mostradas, al grupo de 66 mujeres, durante 20 segundos, a través de un moni-

tor de televisión, seguido por un sonido neutro y la exposición de una imagen en negro durante 3 segundos. Las mujeres valoraron el atractivo facial masculino, medido por la puntuación que daban a cada individuo como pareja estable sobre una escala de 10 puntos (0 = menos atractivo, 10 = más atractivo). De las puntuaciones dadas por las evaluadoras se obtuvieron las medianas de las valoraciones para cada individuo.



Figura 3.1. Vista frontal y lateral derecha de la cara de un individuo. Las fotografías en color fueron escaneadas y una máscara oval colocada sobre la imagen para minimizar el efecto del tipo de peinado.

Para el estudio 2, se utilizaron imágenes impresas de la cara de 12 hombres seleccionados de la muestra de 66 individuos. Con la imagen frontal y lateral derecha (5 x 7 cm) de cada individuo se confeccionó un fotomontaje en el que los mismos estaban distribuidos de forma aleatoria (Fig. 3.2). La selección de los 12 individuos se basó en el valor del Índice Espermático, IE, (componente principal resultante de los tres parámetros seminales básicos),

respecto del cual se dividió la población de 66 hombres en terciles (baja, normal y alta calidad seminal) de acuerdo al índice espermático (Tabla 3.2), escogiéndose al azar a cuatro individuos de cada tercil. El rango de edad para esta muestra de 12 individuos fue de 21 a 29 años (23.9 ± 2.3), con un periodo de abstinencia eyaculatoria de 2 a 5 días (3.8 ± 0.8). El atractivo facial de esta muestra de individuos fue valorado por dos grupos independientes de mujeres ($n=88$ y $n=76$, respectivamente), estudiantes de la Universidad de Zaragoza. Al igual que en el estudio 1, se utilizó la misma escala de 10 puntos para valorar el atractivo facial de cada individuo como pareja estable y, de la misma manera que en el estudio 1, de las puntuaciones dadas por los dos grupos de mujeres se obtuvieron las medianas de las valoraciones para cada individuo.

E) Análisis estadístico

En ambos estudios, se realizó un análisis de correlación, mediante el estadístico bponderado de Pearson, entre las medianas de la valoración del atractivo facial de cada individuo y los parámetros seminales en cada uno de los grupos de evaluadoras. Todos los cálculos estadísticos se realizaron con el SPSS para Windows (versión 11.5).

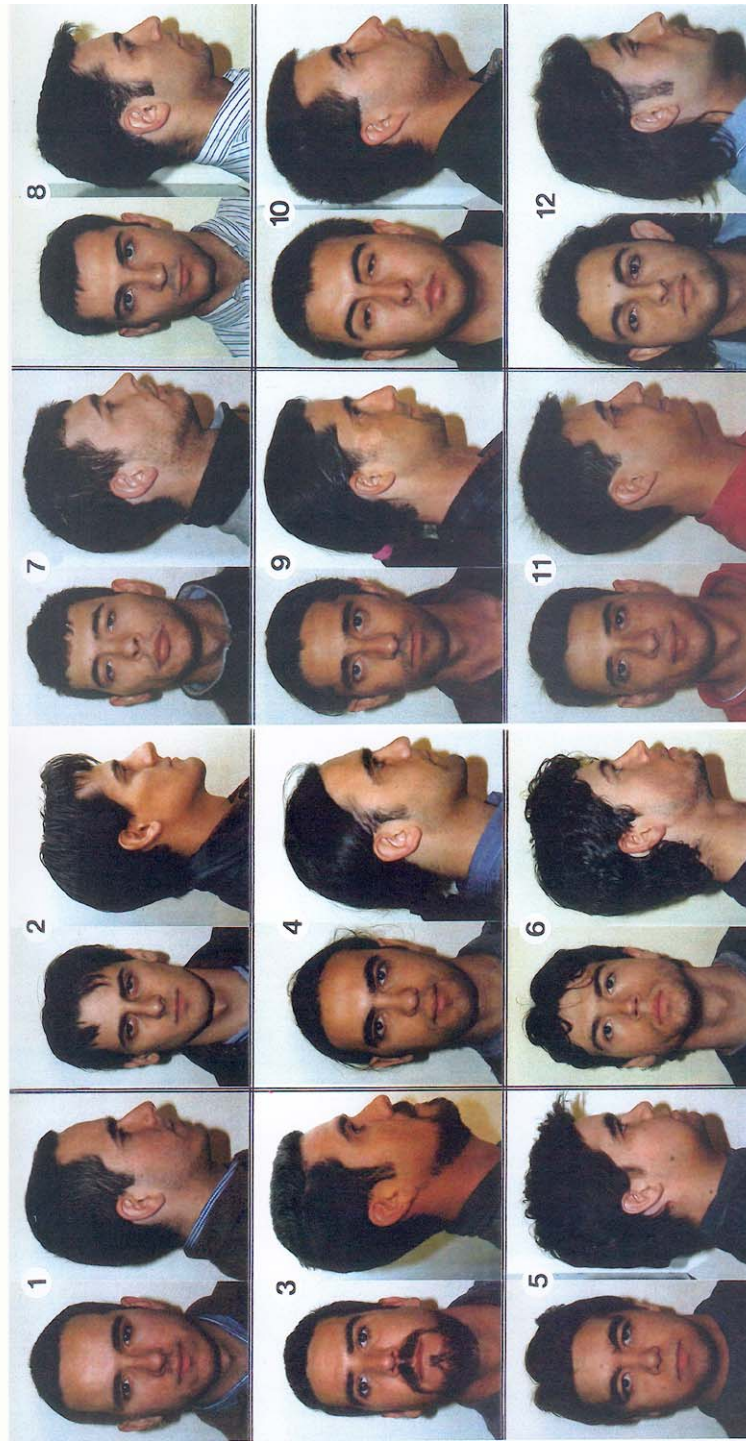


Figura 3.2. Fotomontaje de las imágenes faciales en posición frontal y lateral de los 12 individuos

Tabla 3.2. Valores (Media±D.E) de los parámetros seminales de la muestra total de 66 individuos (Estudio 1) y de los tres subgrupos, de cuatro individuos seleccionados al azar, que representan las categorías de alta, normal, y baja calidad seminal (Estudio 2)

	Alta (n=4)	Normal (n=4)	Baja (n=4)	Total (n=66)
Movilidad	73.25±5.56	67.75±4.19	33.75±5.06	60.32±15.77
Morfología	33.13±5.71	26.75±11.70	5.00±3.16	22.35±10.26
Concentración	141.25±21.69	53.50±34.67	14.5±14.89	85.43±61.61
ÍE	1.29±0.55	0.19±0.52	-2.08±0.12	0.00±1.00

Todos los parámetros se ajustan a una distribución normal.

El ÍE (Índice Espermiático) es la componente principal calculada a partir de los tres parámetros seminales

RESULTADOS

A) Estudio 1

Las medianas de la valoración del atractivo facial dada por las 66 mujeres se correlacionaron significativamente con tres de los parámetros de calidad seminal analizados en los 66 hombres. La valoración del atractivo facial masculino, como pareja estable, se correlacionó con la morfología ($P<0.01$), la movilidad y el Índice Espermiático ($P<0.05$), pero no con la concentración (Tabla 3.3). El mismo patrón (para la morfología, $P<0.05$) resultó con la valoración dada por el grupo de mujeres con ciclo menstrual regular y para el subgrupo de mujeres que presentaban un bajo riesgo de embarazo. Las puntuaciones del subgrupo, de ocho mujeres, con un alto riesgo de embarazo sólo se correlacionó significativamente con la movilidad ($P<0.05$) (Tabla 3.3).

B) Estudio 2

En el primer grupo de mujeres (n=88), las medianas de las puntuaciones del atractivo como pareja estable para los 12 hombres se correlacionaron de forma significativa ($P<0.05$) con el porcentaje de morfología normal (Ta-

bla 3.4). En el segundo grupo de mujeres (n=76), las medianas de las puntuaciones sobre el atractivo facial de los 12 hombres se correlacionaron ($P<0.05$) con el porcentaje de movilidad, el porcentaje de morfología normal y el Índice Espermático, pero no con la concentración (Tabla 3.4). Además, la valoración del atractivo facial de los dos subgrupos con distinto riesgo de embarazo mostró una correlación significativa ($P<0.05$) con la movilidad, la morfología y el Índice Espermático en el subgrupo de bajo riesgo de embarazo, al igual que en el Estudio 1. Sin embargo, en el subgrupo de alto riesgo de embarazo sólo hubo una correlación significativa ($P<0.05$) con la morfología espermática, mientras que la correlación para la movilidad estuvo cerca de la significación ($P=0.07$) (Tabla 3.4).

Tabla 3.3. Correlación de los parámetros de calidad seminal con las medianas de las puntuaciones del atractivo como potencial pareja estable (Estudio 1)

	Total mu- jeres	Ciclo regular		Total
		Bajo riesgo de embarazo	Alto riesgo de embarazo	
Número de mujeres	66	44	8	52
Movilidad	0.275*	0.287*	0.257*	0.259*
Morfología	0.325**	0.308*	0.121	0.308*
Concentración	0.026	-0.013	-0.040	0.011
ÍE	0.298*	0.277*	0.157	0.275*

Las puntuaciones en el estudio 1 se basaron en las 66 fotografías faciales mostradas en un monitor de televisión.

Se utilizó el criterio de la OMS (WHO, 1999) para la valoración de la calidad seminal (ver Tabla 3.1).

* $P<0.05$; ** $P<0.01$.

Tabla 3.4. Correlación de los parámetros de calidad seminal con las medianas de las puntuaciones del atractivo como potencial pareja estable (Estudio 2)

	Grupo 1	Grupo 2		Total
		Bajo riesgo de embarazo	Alto riesgo de embarazo	
Número de mujeres	88	46	30	76
Movilidad	0.513	0.605*	0.533	0.592*
Morfología	0.578*	0.630*	0.573*	0.654*
Concentración	0.236	0.232	0.235	0.278
ÍE	0.507	0.562*	0.512	0.581*

Las puntuaciones en el estudio 2 se obtuvieron a partir de 12 fotografías impresas y mostradas a dos grupos de mujeres (grupo 1, sin ninguna información sobre su ciclo menstrual; grupo 2, con información a cerca del primer día del ciclo en las mujeres con ciclo regular).

Se utilizó el criterio de la OMS (WHO, 1999) para la valoración de la calidad seminal (ver Tabla 3.1).

* $P < 0.05$.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que el atractivo facial masculino presenta una correlación altamente significativa con los parámetros seminales analizados. Obviamente, la escogencia final de la pareja está influenciada por otros factores, tales como la posición económica y social, la apariencia general corporal, la capacidad de comunicarse mediante gestos y palabras, y el comportamiento parental y social (Pollard, 1994). Este estudio ha mostrado también que las mujeres son capaces de reconocer a los hombres con mayor capacidad reproductiva basándose en la apariencia facial.

Estudios anteriores ya plantearon la existencia de una correlación altamente significativa entre la asimetría fluctuante de la mano (expresada como la relación en la longitud de los dígitos dos y cuatro (2D/4D) de la mano derecha) y la concentración de espermatozoides en el semen (Manning *et al.*, 1998a,b). Esta correlación se atribuyó a una posible relación entre la estabili-

dad del desarrollo general y la fertilidad masculina, pero sin ninguna ventaja aparente para la selección sexual. Además, un estudio posterior ha reportado que numerosos genes localizados en el cromosoma Y están funcionalmente relacionados con la producción de semen y con el desarrollo de rasgos dimórficos tales como el tamaño corporal y el desarrollo de los dientes (Roldán y Gomendio, 1999). Entre los mamíferos, estos parámetros influyen en la capacidad competitiva de los individuos, en el contexto de las competiciones intra-sexual y espermática (Roldán y Gomendio, 1999). Nuestros resultados muestran que los hombres cuyas caras fueron valoradas como las más atractivas son aquellos cuyo semen presenta una mayor calidad espermática. Esta es la primera evidencia directa de una relación entre el atractivo facial masculino y su calidad reproductiva fisiológica. Resultados similares han sido observados en otros animales (Birkhead y Fletcher, 1995; Roldán *et al.*, 1998) lo que refuerza nuestros hallazgos. Todo ello sugiere la existencia de alguna relación entre los genes que determinan el fenotipo facial y aquellos que regulan la espermatogénesis.

Por otro lado, algunos estudios han planteado que los rasgos sometidos a selección sexual son indicadores de resistencia a los patógenos (Kalick *et al.*, 1998) y de la salud en general (Grammer y Thornhill, 1994; Perrett *et al.*, 1999).

Con relación al papel de la simetría facial como indicador de la salud del individuo, se ha mostrado que los hombres cuyas caras son horizontalmente asimétricas tienden a ser más depresivos y más inestables emocionalmente, mientras que aquellos cuyas caras son verticalmente asimétricas son más impulsivos (Shackelford y Larsen, 1997). Además, la asimetría facial se podría considerar como una señal más fiable de una salud deficiente en los hombres que las mujeres (Grammer y Thornhill, 1994; Shackelford y Larsen,

1997). En muchas poblaciones humanas, solamente la cara y las manos son observables de forma directa y estas características son las primeras mediante las cuales el atractivo masculino se puede expresar. En un estudio preliminar de nuestro grupo, se encontró que el 71% de 246 mujeres de la *Universitat de València* expresaron que la cara es la primera característica en la que ellas se fijan de un hombre cuando están valorando su atractivo (datos no publicados).

Mientras que las hembras son consideradas el factor limitante para la reproducción masculina (Trivers, 1971), en el caso de nuestra especie, el acceso a un número limitado de hombres pudo ocasionar también una competición intrasexual entre las hembras, lo que explicaría el hecho de que, pese al escaso dimorfismo que observamos, las mujeres hayan evolucionado sus caracteres más que los hombres (Galiana, 1999). Las sociedades humanas polígicas tienden a caracterizarse por una gran carga de patógenos (Gangestad y Buss, 1993; Low, 2000), y los hombres de este tipo de sociedades, como en el caso de las comunidades cazadoras-recolectoras, tienen más esposas e hijos (Kaplan y Hill, 1985).

Los resultados del presente estudio sugieren que las mujeres son capaces de detectar la calidad seminal basadas en el atractivo facial y esto puede, en parte, afectar la varianza del éxito reproductivo de los hombres. En el caso de las relaciones extra-pareja, se podría esperar que las mujeres fueran más sensibles a la calidad fenotípica masculina, especialmente durante la mitad del ciclo menstrual cuando la probabilidad de ovulación es mayor. La observación de que la valoración del atractivo facial por las mujeres con alto riesgo de embarazo no se correlacionó significativamente con los parámetros seminales, a excepción de la movilidad en el Estudio 1 y la morfología en el Estudio 2, está en desacuerdo con esta idea y con los resultados presentados por otros autores en los que se indica que las mujeres, cuando están ovulando,

presentan una mayor preferencia por los hombres más simétricos (Rikowski y Grammer, 1999; Thornhill y Gangestad, 1999b; Penton-Voak y Perrett, 2000; Tarín y Gómez-Piquer, 2002). Por lo tanto, se hace necesario la realización de otros estudios para aclarar este interrogante.

CAPÍTULO IV. ANTROPOMETRÍA DEL ATRACTIVO FACIAL MASCULINO

INTRODUCCIÓN

Los aspectos relativos al atractivo se han relacionado con el nivel de simetría de diversos caracteres, tanto en hombre (Perret *et al.*, 1999; Thornhill y Gangestad, 1999a; Jones *et al.*, 2001) como en diversas especies (Manning y Chamberlain, 1993; Radesäter y Halldórsdóttir, 1993; Møller y Thornhill, 1998). Ahora bien, si los signos externos relativos al atractivo no se correlacionan con la calidad reproductiva de los individuos se puede llegar a la paradoja de que los individuos con mayor éxito sean los peores reproductores, lo que pondría en peligro la supervivencia de la especie. La primera evidencia al respecto fue presentada por Manning *et al.* (1998b) al comprobar una correlación entre la asimetría fluctuante de los dedos dos y cuatro de la mano derecha y la concentración espermática. Más recientemente, nuestro grupo ha aportado la primera evidencia directa de la relación entre el atractivo de un individuo y su capacidad reproductiva, medida en base a su calidad seminal (Soler *et al.*, 2000b, 2003b). Todos estos estudios aportan evidencias de la homología existente entre las diversas especies animales en lo que se refiere al concepto de atractivo y de su implicación en el proceso de selección reproductiva. El presente trabajo trata de elucidar qué aspectos antropométricos faciales pueden estar relacionados con la valoración de atractivo realizada en los trabajos anteriores.

MATERIAL Y MÉTODOS

A) Análisis de reproducibilidad y de replicabilidad

A seis individuos se les tomó cuatro fotografías de la cara en posición frontal, con una separación de, al menos, dos días entre la realización de cada foto. El análisis antropométrico de características faciales se realizó midiendo un total de 13 parámetros (Fig. 4.1). Además, para el análisis de la posible asimetría fluctuante se trazó un eje vertical a lo largo de la línea media de la cara, que se utilizó como referencia para la medición de otros 11 parámetros (Fig. 4.2). Todas las medidas fueron realizadas mediante el programa de análisis de imagen “NIH Image”, versión para Macintosh (Rasband, 1996). Además del valor absoluto de la asimetría fluctuante, se calculó la asimetría relativa o con signo (D-I), donde D e I son las medidas de los lados derecho e izquierdo, respectivamente, de cada parámetro.

La repetitividad de las medidas, tanto de los parámetros faciales totales como de asimetría, se valoró utilizando el test ANOVA de medidas repetidas (Palmer y Strobeck, 1986; Firman *et al.*, 2003). Las medidas se aceptaron como repetibles cuando la varianza fue significativamente mayor entre los individuos que entre las medidas repetidas en el mismo individuo. La estimación de la repetitividad se basó en el coeficiente de correlación intraclase, que varía entre cero y uno, de forma que cuanto más cercano es a uno mayor es la repetitividad. Un coeficiente de correlación intraclase con un valor menor de 0.3 indica que la variación observada se debe más a diferencias en el proceso de medición que a la variabilidad biológica del parámetro en cuestión por lo que la medición del mismo no es repetible (Winer, 1971).

Para el análisis de reproducibilidad, se seleccionó una fotografía de cada uno de los mismos seis individuos en la que se midieron cinco veces los parámetros faciales que resultaron repetibles del análisis anterior, tanto de la

cara en su conjunto como de las asimetrías. De la misma manera que en el análisis de reproducibilidad, se analizó la repetitividad de las medidas.

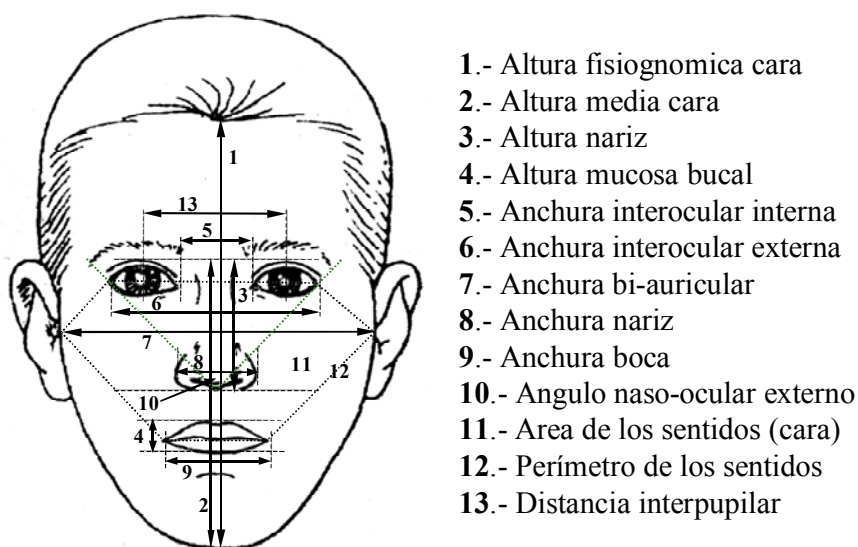


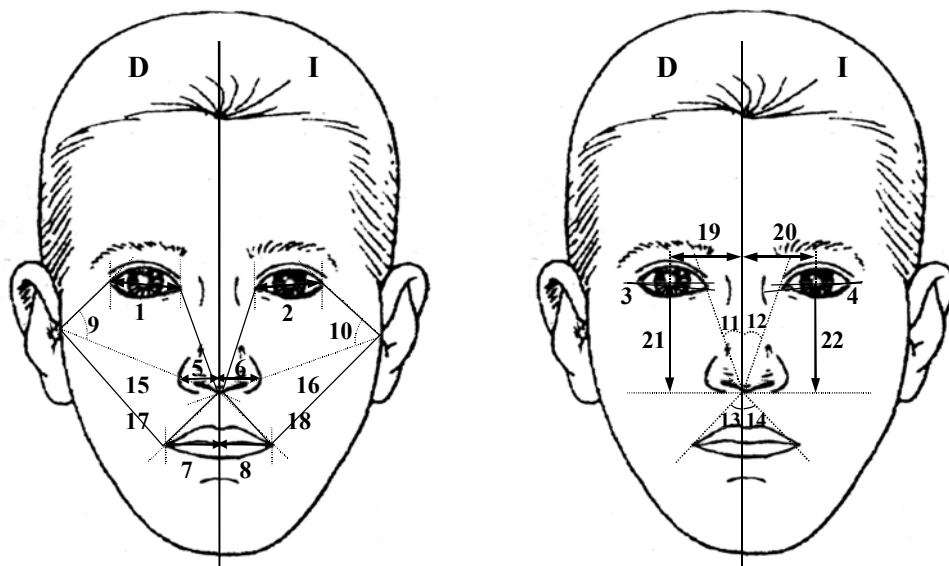
Figura 4.1. Definición de parámetros faciales. Las medidas longitudinales se expresaron en milímetros y las medidas angulares en grados.

B) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría fluctuante

Se tomaron fotografías de la cara en posición frontal a 66 voluntarios cuyo rango de edad estaba comprendido entre 19 y 36 años (23.4 ± 2.7).

A los 66 individuos seleccionados, se les realizaron las medidas de los parámetros faciales cuyas medidas se habían validado anteriormente. Para cada parámetro, la asimetría se calculó restando la medida del lado izquierdo de la medida del lado derecho (D-I), pudiéndose considerar como con asimetría fluctuante (AF) aquellos parámetros cuyos valores seguían una distribución normal (determinada por el test de Kolmogorov-Smirnov) y una media alrededor de cero (determinada por el test *t* de una muestra). La AF ([D-I]) se

estandarizó dividiendo el valor de la resta (absoluta) de cada parámetro por el valor promedio de las medidas de ambos lados de la cara ($([D+I])/2$) (Firman *et al.*, 2003).



1-2 Anchura palpebral. 3-4 Inclinación ojos. 5-6 Distancia pronasal-alagenium. 7-8 Distancia estomion-chelion. 9-10 Ángulo óculo-oto-nasal. 11-12 Ángulo separación ojos. 13-14 Ángulo nasobucal. 15-16 Área de los sentidos. 17-18 Perímetro de los sentidos. 19-20 Distancia pupila-aje cara. 21-22 Altura pupila-subnasal.

Figura 4.2. Parámetros utilizados para la definición de la asimetría facial. D e I corresponden a los lados derecho e izquierdo de la cara, respectivamente.

C) Valoración del atractivo

Se confeccionó una presentación de PowerPoint en la que cada diapositiva contenía la imagen frontal de cada uno de los individuos, con un óvalo superpuesto, con el fin de evitar el efecto del tipo de peinado. Cada imagen se mostró durante 20 s, con un espacio negro de 3 s entre imágenes. Esta secuencia se mostró por parejas en un monitor de televisión a un conjunto de 66 mujeres, cuyo rango de edad estaba entre 20 y 27 años (21.8 ± 1.5), que puntuaron a los individuos entre 0 y 10 según su grado de atractivo.

D) Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación bivariada de Pearson entre el valor promedio de la valoración del atractivo para cada individuo con las medidas de los parámetros faciales, los valores de asimetría relativa y de asimetría absoluta estandarizada. Para la realización de todos los análisis estadísticos mencionados se utilizó la versión 11.5 del SPSS para Windows.

RESULTADOS

A) Análisis de reproducibilidad y de replicabilidad

Para el análisis de repetición, el ANOVA de medidas repetidas mostró que todos los parámetros faciales considerados fueron significativamente repetibles. La repetitividad de las medidas fue altamente significativa y el coeficiente de correlación intraclase varió de 0.687 a 0.946, $F = 9.76$ a 70.99 , $P < 0.001$ (Tabla 4.1). Para el análisis de precisión, las medidas de todos los parámetros faciales fueron significativamente repetibles. Así mismo, la estimación de la repetitividad de las medidas fue alta y el coeficiente de correlación intraclase varió de 0.509 a 0.999, $F = 6.18$ a 3628.85 , $P < 0.001$ (Tabla 4.1).

Por su parte, las medidas de asimetría de los parámetros faciales fueron repetibles de forma significativa, a excepción de la anchura palpebral, del ángulo de separación de los ojos, y del área de los sentidos. Por lo tanto, estos parámetros no fueron considerados en los análisis posteriores. La estimación de la repetitividad en las medidas consideradas fue alta y el coeficiente de correlación intraclase varió de 0.320 a 0.719, $F = 2.88$ a 11.23 , $P < 0.05$ (Tabla 4.2). Para el análisis de precisión, las medidas de asimetría de los parámetros faciales fueron significativamente repetibles, a excepción del parámetro dis-

tancia estomion-chelion, que no fue considerado para los análisis posteriores. La estimación de la replicabilidad de las siete medidas restantes fue alta y el coeficiente de correlación intraclase varió de 0.294 a 0.912, F = 3.09 a 53.41. Todos los valores de $P < 0.001$, a excepción del ángulo naso-bucal en el que $P < 0.05$ (Tabla 4.2).

Tabla 4.1. Valores del ANOVA de medidas repetidas del análisis de repetición y precisión de las medidas de los parámetros faciales absolutos.

	Repetición		Precisión	
	CCI	F	CCI	F
Altura fisiognómica cara	0.687	9.76	0.991	548.76
Altura media cara	0.934	57.95	0.999	3628.85
Altura de la nariz	0.880	30.37	0.989	459.80
Altura mucosa labial	0.928	52.45	0.509	6.18
Anchura interocular interna	0.917	44.99	0.890	41.47
Anchura interocular externa	0.713	10.94	0.932	69.06
Anchura biauricular	0.940	63.67	0.991	581.68
Anchura de la nariz	0.867	27.15	0.983	290.36
Anchura de la boca	0.762	13.81	0.870	34.60
Angulo naso-ocular externo	0.886	32.24	0.902	47.04
Área de los sentidos	0.913	43.15	0.987	374.23
Perímetro de los sentidos	0.921	53.57	0.991	553.17
Distancia interpupilar	0.946	70.99	0.994	809.90

CCI, Coeficiente de correlación intraclase; F de Fisher-Snedecor; Para todos las medidas $P < 0.001$

B) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría fluctuante

Al aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov, todos los valores de asimetría calculados presentaron una distribución normal, a excepción del parámetro inclinación de los ojos ($P < 0.05$) (Tabla 4.3). Los valores medios de asimetría en el conjunto de individuos no presentaron diferencias significativas de

cero al aplicar el test t de una muestra. Así pues, el número final de parámetros de simetría utilizado quedó reducido a seis.

Tabla 4.2. Valores del ANOVA de medidas repetidas del análisis de repetición y precisión de las medidas de asimetría de los parámetros faciales.

	Repetición		Precisión	
	CCI	F	CCI	F
Anchura palpebral	0.174	1.84*	0.451	5.11
Inclinación de los ojos	0.320	2.88	0.646	10.11
Distancia pronasal-alagenium	0.348	3.14	0.545	6.97
Distancia estomium-chelion	0.564	6.16	0.170	2.02*
Angulo óculo-oto-nasal	0.601	7.03	0.933	70.85
Angulo de separación de los ojos	0.281	2.56*	0.770	17.72
Angulo naso-bucal	0.719	11.23	0.294	3.09
Area de los sentidos	0.237	2.24*	0.869	34.05
Perímetro de los sentidos	0.321	2.89	0.758	16.68
Distancia pupila-subnasal	0.599	6.96	0.912	53.41
Distancia pupila-eje cara	0.527	5.45	0.911	52.16

CCI, Coeficiente de correlación intraclase;

F de Fisher-Snedecor

* Medida no repetible ($P > 0.05$)

Tabla 4.3. Valores de la Z de Kolmogorov-Smirnov, Media, Desviación Estándar y del test t de una muestra para las medidas de la asimetría relativa de los parámetros faciales.

	Z	Media	D.E.	t
Inclinación de los ojos	0.11*	0.58	2.45	1.91
Distancia pronasal-alagenium	0.08	0.22	1.25	1.43
Angulo óculo-oto-nasal	0.07	0.47	4.57	0.84
Angulo naso-bucal	0.08	0.30	3.38	0.71
Perímetro de los sentidos	0.10	0.10	7.45	0.11
Distancia pupila-subnasal	0.10	0.21	1.12	1.51
Distancia pupila-eje cara	0.05	-0.17	2.26	-0.61

* $P < 0.05$

C) Análisis de correlación entre parámetros faciales y atractivo

El valor absoluto de los parámetros antropométricos faciales no mostró correlación significativa con el atractivo en ninguno de los casos.

En cuanto a la correlación entre la valoración del atractivo y los valores de AF absoluta de los seis parámetros faciales solo fue significativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.33$; $P<0.001$) (Fig. 4.3).

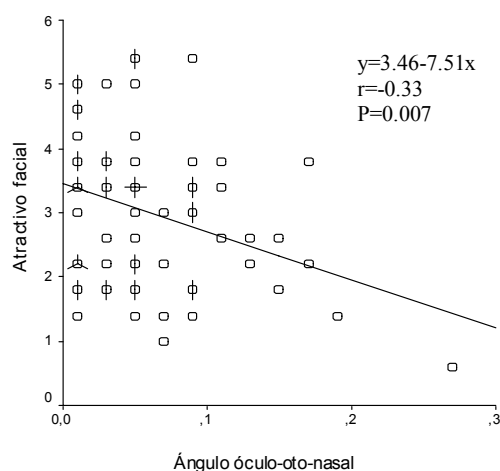


Figura 4.3. Correlación entre atractivo facial y asimetría absoluta del ángulo óculo-oto-nasal.

Por otra parte, la correlación entre la valoración del atractivo y los valores de asimetría relativa (con signo) de los mismos parámetros fue positiva ($p<0.05$) para el perímetro de los sentidos ($r=0.29$) y distancia pupila-eje cara ($r=0.27$), y negativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.29$) (Fig. 4.4). Ello indica que en los dos primeros parámetros resultaron más atractivos los individuos con predominancia del lado derecho, mientras que en el tercero lo fueron los que presentaban una asimetría hacia el izquierdo.

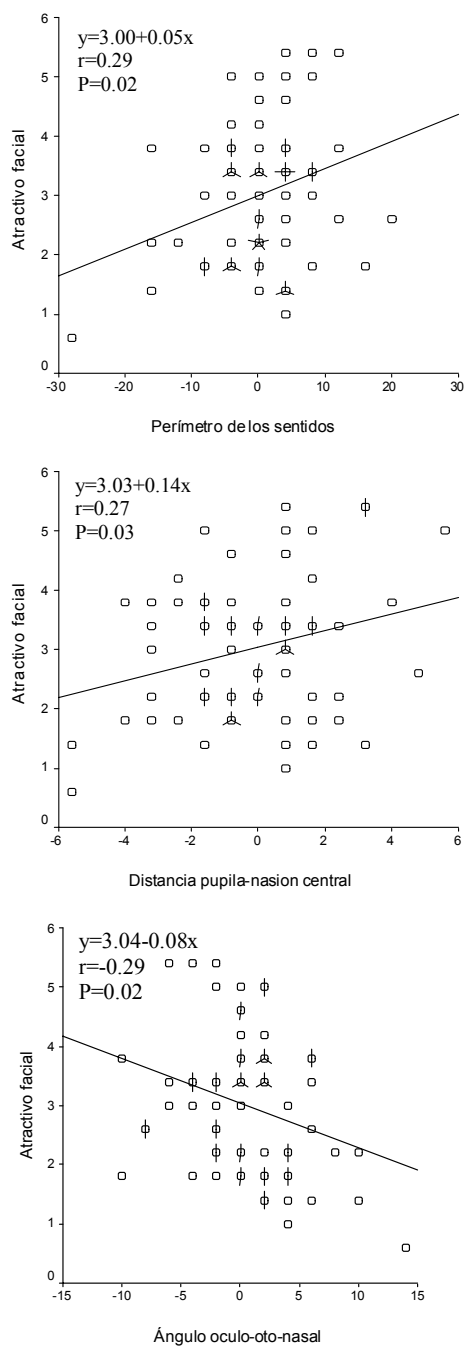


Figura 4.4. Correlación entre atractivo facial y la asimetría relativa de los parámetros perímetro de los sentidos, distancia pupila-eje cara y ángulo óculo-oto-nasal.

DISCUSIÓN

La asimetría parece ser una característica intrínseca de la cara humana. Un cierto grado de asimetría craneofacial es una condición bastante frecuente en individuos humanos normales (Ferrario *et al.*, 1993), en la que la diferencia media entre las medidas de parámetros antropométricos de los lados derecho e izquierdo muestran unos valores ligeramente mayores del lado derecho (Farkas y Cheung, 1981, Hershkovitz *et al.*, 1992; Ferrario *et al.*, 1995). Obviamente, el grado de asimetría es mayor en los individuos no saludables, en los que un desarrollo irregular del esqueleto y de los tejidos blandos puede contribuir a que se observe una diferencia apreciable (Pirttiniemi *et al.*, 1990).

En la actualidad, no existe un consenso en la literatura científica sobre el grado y localización espacial de la asimetría facial. A pesar de que en la mayoría de los estudios se haya observado una asimetría facial significativa, no existe acuerdo a cerca del lado predominante (Ferrario *et al.*, 1995). Es difícil comparar estos estudios dado que la metodología empleada, los parámetros antropométricos analizados y las características de las muestras utilizadas son bastante dispares. Las diferencias principales pueden estar en las consideraciones metodológicas tenidas en cuenta para la definición de los parámetros a medir y en la cuantificación del grado de asimetría presente.

Puesto que el valor de AF es relativamente pequeño, la estimación del error se puede confundir con la estimación de la asimetría. Por lo tanto, el análisis de medidas repetidas en un mismo individuo es importante para definir qué parámetros presentan AF (Swaddle *et al.*, 1994). Nuestros resultados son consistentes con esta idea dado que todos los parámetros faciales absolutos analizados resultaron repetibles, mientras que de los 11 parámetros de asimetría analizados sólo siete lo fueron. También es importante resaltar que muchos de los trabajos previos que han tratado de relacionar la simetría cor-

poral con el atractivo no han tenido en cuenta las consideraciones metodológicas aquí expuestas, lo que ha conducido a resultados erróneos (Swaddle *et al.*, 1994; Firman *et al.*, 2003; Tomkins y Simmons, 2003). Por ello, no es de extrañar que nuestros resultados, basados en una muestra amplia de casos, y con todos los requisitos metodológicos, sean menos optimistas que otros a la hora de asegurar que hay una correlación entre el grado de simetría y el atractivo (Grammer y Thornhill, 1994). De todas formas, el único parámetro que mostró correlación, el ángulo óculo-oto-nasal, implica, a un tiempo, la posición de varios elementos faciales y se refiere a las características que determinan la zona de los sentidos en la parte superior del pómulo, lo que está en concordancia con otros autores (Thornhill y Gangestad, 1999a).

Algunos estudios relacionan atractivo con simetría (Perret *et al.*, 1999; Scheib *et al.*, 1999), mientras que otros indican que, en la especie humana, se presenta una preferencia por cierto grado de asimetría facial (Langlois *et al.*, 1994; Swaddle y Cuthill, 1995), dado que esto la hace parecer más expresiva (Perret *et al.*, 1999), esta preferencia está dirigida hacia el lado derecho, posiblemente debido a una especialización cerebral en la que el hemisferio derecho es el encargado del proceso de reconocimiento facial (Zaidel *et al.*, 1995). Nuestros resultados coinciden en parte con los de estos últimos autores, dado que de los tres parámetros que se correlacionaron con el atractivo, dos presentan dimensiones mayores en el lado derecho de la cara. Para finalizar, cabe decir que si bien el paradigma de la simetría como elemento principal del atractivo en los animales cuenta con una sólida base conceptual y que han sido muchos los trabajos que lo sustentan la realidad parece ser más compleja y requiere de más estudios y mejor diseñados para profundizar adecuadamente en su significado.

**CAPÍTULO V. EL ATRACTIVO FACIAL
MASCULINO, CONSIDERADO COMO UN
PREDICTOR DE LA CALIDAD SEMINAL,
RESULTA SER INDEPENDIENTE DEL
TRASFONDO CULTURAL, EL GÉNERO, O
LA RAZA**

INTRODUCCIÓN

La selección de pareja es un proceso importante para ambos sexos, si bien en el caso de la hembra de mamíferos, incluyendo la del *Homo sapiens*, adquiere la condición de esencial dado que es ella quien realiza la mayor inversión de tiempo, energía y reservas alimenticias en la cría y cuidado de los hijos. Además, el número de crías que puede tener es limitado, por lo que la elección de pareja implica elementos probabilísticos de la mayor importancia. Como consecuencia, se ha observado que las hembras de diversas especies son capaces de reconocer la calidad genética y reproductiva de los machos, siendo también capaces de modificar su comportamiento reproductivo de acuerdo con esa información (Birkhead y Fletcher, 1995; Roldán *et al.*, 1998).

En la historia del pensamiento humano, la visión de que el atractivo físico es arbitrario, caprichoso, cultural y que no presenta ninguna relación con las funciones biológicas ha caracterizado a muchos de los estudios sobre dicho atractivo. Sin embargo, la teoría de la evolución aporta un gran número de argumentos contrarios a este punto de vista. Al igual que las otras especies animales, el *Homo sapiens* tiene una historia evolutiva durante la cual han ocurrido una serie de cambios genotípicos y fenotípicos guiados por la selección natural (Thornhill y Gangestad, 1993; Symons, 1995; Thornhill, 1998; Etcoff, 1999). El cerebro humano, de la misma manera que el resto del cuerpo, es el resultado de múltiples adaptaciones, soluciones a un gran número de problemas que han influenciado el éxito reproductivo de los individuos a lo largo de la historia evolutiva de la especie. Uno de tales problemas ha sido

obtener una pareja que pudiera promover la supervivencia genética mediante una reproducción exitosa (Thornhill y Gangestad, 1999a).

Diversos estudios han mostrado que los humanos comparten cierto sentido de la belleza basado en referencias subliminales de las formas y proporciones anatómicas (Perret *et al.*, 1994, 1998), posiblemente debido a la existencia de una relación entre el atractivo facial y el estado de salud (Shackelford y Larsen, 1999). Así mismo, los individuos de diferentes culturas utilizan al atractivo facial como un indicador para la realización de inferencias caracteriológicas a la hora de elegir pareja (Rhodes *et al.*, 1998). Desde un punto de vista evolutivo, parece ser que los mecanismos psicológicos implicados en la valoración del atractivo facial son adaptaciones que han evolucionado, al servicio del proceso de selección de pareja, con el fin de incrementar la propagación de los genes (Thornhill y Gangestad, 1999a).

Dado que las mujeres de diversas razas y ambientes culturales distintos utilizan las señales fenotípicas, tales como el atractivo facial, para hacer inferencias sobre que hombre seleccionar como pareja (Chen *et al.*, 1997; Rhodes *et al.*, 1998; Thornhill y Gangestad, 1999a), parece que la configuración de la cara humana puede haber sido modificada debido a presiones selectivas sobre el proceso de selección sexual (Zaidel *et al.*, 1995). Los estándares de belleza humana reflejan nuestro distante y reciente pasado evolutivo y enfatizan el papel de la valoración del estado de salud como un aspecto importante del proceso de selección de pareja, tal como se refleja del análisis del atractivo de rasgos faciales y otros parámetros corporales (Grammer *et al.*, 2003). De hecho, hombres y mujeres de diferentes edades, razas, culturas y regiones geográficas tienen una percepción similar del atractivo (Perrett *et al.*, 1994; 1998; Magro, 1999). Por lo tanto, si el atractivo facial está relacionado con la selección sexual, los hombres más atractivos deberían tener una mayor

capacidad reproductiva que los menos atractivos (Grammer y Thornhill, 1994; Pawloski *et al.*, 2000; Soler *et al.*, 2003b). Así pues, las mujeres de distintas localidades deberían presentar una forma común de reconocer a los hombres con un alto potencial reproductivo. Por otro lado, la presunta caída en la calidad seminal se ha relacionado con la reciente disminución de la tasa de fertilidad humana (Jensen *et al.*, 2002). Como consecuencia de todo lo dicho, si las mujeres presentan la capacidad de reconocer y seleccionar como parejas a individuos capaces de producir un semen de alta calidad se puede esperar un incremento progresivo en el éxito reproductivo de la especie.

Además, el conflicto intrasexual entre machos parece requerir la capacidad de identificación de posibles competidores con el fin de evitar un gasto innecesario de energía. Recientemente, se ha reportado que algunos genes localizados en el cromosoma Y están funcionalmente relacionados con la producción espermática y con el desarrollo de ciertos caracteres dimórficos como el tamaño corporal y la formación de los dientes. Entre los mamíferos, estos caracteres influyen en la capacidad competitiva entre machos y en el proceso de competencia espermática (Roldán y Gomendio, 1999). Por lo tanto, los hombres deberían presentar también la capacidad de reconocer que tipo de hombres prefieren las mujeres basados en el atractivo facial.

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar si los resultados de la correlación previamente observada (Soler *et al.*, 2003b) entre atractivo facial y calidad seminal, cuando mujeres caucasoides valoraron a hombres caucasoides, pueden ser extendidos a mujeres y hombres de razas y ambientes culturales distintos.

MATERIAL Y MÉTODOS

A) Muestra de hombres

Se utilizó una muestra inicial de voluntarios, estudiantes de la *Universitat de València*, con un periodo de abstinencia eyaculatoria de 1 a 10 días (4.0 ± 1.3). Los hombres que reportaron haber utilizado medicamentos en los días previos al estudio, haber padecido enfermedades relacionadas con el aparato reproductor, tanto en la edad infantil como recientemente, haberse practicado cirugía facial, o que presentaban bigote o barba, así como diversos tipos de ornamentación como piercing, etc. fueron excluidos del estudio. Igualmente, aquellos que reportaron un periodo de abstinencia no comprendido entre 3 y 5 días. Finalmente, la muestra utilizada fue de 50 individuos con un rango de edad entre 18 y 36 años (22.6 ± 2.9) y con un periodo de abstinencia eyaculatoria de 3 a 5 días (3.9 ± 0.5), previo a la toma de la muestra de semen.

B) Análisis de semen

El análisis de semen se realizó siguiendo los criterios de la OMS (World Health Organization, 1999), e incluyó el análisis de los tres parámetros básicos: movilidad, morfología y concentración espermática. Además, se realizó un análisis de componentes principales con el objetivo de agrupar las tres variables seminales en cada individuo y definir factores o componentes que explicaran la mayor parte de la varianza total.

C) Fotografías y elaboración del PowerPoint

Se tomó una fotografía frontal y del lateral derecho a cada uno de los 50 individuos. Una vez que fueron escaneadas se colocó una máscara oval sobre la imagen digitalizada, tanto frontal como lateral, para minimizar el

efecto del tipo de peinado (Fig. 5.1), siendo transferidas a un archivo Power-Point. Las imágenes de cada individuo fueron mostradas durante 20 segundos, a través de un monitor de televisión, seguido por un sonido neutral y la exposición de una imagen en negro durante 3 segundos.



Figura 5.1. Vista frontal y lateral derecha de la cara de un individuo. Las fotografías en color fueron escaneadas y una máscara oval colocada sobre la imagen para minimizar el efecto del tipo de peinado.

D) Evaluadores Masculinos y femeninos

Las imágenes fueron valoradas por cuatro grupos de estudiantes universitarios: 64 mujeres (20-25 años) y 24 hombres (20-24 años) de la *Universitat de València* (España), y 85 mujeres (18-23 años) y 53 hombres (18-21 años) de la Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia). Ninguna de las mujeres evaluadoras reportó estar utilizando contraceptivos orales y todos los evaluadores reportaron ser heterosexuales.

Las mujeres valoraron el atractivo facial de las imágenes, medido por la puntuación que daban a cada individuo como pareja estable sobre una escala de 10 puntos (0 = menos atractivo, 10 = más atractivo). Los hombres también valoraron el atractivo facial de las imágenes en la misma escala, pero medido de acuerdo a la valoración que estimaban que darían las mujeres a cada individuo como pareja estable. En cada uno de los grupos de evaluadores se obtuvieron las medianas de las valoraciones para cada individuo.

E) Análisis estadístico

Análisis de correlación y de Cronbach

Se realizó un estudio de correlaciones bivariadas entre las medianas de la valoración del atractivo facial de cada individuo y los parámetros seminales para cada uno de los grupos de evaluadores. Igualmente, se analizaron las correlaciones entre las medianas de las valoraciones del atractivo facial entre los grupos de sexos diferentes de la misma localización geográfica y entre los grupos del mismo sexo pero de diferentes lugares. Además, se analizó el grado de acuerdo entre los diferentes grupos, por sexo o localización geográfica, mediante el test de Cronbach.

Análisis de distribución y de la Varianza

En cada grupo, la distribución normal y la homogeneidad de la varianza de las medianas para cada individuo fueron evaluadas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y Levene, respectivamente. Para las muestras que siguieron una distribución normal y cuyas varianzas fueron homogéneas, se realizó una ANOVA, mientras que para las muestras que no seguían una distribución normal se utilizó el test de Kruskal-Wallis. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS, versión 11.5.

RESULTADOS

A) Análisis de semen

Todas las variables seminales analizadas, a excepción de la movilidad, presentaron una distribución normal. La Tabla 5.1 muestra los valores de algunos estadísticos descriptivos y de asimetría para cada uno de los parámetros seminales considerados. El análisis de componentes principales mostró que las tres variables seminales se agruparon en una sola componente, a la que se denominó Índice Espermático (IE), que explicó un 56.9 % de la varianza total. De acuerdo con los resultados analíticos obtenidos, los parámetros seminales de la muestra en estudio pueden considerarse representativos de la población general.

Tabla 5.1. Parámetros seminales correspondientes a la muestra de estudio.

	Mediana	Mínimo	Máximo	DE	CV	Asimetría	Curtosis
Movilidad	66.00	12.00	86.00	16.48	27.03	-1.48	1.72
Morfología	21.25	3.00	48.50	9.54	43.28	0.39	0.31
Concentración	77.00	1.20	272.00	55.22	65.12	0.72	1.07
ÍE	0.13	-2.19	1.80	1.00	----	-0.41	-0.36

Para el análisis seminal, se siguió los criterios de la OMS (WHO, 1999), determinándose el porcentaje de movilidad progresiva, porcentaje de espermatozoides con morfología normal y concentración espermática (millones/ml). El IE (Índice Espermático) es la componente principal de los tres parámetros seminales básicos. DE, Desviación Estándar. CV, Coeficiente de Variación.

B) Análisis de correlación entre atractivo facial y parámetros seminales

En el grupo de mujeres españolas, los coeficientes de correlación de Pearson entre las medianas del atractivo facial y los valores de calidad seminal fueron significativos para la movilidad, morfología e Índice Espermático, pero no para la concentración (Tabla 5.2). De manera que, el atractivo facial,

utilizado como un criterio para la selección de una pareja masculina, se podría considerar como un buen predictor de la calidad seminal, aunque solo justifique un 20.88% (Índice Espermiático), 16.89% (movilidad), y 15.44% (morfoloía) de la varianza.

Tabla 5.2. Coeficientes de correlación de Pearson entre los parámetros de calidad seminal y las medianas de la valoración del atractivo facial obtenidas del número de evaluadores indicado en cada columna.

	Mujeres		Hombres	
	València (n=64)	Barranquilla (n=85)	València (n=24)	Barranquilla (n=53)
Movilidad	0.411 (0.003)	0.167 (0.247)	0.356 (0.011)	0.232 (0.106)
Morfología	0.393 (0.005)	0.374 (0.007)	0.322 (0.023)	0.348 (0.013)
Concentración	0.233 (0.104)	0.123 (0.397)	0.228 (0.111)	0.234 (0.102)
Índice Espermiático	0.457 (0.001)	0.300 (0.035)	0.399 (0.004)	0.363 (0.010)

Los valores de P se muestran en paréntesis y los valores significativos están en negritas.

El grupo de mujeres colombianas mostró resultados similares, pero en este caso la correlación entre la movilidad y el atractivo facial no fue significativa.

La correlación entre las medianas de las valoraciones de estos dos grupos de mujeres fue altamente significativa ($r=0.659$, $P=1.9e-7$) (Fig. 5.2). Además, el grado de acuerdo entre las valoraciones del atractivo facial de estos grupos fue también altamente significativo (α de Cronbach=0.79).

Los otros dos grupos correspondieron a hombres de España y Colombia, respectivamente, a quienes se les preguntó acerca de las preferencias que ellos pensaban que las mujeres tenían con respecto a la elección de una pareja

estable. En términos de la varianza explicativa, la capacidad predictiva de los hombres fue más baja que la de las mujeres, excepto para el Índice Espermático en el grupo de Colombia (Tabla 5.2).

La correlación entre las medianas de las valoraciones de los grupos de España y Colombia fue altamente significativa ($r=0.716$, $P=5.2e-9$) (Fig. 5.2). En este caso, el grado de acuerdo entre las valoraciones del atractivo facial de los dos grupos también fue altamente significativo (α de Cronbach=0.82).

Finalmente, los resultados de la correlación entre las medianas de las valoraciones de mujeres y hombres de una misma región geográfica también fueron altamente significativos tanto en los grupos de España ($r=0.878$, $P=5.8e-17$, α de Cronbach=0.91) como en los de Colombia ($r=0.800$, $P=3.1e-12$, α de Cronbach=0.88) (Fig. 5.3).

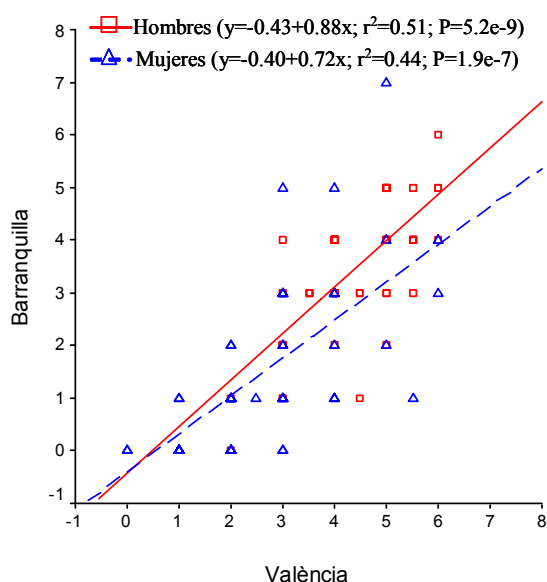


Figura 5.2. Correlación entre las medianas de la valoración del atractivo como pareja estable de los 50 hombres, entre hombres y entre mujeres de diferentes regiones geográficas. Cada punto de la gráfica puede representar varios valores.

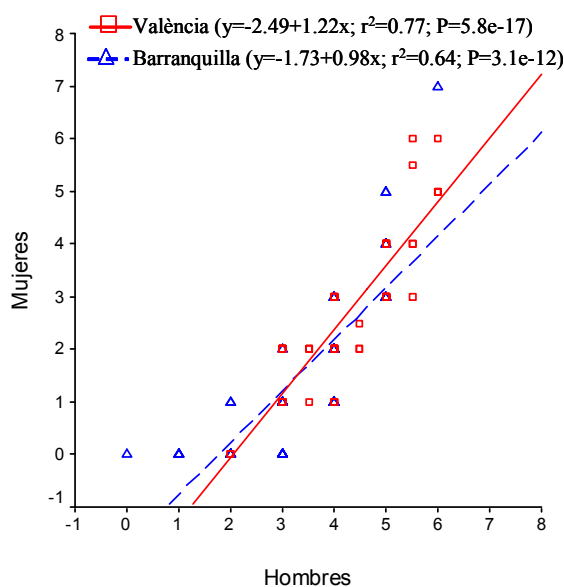


Figura 5.3. Correlación entre las medianas de la valoración del atractivo de los 50 hombres, entre hombres y mujeres de la misma región geográfica. Cada punto de la gráfica puede representar varios valores.

C) Análisis de la varianza

Para todos los grupos, los valores de las medianas del atractivo facial no siguieron una distribución normal y las varianzas fueron homogéneas. Cuando se compararon las valoraciones del atractivo facial de hombres y mujeres, de una misma localización geográfica o de individuos de un mismo sexo pero de diferentes lugares, se observaron diferencias significativas (Tabla 5.3). Sin embargo, la estimación del tamaño del efecto para todas las comparaciones mostró unos valores bajos y estuvo comprendido entre 0.13 y 0.28.

Tabla 5.3. Valores promedios obtenidos a partir de las medianas de la valoración del atractivo facial masculino de cada individuo (n=50), por localización geográfica y género.

	Mujeres		Hombres	
	València	Barranquilla	València	Barranquilla
Valoración del atractivo facial	2.72±1.45 ^{a,x}	1.56±1.57 ^{b,x}	4.29±1.04 ^{a,y}	3.36±1.29 ^{b,y}

Diferentes letras indican diferencias ($P < 0.001$) entre localización geográfica (a-b) y género (x-y)

DISCUSIÓN

En diversas especies animales, incluyendo al *Homo sapiens*, se ha planteado que los caracteres sometidos a selección sexual son indicadores de resistencia a los patógenos y del estado de salud en general (Kalick *et al.*, 1998; Shackelford y Larsen, 1999). Sin embargo, si la elección de pareja se basara solo en rasgos fenotípicos, independientes del potencial reproductivo, expresado en términos de calidad gamética, se podría llegar a una disminución de la tasa de fertilidad. Por lo tanto, cabe esperar que aquellos caracteres favorecidos por la evolución para la selección de pareja estén relacionados, de alguna manera, al potencial reproductivo (Birkhead y Fletcher, 1995; Roldán *et al.*, 1998). En este sentido, estudios previos han mostrado una correlación significativa entre la calidad espermática y la asimetría fluctuante de ciertos rasgos de la mano (Manning *et al.*, 1998a,b) y otros parámetros corporales (Firman *et al.*, 2003). Esta correlación se podría explicar debido a una posible relación entre la estabilidad del desarrollo general y la fertilidad masculina, pero sin ninguna ventaja aparente sobre la selección sexual. Los resultados de un estudio previo mostraron que el atractivo facial presenta una correlación altamente significativa con la calidad seminal, aportando, la primera evidencia de una relación entre el atractivo facial masculino y el potencial reproductivo (Soler *et al.*, 2003b). Obviamente, esto solo se podría considerar cierto sobre

la base de que la calidad seminal refleja directamente la capacidad reproductiva del individuo, tal y como han puesto de manifiesto numerosos trabajos (Irvine *et al.*, 1994; Sukcharoen *et al.*, 1996; Twigg *et al.*, 1998; WHO, 1999). Al respecto cabe insistir en que, la muestra utilizada en este estudio incluyó a varones con baja y alta calidad seminal, con unos rangos equivalentes a los observados en la población general, por lo que se puede considerar representativa de la misma.

Los resultados de este estudio no solo confirman los hallazgos previos (Soler *et al.*, 2003b) de que el atractivo facial masculino puede ser considerado como un predictor de la calidad seminal sino que esta percepción es independiente del fondo cultural, racial o de género. Según Firman *et al.* (2003) pusieron de manifiesto, algunos estudios han encontrado una correlación entre rasgos físicos y calidad seminal en individuos como consecuencia de haber considerado individuos con características fenotípicas extremas. Por el contrario, los resultados de nuestro estudio muestran una correlación entre el atractivo facial y la calidad seminal en individuos con valores tanto del atractivo como de la calidad seminal con una distribución continua, lo que le da mayor validez a estos resultados.

Además, una nueva tendencia en los estudios de calidad seminal considera los parámetros seminales de una forma integrada más que de una forma segmentada como hasta ahora se venía haciendo. Esta nueva aproximación valora al eyaculado como un todo y representa de una forma más precisa la calidad seminal de la población en estudio (Soler *et al.*, 2000c; Agarwal *et al.*, 2003; Bedaiwy *et al.*, 2003). Por lo tanto, la inclusión del valor del ÍE como una agrupación de los tres parámetros básicos seminales es representativa de esta nueva aproximación y refuerza los resultados obtenidos.

Un aspecto importante a destacar es el hecho de que en todos los grupos de evaluadores, el parámetro seminal básico que mostró correlación significativa con el atractivo facial fue la morfología de los espermatozoides. Estudios recientes han mostrado que la morfología espermática es uno de los parámetros seminales que mejor predice la capacidad de fertilización de los espermatozoides *in vivo* e *in vitro* (Soler *et al.*, 2000a; El-Ghobasy y West, 2003; Yavetz *et al.*, 2003). Así mismo, el hecho de que se haya encontrado también una correlación del atractivo facial con los valores de ÍE, en todos los grupos de evaluadores, refuerza el hecho de que las tres variables seminales, como un todo, pueden ser más representativas de la calidad seminal que cada una de ellas de forma individual.

Las hembras de diferentes especies de mamíferos, incluyendo al *Homo sapiens*, son el recurso reproductivo limitante. Esto es debido al hecho de que mientras que en los machos hay un gasto energético básicamente en los procesos de cortejo, defensa de la pareja, contacto sexual, mantenimiento de la pareja y ciertos niveles de cuidado parental, en las hembras la preñez y la lactancia representan un gasto energético de mayor consideración. Además, en términos de probabilidad, la hembra puede tener un número limitado de hijos, mientras que esto no es igualmente cierto para los machos. Los espermatozoides son relativamente baratos y la pérdida de un eyaculado podría no comprometer su futuro potencial reproductivo (Daly y Wilson, 1983). Por lo tanto, las hembras han evolucionado como más exigentes en términos de selección de pareja (Trivers, 1985; 1996). Por otro lado, al considerarse a las hembras como el factor limitante de la reproducción, es muy importante que los machos también sean capaces de reconocer a sus posibles competidores sexuales. Como ya se había indicado anteriormente, esta capacidad de identificar el atractivo facial es independiente del fondo cultural, la raza y el género (Perrett

et al., 1994; 1998; Magro, 1999). Los resultados del presente estudio son consistentes con este punto de vista, dado que las medianas de las valoraciones del atractivo facial, tanto para las mujeres y hombres de Valencia y Barranquilla, mostraron una correlación altamente significativa. Además, las puntuaciones de los evaluadores españoles fueron más altas que las de los colombianos, lo que podría indicar que las personas tienden a sobreestimar los rasgos familiares.

Los resultados de este estudio también mostraron una correlación significativa entre las preferencias de hombres y mujeres, independientemente de la localización geográfica, indicando que los hombres son capaces de identificar aquello que las mujeres consideran importante en la valoración del atractivo facial masculino. Sin embargo, es sorprendente que los hombres reportaron mayores puntuaciones que las mujeres, en las dos poblaciones estudiadas, lo que indica que el “autoconocimiento” de la imagen corporal como un referente importante durante la valoración del atractivo facial podría haber sesgado su valoración. Estos resultados son consistentes con hallazgos previos relacionados con las diferencias de género con respecto a los procesos involucrados en la teoría del manejo del error (Haselton y Buss, 2000).

Por último, podemos decir que nuestros resultados muestran que las mujeres y hombres, independientemente del fondo racial, cultural y de género, son capaces de identificar a los individuos con una alta calidad seminal basados en el atractivo facial.

CAPÍTULO VI. ANTROPOMETRÍA Y VALORACIÓN DEL ATRACTIVO FACIAL MASCULINO POR HOMBRES Y MUJERES DE DISTINTA RAZA Y PROCEDENCIA GEOGRÁFICA

INTRODUCCIÓN

Ciertos parámetros de las caras masculinas resultan atractivos y se pueden considerar como señales honestas de calidad fenotípica (Thornhill y Gangestad, 1999a). Estudios recientes han planteado que la simetría (Penton-Voak et al., 2001) y la masculinidad facial (Scheib et al., 1999) se pueden considerar como dos elementos importantes en la valoración del atractivo facial masculino. Sin embargo el papel de los mismos como señales de la condición física del individuo es controvertido ya que recientemente se ha observado una correlación no significativa entre la asimetría fluctuante facial y el dimorfismo sexual (Koehler *et al.*, 2004).

Una baja asimetría fluctuante (AF) se considera como el reflejo de la capacidad que tiene el individuo para contrarrestar los efectos deletéreos de las mutaciones, diversos tipos de parásitos y/o toxinas (Møller y Swaddle, 1997). Dado que tal capacidad es parcialmente heredable (Møller y Thornhill, 1997a,b), las hembras de distintas especies animales muestran una preferencia por los machos más simétricos. En general, los machos más simétricos tienen un mayor éxito de apareamiento (Møller y Thornhill, 1998). En el caso de la especie humana, se ha observado que los hombres que presentan unos niveles bajos de AF corporal experimentan más oportunidades sexuales que los más asimétricos (Thornhill y Gangestad, 1994; Gangestad y Thornhill, 1997a).

Diversos estudios sobre asimetría en caras reales (Grammer y Thornhill, 1994; Mealey *et al.*, 1999) e imágenes faciales manipuladas mediante el ordenador (Rhodes *et al.*, 1998; Perrett *et al.*, 1999) indican que la simetría facial se correlaciona positivamente con el atractivo tanto en hombres como en mujeres. Sin embargo, a pesar de la existencia de una correlación positiva

entre simetría y atractivo facial parece que las mujeres no la utilizan como una señal primaria al momento de valorar el atractivo facial masculino (Scheib *et al.*, 1999). Al parecer, otros aspectos del atractivo facial, diferentes a la simetría pero que covarían con ella, podrían estar siendo utilizados durante la valoración de la condición física de los individuos. Uno de tales aspectos es lo que Scheib *et al.* (1999) han denominado el índice de masculinidad, basado en dos parámetros faciales: la longitud de la región inferior de la cara (distancia desde la pupila al mentón) y el saliente de los pómulos (relación entre la anchura de la cara a nivel de los pómulos y la anchura de la cara a nivel de la boca).

Por otro lado, la valoración del atractivo facial masculino se ha mostrado consistente a nivel de diversos estudios, bien sea dentro de un mismo ambiente cultural (Perrett *et al.*, 1999; Soler *et al.*, 2003b), bien entre diferentes culturas, razas y localizaciones geográficas (Perrett *et al.*, 1994; Rhodes *et al.*, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2003; Soler *et al.*, 2004).

En el presente estudio se pretende determinar si los parámetros faciales absolutos y de simetría, validados en un trabajo anterior (Soler *et al.*, 2003b), se correlacionan con la valoración del atractivo facial dada por mujeres y hombres de razas y ambientes culturales distintos.

MATERIAL Y MÉTODOS

A) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría fluctuante

Se tomaron fotografías de la cara en posición frontal a 50 voluntarios cuyo rango de edad estaba comprendido entre 18 y 36 años (22.6 ± 2.9).

El análisis antropométrico de las características faciales se realizó midiendo un total de 13 parámetros (Fig. 6.1), cuyas medidas habían sido anteriormente validadas (Capítulo IV). Para el análisis de la asimetría se trazó un eje vertical a lo largo de la línea media de la cara que se utilizó como referen-

cia para la medición de los 7 parámetros (Fig. 6.2), que mostraron ser repetibles y reproducibles (Capítulo IV). Este eje se definió situando un punto en el centro del nasion y otro en el estomion, girando la imagen a la derecha o a la izquierda con el fin de que los mencionados puntos estuvieran completamente alineados. Todas las medidas fueron realizadas mediante el programa de análisis de imagen “NIH Image”, versión para Macintosh (Rasband, 1996). Para cada parámetro, la asimetría se calculó restando la medida del lado izquierdo de la medida del lado derecho (D-I), pudiéndose considerar que un parámetro presenta asimetría fluctuante (AF) si sus valores siguen una distribución normal (determinada por el test de Kolmogorov-Smirnov) y una media alrededor de cero (determinada por el test *t* de una muestra). La AF ($[D-I]$) se estandarizó dividiendo el valor de la resta (absoluta) de cada parámetro por el valor promedio de las medidas de ambos lados de la cara ($[D+I]/2$) (Firman *et al.*, 2003).

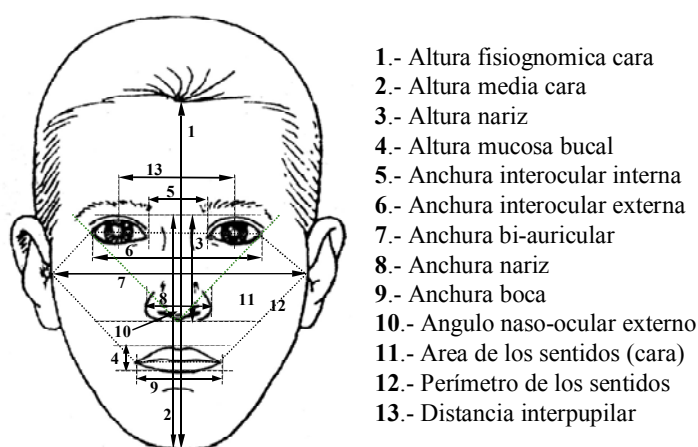
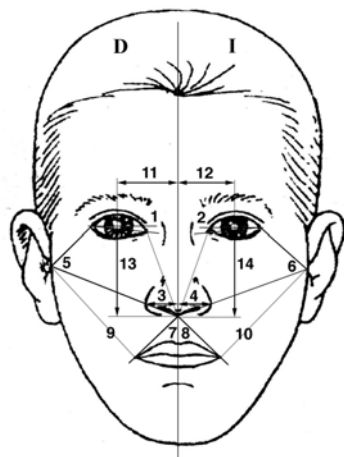


Figura 6.1. Definición de parámetros faciales. Las medidas longitudinales se expresaron en milímetros y las medidas angulares en grados.



- 1-2. Inclinación de los ojos
- 3-4. Distancia pronasal-alagenium
- 5-6. Ángulo óculo-oto-nasal
- 7-8. Ángulo naso-bucal
- 9-10. Perímetro de los sentidos
- 11-12. Distancia pupila-eje cara
- 13-14. Altura pupila-subnasal

Figura 6.2. Parámetros utilizados para la definición de la asimetría facial. D e I corresponden a los lados derecho e izquierdo de la cara, respectivamente.

B) Valoración del atractivo

Se confeccionó una presentación en PowerPoint en la que cada diapositiva contenía la imagen frontal de cada uno de los individuos, con un óvalo superpuesto, con el fin de evitar el efecto del tipo de peinado. Cada imagen se mostró durante 20 s, a través de un monitor de televisión, con un espacio negro de 3 s entre imágenes.

C) Evaluadores masculinos y femeninos

Las imágenes fueron valoradas por cuatro grupos de estudiantes universitarios: 64 mujeres (20-25 años) y 24 hombres (20-24 años) de la *Universitat de València* (España), y 85 mujeres (18-23 años) y 53 hombres (18-21 años) de la Universidad del Norte (Barranquilla, Colombia). Ninguna de las mujeres evaluadoras reportó estar utilizando contraceptivos orales y todos los evaluadores reportaron ser heterosexuales.

Las mujeres valoraron el atractivo facial de las imágenes, medido por la puntuación que daban a cada individuo como pareja estable sobre una escala de 10 puntos (0 = menos atractivo, 10 = más atractivo). Los hombres también valoraron el atractivo facial de las imágenes, pero medido por la puntuación que daban a cada individuo de acuerdo a las valoraciones que pensaban que darían las mujeres a dichos individuos como pareja estable. En cada uno de los grupos de evaluadores se obtuvieron las medianas de las valoraciones por individuo.

D) Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlaciones bivariadas entre el valor promedio de la valoración del atractivo facial para cada individuo, dado por los cuatro grupos de evaluadores y las medidas de los parámetros faciales, los valores de asimetría relativa y de asimetría absoluta estandarizada. Para la realización de todos los análisis estadísticos mencionados se utilizó la versión 11.5 del SPSS para Windows.

RESULTADOS

A) Medidas de parámetros faciales y análisis de asimetría fluctuante

Al aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov, todos los valores de asimetría calculados presentaron una distribución normal, a excepción del parámetro inclinación de los ojos ($P=0.002$) y perímetro de los sentidos ($P=0.03$). Los valores medios de asimetría en el conjunto de individuos no presentaron diferencias significativas de cero al aplicar el test t de una muestra, con la excepción del parámetro inclinación de los ojos ($P=0.01$). De tal manera que, de los siete parámetros de asimetría analizados, sólo cinco presentaron las

características de AF. Sin embargo, dado que el valor medio del parámetro perímetro de los sentidos no fue significativamente diferente de cero y la distribución de los valores de asimetría calculados se aproxima a una normal ($P \geq 0.05$) se incluyó en los análisis posteriores.

B) Análisis de correlación entre atractivo y parámetros faciales absolutos

En el grupo de mujeres españolas, los parámetros antropométricos faciales absolutos no mostraron correlación significativa con los valores medios del atractivo facial masculino. Sin embargo, en el caso del parámetro anchura bi-auricular el coeficiente de correlación de Pearson estuvo cerca de la significación ($r = -0.26$, $P = 0.07$).

En el grupo de mujeres colombianas, los coeficientes de correlación de Pearson entre las medias de la valoración del atractivo facial masculino y los valores de los parámetros antropométricos faciales absolutos solo fueron significativos para los parámetros anchura bi-auricular ($r = -0.32$, $P = 0.02$) y perímetro de los sentidos ($r = -0.30$, $P = 0.03$), mientras que la correlación con el área de los sentidos estuvo cerca de la significación ($r = -0.24$, $P = 0.08$).

Los resultados de la correlación entre los parámetros antropométricos faciales absolutos y los valores medios del atractivo facial masculino dados por el grupo de hombres españoles no fueron significativos. Sin embargo, de la misma manera que en el caso del grupo de mujeres de este mismo país, el coeficiente de correlación de Pearson para el parámetro anchura bi-auricular estuvo cerca de la significación ($r = -0.25$, $P = 0.08$).

Finalmente, en el caso del grupo de hombres colombianos, los resultados fueron similares al del grupo de mujeres del mismo país, con correlación negativa y significativa para los parámetros anchura bi-auricular ($r = -0.28$,

P=0.04) y perímetro de los sentidos ($r=-0.30$, $P=0.03$), mientras que la correlación con el área de los sentidos estuvo cercana a la significación ($r=-0.28$, $P=0.05$).

C) Análisis de correlación entre atractivo facial y Asimetría Fluctuante

En cuanto a la correlación entre los valores de AF absoluta de los seis parámetros faciales considerados y la valoración del atractivo dado por los cuatro grupos de evaluadores solo fue significativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.29$; $P=0.04$), en el caso de las mujeres españolas (Fig. 6.3), y para el parámetro distancia pronasal-alagenium ($r=0.33$, $P=0.02$), en el caso del grupo de mujeres colombianas (Fig. 6.4).

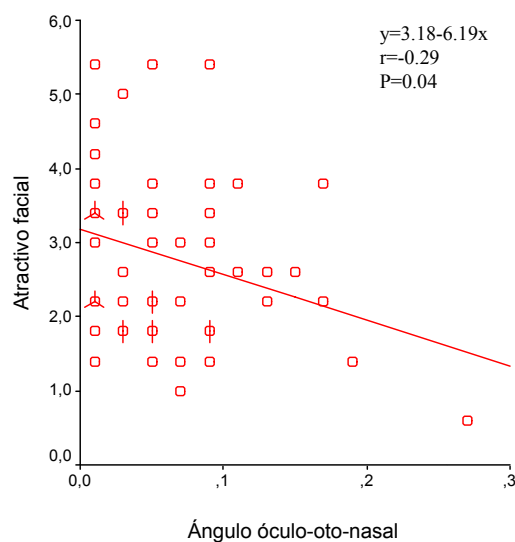


Figura 6.3. Correlación entre la valoración del atractivo facial masculino dado por el grupo de mujeres españolas y la AF absoluta del ángulo óculo-oto-nasal.

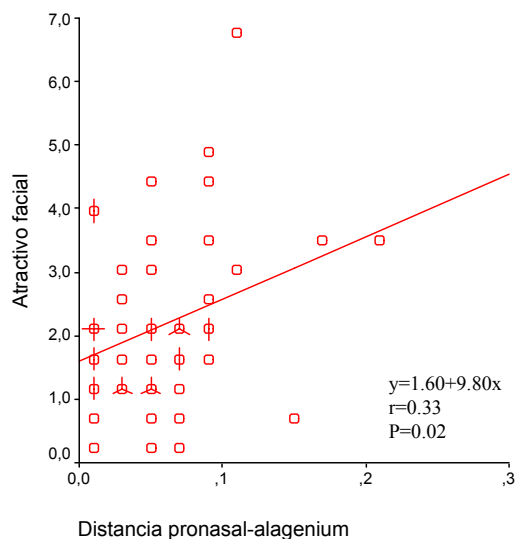


Figura 6.4. Correlación entre la valoración del atractivo facial masculino dado por el grupo de mujeres colombianas y la AF absoluta de la distancia pronasal-alagenium.

Por otra parte, la correlación entre la valoración del atractivo dado por el grupo de mujeres españolas y los valores de asimetría relativa (con signo) de los mismos parámetros fue positiva para la distancia pronasal-alagenium ($r=0.36$, $P=0.01$), el perímetro de los sentidos ($r=0.40$, $P=0.004$) y distancia pupila-eje cara ($r=0.33$, $P=0.01$), y negativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.40$, $P=0.004$) (Tabla 6.1). Ello indica que en los tres primeros parámetros resultaron más atractivos los individuos con predominancia del lado derecho, mientras que en el tercero lo fueron los que presentaban una asimetría hacia el izquierdo.

En el grupo de mujeres colombianas, la correlación entre la valoración del atractivo y los valores de asimetría relativa no fue significativa. Sin em-

bargo, en el caso del parámetro ángulo óculo-oto-nasal el coeficiente de correlación de Pearson estuvo cerca de la significación ($r=-0.27$, $P=0.05$) (Tabla 6.1).

El grupo de hombres españoles mostró resultados similares al de las mujeres del mismo país. Así que la correlación fue positiva para la distancia pronasal-alagenium ($r=0.37$, $P=0.009$), el perímetro de los sentidos ($r=0.38$, $P=0.007$) y negativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.39$, $P=0.005$), mientras que para la distancia pupila-eje cara el coeficiente de correlación de Pearson estuvo cerca de la significación ($r=0.26$, $P=0.07$) (Tabla 6.1).

Por último, la correlación entre la valoración del atractivo dado por el grupo de hombres colombianos y los valores de asimetría relativa fue positiva para el perímetro de los sentidos ($r=0.29$, $P=0.04$) y negativa para el ángulo óculo-oto-nasal ($r=-0.33$, $P=0.02$) (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Correlaciones entre la asimetría relativa y las medias de la valoración del atractivo facial

	Mujeres		Hombres	
	València	Barranquilla	València	Barranquilla
Distancia pronasal-alagenium	0.36*	0.17	0.37**	0.19
Distancia pupila-eje cara	0.33*	0.18	0.26	0.14
Distancia pupila-subnasal	0.05	-0.01	0.01	-0.06
Perímetro de los sentidos	0.40**	0.24	0.38**	0.29*
Ángulo óculo-oto-nasal	-0.40**	-0.27	-0.39**	-0.33*
Ángulo naso-bucal	0.20	-0.06	0.15	-0.12

* $P<0.05$

** $P<0.01$

DISCUSIÓN

Durante la década de los años 90 del pasado siglo, hubo una cierta avalancha (que, en parte, aún dura) de trabajos que pusieron de manifiesto la particular importancia de la AF como medida del éxito de desarrollo y adaptativo de los individuos (Parsons, 1990; Shapiro, 1992; Fraser, 1994; Møller y Swaddle, 1997). Estos trabajos se completaron con otros en los que se ponía de manifiesto que los individuos más atractivos eran aquellos que presentaban un menor grado de AF (Møller, 1992; Radesäter y Halldórsdóttir, 1993; Gangestad *et al.*, 1994; Swaddle y Cuthill, 1994; Thornhill y Gangestad, 1994; Gangestad y Thornhill, 1997b). No obstante, los estudios sobre AF presentan, con cierta frecuencia, diversos errores metodológicos y de planteamiento, lo que cuestiona, cuando no invalida, los resultados obtenidos (Firman *et al.*, 2003).

Por otra parte, diversos estudios han reportado la existencia de una asimetría facial significativa, en la que la diferencia media entre las medidas de parámetros antropométricos de los lados derecho e izquierdo muestran unos valores ligeramente mayores del lado derecho (Hershkovitz *et al.*, 1992; Ferrario *et al.*, 1993, 1995). Esta predominancia lateral también parece ser reconocida y valorada como elemento de atractivo (en unos casos a favor del lado derecho; y en otros del izquierdo) (Zaidel *et al.*, 1995; Burt y Perrett, 1997).

En nuestro caso, y una vez tenidas en cuenta las necesarias consideraciones metodológicas, la mayoría de los parámetros analizados mostraron AF, mientras que la inclinación de los ojos fue el único que mostró una asimetría facial significativa, con valores mayores en el lado derecho a nivel de la población estudiada.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden en parte con los obtenidos en nuestro estudio anterior (Soler *et al.*, 2003c) dado que de los siete parámetros de asimetría facial analizados, sólo cinco cumplieron con los criterios necesarios de AF. En el caso del parámetro perímetro de los sentidos, el valor medio de asimetría no presentó diferencias significativas de cero, pero los datos del conjunto de individuos no siguieron una distribución normal y se caracterizaron por presentar una asimetría negativa y leptokurtosis. Además de los parámetros que presentan una AF, aquellos cuyos valores siguen una distribución leptokúrtica también se pueden utilizar como indicadores de la estabilidad del desarrollo (Leung y Forbes, 1997).

El papel del tamaño de los parámetros faciales en la valoración del atractivo facial masculino es controvertido. Algunos estudios han reportado que las mujeres muestran una preferencia por los individuos que tienen la mandíbula más larga (Cunningham *et al.*, 1990; Grammer y Thornhill, 1994). El crecimiento de la mandíbula, al igual que otros parámetros faciales dimórficos como las cejas y los pómulos, se cree que es dependiente de la testosterona. Una medida mayor de los mismos se plantea como una señal de la capacidad de participar en confrontaciones intrasexuales (Thornhill y Gangestad, 1993; Thornhill y Møller, 1997), lo que contribuye a que los individuos sean valorados como más dominantes (Mueller y Mazur, 1997). Por lo tanto, estos parámetros se podrían considerar como señales fiables de la estabilidad del desarrollo y de inmunocompetencia. Dado que unos niveles altos de testosterona podrían afectar negativamente al sistema inmunológico, solo aquellos individuos que sean más capaces de movilizar los recursos energéticos para el crecimiento, sin comprometer la función inmunológica, podrían hacer frente a este impedimento (“*handicap*”) (Folstad y Karter, 1992).

El índice de masculinidad facial, calculado como el sumatorio de la longitud de la región media-inferior de la cara y la proporción entre la anchura de la cara a nivel de los pómulos por la anchura a nivel de la boca se ha mostrado como un elemento importante del atractivo facial masculino (Scheib *et al.*, 1999). Sin embargo, Penton-Voak *et al.* (2001) han reportado que la valoración del atractivo facial masculino dado por las mujeres no se correlaciona con el índice de masculinidad facial, calculado a partir de cinco parámetros entre los que se incluyen los analizados por Scheib *et al.* (1999). A pesar de que la correlación entre la valoración media del atractivo facial, dada por los grupos de mujeres y hombres españoles, y las medidas de los parámetros faciales no fue significativa, a partir de los resultados de nuestro estudio se podría plantear que, en general, tanto hombres como mujeres e independiente de la raza o el ambiente cultural, valoran como más atractivas las caras masculinas cuyas medidas de la anchura de la cara y el perímetro de los sentidos son menores. Evidentemente, nuestros resultados no son comparables con los de los estudios mencionados anteriormente, ni estos dos estudios lo son entre sí, dado que en cada uno de ellos se está relacionando la valoración del atractivo facial con distintas medidas de la cara. Para esclarecer el papel que juegan los parámetros faciales, bien sea de forma individual o en su conjunto, en el proceso de valoración del atractivo de la cara se requerirá una unificación de criterios en la definición y medición de estos parámetros, así como en el tamaño de la muestra utilizada.

Por otro lado, diversos estudios sobre morfometría geométrica del esqueleto facial indican que durante la evolución de los homínidos ha ocurrido es una reducción progresiva en el tamaño relativo de la cara (Spoor *et al.*, 1999; O'Higgins, 2000). Entre los cambios más importantes ocurridos en la evolución del esqueleto craneofacial se puede mencionar el incremento en la

flexión de la base craneal, una base craneal anterior más larga y una cara más corta (especialmente de la longitud antero-posterior) (Lieberman *et al.*, 2002). Este acortamiento longitudinal del esqueleto facial de los humanos modernos se puede considerar como una condición derivada evolutivamente a partir de parámetros o rasgos fenotípicos primitivos presentes en el *Homo* “arcaico” (Trinkaus, 2003).

Por añadidura, se ha planteado que los hombres y mujeres de diversas edades, razas, culturas y regiones geográficas muestran un gran acuerdo en la valoración de la belleza de la forma humana con una preferencia por las características o proporciones anatómicas que son intermedias o más derivadas, sintiendo aversión por los rasgos más primitivos o menos evolucionados (Magro, 1999). Esto podría indicar que nuestro sentido innato sobre la estética y la belleza de la forma humana está basado en referencias subliminales hacia las formas y proporciones anatómicas derivadas que son exhibidas por los humanos modernos (Magro, 1999).

A pesar de que, en nuestro estudio, la correlación entre la valoración media del atractivo facial, dada por los grupos de mujeres y hombres españoles, y las medidas de los parámetros faciales no fue significativa, los resultados indican que, en general, hombres y mujeres y de forma independiente a la raza o el ambiente cultural, valoran como más atractivas las caras masculinas cuyas medidas de la anchura de la cara y la zona de los sentidos son menores. Al parecer existe una tendencia a juzgar como más atractivas las caras masculinas más estrechas, lo cual estaría en concordancia con las evidencias mostradas por otros estudios sobre la evolución del esqueleto craneofacial (Spoor *et al.*, 1999; O’Higgins, 2000; Trinkaus, 2003) y de la valoración del atractivo (Magro, 1999).

Estudios previos han reportado una relación positiva entre simetría y atractivo facial masculino (Perrett *et al.*, 1999; Scheib *et al.*, 1999; Penton-Voak *et al.*, 2001). Sin embargo, el papel de la AF de los parámetros faciales como indicador de la inestabilidad del desarrollo no está muy claro (Gangestad y Thornhill, 2003). Entre otras cosas y como ya indicamos, por problemas de tipo metodológico en el uso de los datos pertinentes (Firman *et al.*, 2003). Igualmente, parece que cuando el análisis del papel jugado por la asimetría facial se basa en medidas objetivas y no en valoraciones subjetivas, los resultados son menos optimistas y las significación de las correlaciones no es tan evidente (Enquist *et al.*, 2002; Koehler *et al.*, 2004). Nuestros resultados indican que hay que tener mucho cuidado a la hora de asegurar que existe una correlación significativa entre el grado de AF facial y el atractivo. De los seis parámetros faciales considerados, solo la AF del ángulo óculo-oto-nasal mostró correlación significativa negativa con la valoración del atractivo facial dada por el grupo de mujeres españolas, lo que coincide con los resultados obtenidos anteriormente en una población equivalente (Soler *et al.*, 2003c), lo que refuerza la validez de dichos resultados. Para el caso de los valores de asimetría de la distancia pronasal-alagenium, la correlación fue positiva con la valoración dada por el grupo de mujeres colombianas, lo que indica que habría una preferencia por la asimetría. Este último resultado coincide con lo observado en otros estudios que plantean que en el humano puede haber cierta preferencia por la asimetría facial de algunos caracteres (Langlois *et al.*, 1994; Swaddle y Cuthill, 1995).

En este sentido, cabe indicar que los humanos, a diferencia de otros animales, pueden preferir cierto grado de asimetría de la cara dado que esto la hace parecer más expresiva (Perrett *et al.*, 1999), esta preferencia está dirigida hacia el lado derecho, posiblemente debido a una especialización cerebral en

la que el hemisferio derecho es el encargado del proceso de reconocimiento facial (Zaidel *et al.*, 1995). Nuestros resultados coinciden, en parte, con los de estos últimos autores, puesto que de los parámetros que se correlacionaron significativamente con la valoración del atractivo facial dado por los cuatro grupos de evaluadores, la mayoría presentaron dimensiones mayores en el lado derecho de la cara, pese a que estas diferencias entre lados no resultaran estadísticamente significativas.

Por último, a pesar de que un gran número de estudios sustentan el papel de la AF como elemento principal del atractivo en los animales (Møller y Thornhill, 1998), en el caso del *Homo sapiens* la situación parece ser más compleja por lo que se requiere de más estudios para profundizar en su significado.

CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN GENERAL

A partir de la idea de que son las hembras, especialmente de mamífero, las que mayor inversión parental realizan, se colige que son ellas las que seleccionan los machos con los que copulan. Ello ha derivado en una selección de los mismos a lo largo del tiempo que ha llevado al desarrollado de adaptaciones específicas relativas a su nivel de atractivo. Estas adaptaciones incluyen elementos corporales (aumento de tamaño, ornamentos especiales como cuernos o plumajes), demostrativos de energía (capacidades atléticas de diversa índole, como saltos, vuelos o luchas), de características artísticas (cantos de aves y algunos mamíferos) o tecnológicas (construcción de nidos) (Rasa *et al.*, 1989; Slater y Halliday, 1994). Dentro de este panorama, en la década de los años 90 del pasado siglo, se comenzó a estudiar de una forma sistemática y científica el concepto de atractivo en una gran variedad de especies animales, incluyendo aquella a la que pertenecemos. La base consistía en que debe haber señales fenotípicas fiables de la calidad genética de los individuos. En otros apartados de la presente Tesis Doctoral ya hemos abordado este tema, así como lo haremos en las páginas siguientes con más detalle. Ahora bien, el presente trabajo ha tratado de aportar una novedad, consistente en el análisis de características fenotípicas en referencia al atractivo, pero ligándolas con la capacidad reproductiva de los individuos. De hecho, individuos genotípica-fenotípicamente muy adaptativos y atractivos, pero con baja (o nula en el extremo) capacidad reproductiva, conducirían en un breve lapso de tiempo a la extinción de la especie. Así pues, una vez enmarcado el trabajo que se presenta, pasamos al análisis y discusión general de los resultados obtenidos.

Las hembras de diversas especies animales eligen frecuentemente como pareja a los machos con ornamentos más elaborados (Anderson, 1994). Una posible explicación de este fenómeno es que la capacidad reproductiva de un macho se evidencia a través de distintos rasgos fenotípicos externos (Sheldon, 1994). Ahora bien, nuestros resultados han aportado la primera evidencia directa de que existe una relación entre el atractivo facial masculino y la calidad seminal (Soler *et al.*, 2000b, 2003b; Gutiérrez *et al.*, 2003).

La calidad del eyaculado se puede considerar como un factor limitante del éxito reproductivo de los machos (Skau y Folstad, 2004). Así mismo, un semen de baja calidad se ha relacionado con la reciente disminución de la tasa de fertilidad humana (Jensen *et al.*, 2002). De tal manera que, si las mujeres presentan la capacidad de reconocer y elegir como parejas a aquellos individuos capaces de producir un semen de alta calidad esto podría significar un incremento progresivo en el éxito reproductivo de la especie. Además, si la valoración del atractivo facial masculino está relacionada con la calidad del semen del individuo es de esperar que las mujeres de diferentes localidades geográficas, razas o ambientes culturales presenten una forma común de reconocer a los hombres con un alto potencial reproductivo. Nuestros resultados apuntan en esta dirección ya que grupos de mujeres de diferentes localidades geográficas, de la misma raza, o de razas y ambientes culturales distintos muestran un gran acuerdo en la valoración del atractivo facial masculino, lo que está de acuerdo con estudios similares (Cunningham *et al.*, 1995; Perrett *et al.*, 1994, 1998, 1999). Además, los resultados de nuestros estudios han mostrado, de forma general, que la valoración del atractivo facial, dado por los diferentes grupos de mujeres se correlacionó de forma significativa con tres de los cuatro parámetros seminales estimados para cada individuo: la movilidad espermática, el porcentaje de espermatozoides con morfología normal

y el índice espermático. Posiblemente, esta es la primera evidencia directa de que las mujeres son capaces de reconocer a los hombres con mayor capacidad reproductiva basándose en la apariencia facial (Soler *et al.*, 2000b, 2003b; Gutiérrez *et al.*, 2003). Obviamente, esto solo se podría considerar cierto sobre la base de que la calidad seminal refleja directamente la capacidad reproductiva del individuo tal y como lo han puesto de manifiesto numerosos trabajos (Irvine *et al.*, 1994; Sukcharoen *et al.*, 1996; Twigg *et al.*, 1998). Además, la elección final de la pareja está influenciada por otros factores, tales como la posición económica y social, la apariencia general corporal, la capacidad de comunicarse mediante gestos y palabras, y el comportamiento parental y social (Pollard, 1994).

Los espermatozoides de los vertebrados se caracterizan por presentar una actividad metabólica elevada y, en consecuencia, una gran producción de radicales libres. Además, presentan un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, lo que los hace más susceptibles a la oxidación mediada por los radicales libres (Aitken *et al.*, 1989, 1995; de Lamirande y Gagnon, 1995; Liu *et al.*, 1997; Surai *et al.*, 1998), que pueden modificar el citoesqueleto y el axonema de los espermatozoides ocasionando una disminución de la movilidad (de Lamirande y Gagnon, 1992, 1995) y del proceso de interacción oocito-espermatozoide (Aitken *et al.*, 1989). Además, los radicales libres pueden atacar al DNA nuclear de los espermatozoides e inducir a la fragmentación del mismo. Recientemente se ha observado una relación entre alteraciones morfológicas de la cabeza del espermatozoide y la presencia de anomalías en la cromatina espermática (Vicari *et al.*, 2002). Así mismo, se ha observado una correlación significativa entre la forma del núcleo del espermatozoide y la tasa de fertilidad (Ostermeier *et al.*, 2001). De igual manera, se ha observado que la fragmentación, mediada por radicales libres, del DNA localizado a ni-

vel de la región no recombinante del brazo largo del cromosoma Y se relaciona con una alteración de la espermatogénesis en humanos (Roberts, 1998). Recientemente, Roldán y Gomendio (1999) han planteado que algunos genes localizados en el cromosoma Y están funcionalmente relacionados con la producción espermática y con el desarrollo de ciertos caracteres dimórficos como el tamaño corporal y la formación de los dientes. Así pues, sería de esperar que aquellos individuos, cuyo metabolismo genere unas cantidades altas de radicales libres que induzcan a daños en sus espermatozoides, podrían presentar una calidad seminal baja o tener hijos con una capacidad reproductiva disminuida, por lo que la selección natural podría haber favorecido a aquellas hembras que tuviesen la capacidad de discriminar a tales machos (Blount *et al.*, 2001). En general, los resultados de nuestros estudios coinciden en parte con este cuerpo de evidencias ya que la movilidad y el porcentaje de espermatozoides con morfología normal fueron los parámetros seminales que presentaron una correlación más alta con la valoración del atractivo facial masculino dada por los distintos grupos de mujeres.

Por otro lado, el sistema inmunológico reconoce a los espermatozoides del propio individuo como células extrañas y puede atacarlos durante su paso a través del tracto reproductor masculino (Cooper, 1986). A nivel del testículo, los espermatozoides están protegidos del ataque del sistema inmunológico debido a la presencia de una barrera hemato-testicular y de una inmunosupresión local por los andrógenos (Turek *et al.*, 1996). Ahora bien, la inmunosupresión predispone al organismo al ataque de diversos tipos de agentes infecciosos. De tal manera que, aquellos individuos que tengan una mayor capacidad de resistencia a los parásitos, minimizando así el efecto negativo de la inmunosupresión, podrían estar en mejores condiciones de producir un semen de mayor calidad (Skau y Folstad, 2004). Estos mismos autores han observa-

do que niveles altos de leucocitos en el semen (leucocitospermia) están relacionados con una reducción de la fertilidad y que el tratamiento con antibióticos de amplio espectro produce un incremento del volumen del eyaculado, la concentración y movilidad espermática, al igual que el porcentaje de espermatozoides con morfología normal (Skau y Folstad, 2004).

Ahora bien, algunos estudios indican que ciertos parámetros faciales masculinos son indicadores de resistencia a los parásitos y de un sistema inmunológico competente (Thornhill y Gangestad, 1999a; Gangestad y Simpson, 2000; Johnston *et al.*, 2001). También se ha observado que, durante la pubertad, el crecimiento de algunos caracteres faciales masculinos está bajo el control de la testosterona (Thornhill y Møller, 1997). Además, se ha planteado que los niveles altos de testosterona, necesarios para el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, tienen un efecto negativo sobre el sistema inmunológico (Folstad y Karter, 1992). En los machos de diversas especies animales se ha observado también que la testosterona estimula la movilización de recursos energéticos necesarios para los procesos de conseguir atraer a la hembra o para competir con otros machos por el acceso a una pareja (Rohwer y Rohwer, 1978; Ellison y Panterbrick, 1996). Dentro de tales procesos están el incremento de la musculatura y la movilización de los recursos energéticos necesarios para una actividad muscular intensa (Bardin y Catterall, 1981). Por consiguiente, esto llevaría a una disminución de los recursos energéticos para otras actividades, tales como la función inmunológica (Grossmann, 1985). En el *Homo sapiens* se ha observado también que los niveles de testosterona incrementan después de las victorias en diversos tipos de competiciones (Mazur y Booth, 1998). Así pues, dado que un incremento en los niveles de testosterona es necesario para el desarrollo de caracteres faciales masculinos dimórficos (Thornhill y Møller, 1997), pero que a su vez afecta

negativamente al sistema inmunológico (Folstad y Karter, 1992), aquellos individuos que sean más capaces de movilizar los recursos energéticos para el crecimiento, sin comprometer el funcionamiento adecuado del sistema inmune para hacer frente a los parásitos, podrían estar en ventaja (Folstad y Karter, 1992) y por lo tanto, estarían en mejores condiciones de ser elegidos como pareja (Thornhill y Gangestad, 1999a). Nuestros resultados son consistentes con esta idea dado que los hombres valorados como más atractivos facialmente fueron aquellos que se caracterizaron por tener un semen de mayor calidad y, por consiguiente, estarían en mejores condiciones de enfrentar el reto (“*handicap*”) impuesto por la principal hormona androgénica. Este planteamiento sobre el atractivo facial masculino como un elemento importante del proceso de selección sexual integrado a un diseño adaptativo complejo en el que interactúan, al tiempo, el desarrollo de caracteres faciales dimórficos, los sistemas endocrino e inmune y los mecanismos de resistencia a los parásitos, es consistente con otros estudios (Thornhill y Gangestad, 1999a; Gangestad y Simpson, 2000; Johnston et al., 2001; Fink y Penton-Voak, 2002).

Por otro lado, la existencia de un conflicto intrasexual entre machos podría requerir la capacidad de identificación de posibles competidores, con el fin de evitar un gasto innecesario de energía, y por tanto no tener que comprometer recursos que pueden ser destinados a otras actividades, tales como el mantenimiento de un sistema inmune competente para hacer frente a los parásitos. Como ya se comentó, se ha observado que algunos genes localizados en el cromosoma Y están funcionalmente relacionados con la producción espermática y con el desarrollo de ciertos caracteres dimórficos como el tamaño corporal y la formación de los dientes, caracteres estos que influyen en la capacidad competitiva entre machos, al menos en los mamíferos (Roldán y Gomendio, 1999). Por lo tanto, sería de esperar que los hombres también tengan la capacidad de reconocer qué tipo de hombres prefieren las mujeres

la capacidad de reconocer qué tipo de hombres prefieren las mujeres en base al atractivo facial. Así mismo, y como ya hemos indicado, al considerarse a las hembras de algunos mamíferos, incluyendo al *Homo sapiens*, como el factor limitante de la reproducción, es muy importante que los machos sean capaces de reconocer a sus posibles competidores sexuales. Los resultados de nuestros estudios son consistentes con este punto de vista, debido a que las valoraciones del atractivo facial dadas por los hombres mostraron una correlación altamente significativa con las valoraciones dadas por las mujeres de la misma localización geográfica o ambiente cultural lo que coincide con otros estudios (Magro, 1999; Perret *et al.*, 1994, 1998). Nuestros resultados indican que los hombres son capaces de identificar aquello que las mujeres consideran importante en la valoración del atractivo facial masculino, lo cual puede ser muy importante desde un punto de vista adaptativo en el que el comportamiento reproductivo forma parte de un sistema complejo en el que, posiblemente, intervienen de manera funcional el desarrollo de los caracteres sexuales dimórficos, el sistema inmune, los parásitos, y los niveles circulantes de testosterona (Folstad y Karter, 1992).

Para finalizar, podemos decir que, en conjunto, los resultados de nuestros estudios muestran que mujeres y hombres, con independencia del fondo racial, cultural y de género, son capaces de identificar a los individuos con una alta calidad seminal basados en el atractivo facial. También que se valoran como más atractivas las caras masculinas cuyas medidas de la anchura de la cara y el perímetro de los sentidos son menores. Sin embargo, el papel que juegan los parámetros faciales, bien sea de forma individual o en su conjunto, en el proceso de valoración del atractivo de la cara es un tema no resuelto, por lo que se requiere de nuevos estudios que, en la medida de lo posible, se basen en criterios unificados sobre la definición y medición de los parámetros facia-

les, así como en el tamaño de la muestra a utilizar para que los resultados sean comparables.

Otros aspectos que quedan por resolver son los relativos a la relación entre parámetros antropométricos faciales y de calidad seminal, así como de su relación durante el desarrollo del individuo. Al hacer referencia a la mano, se comprobó que hay una estrecha relación entre la expresión génica durante el desarrollo de la misma y de la gónada, lo que indujo a la realización de diversos estudios para relacionar la antropometría de la mano y la calidad seminal (Manning *et al.*, 1998a,b). En nuestro caso hemos llegado a observar una relación entre características faciales y calidad seminal, lo que obliga a encontrar el nexo genético entre ambos caracteres.

CONCLUSIONES

- 1.- En la especie humana persiste la capacidad de reconocimiento de aquellos individuos con buena capacidad reproductiva.
- 2.- Esta capacidad implica el uso de información facial, sin que ello excluya otros componentes fenotípicos, comportamentales o de estatus.
- 3.- Pese a la buena correlación observada entre atractivo facial y calidad seminal, no se puede considerar que lo primero pueda ser realmente predictivo de lo segundo.
- 4.- A su vez, esta capacidad se muestra independiente de elementos raciales o culturales, al menos en referencia a las poblaciones utilizadas en este trabajo.
- 5.- Así mismo, los hombres muestran capacidad de reconocer posibles competidores, presentando una significativa coincidencia con las valoraciones dadas por las mujeres, lo que también resulta independiente de la raza o el trasfondo cultural.
- 6.- No se puede aseverar que los parámetros antropométricos faciales puedan explicar el grado de atractivo, si bien hay indicios suficientes para afirmar que las caras estrechas sean las que resulten más atractivas.
- 7.- El paradigma de la Asimetría Fluctuante como indicador del atractivo requiere una profunda revisión y acuerdo en la comunidad científica, ya que cuando se tienen presentes las consideraciones metodológicas pertinentes, parece menos sólido de lo que la bibliografía ha puesto de manifiesto en la última década.
- 8.- Al respecto, se observa una cierta predilección por el predominio de los caracteres faciales del lado derecho.
- 9.- Como corolario, cabe señalar que pese a lo que comúnmente se estima, nuestra dependencia de criterios culturales, en lo que a la consideración de atractivo se refiere, parecen pesar menos que los biológicos, si bien, aún queda mucho camino por recorrer antes de entender adecuadamente los mecanismos implicados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, A., Sharma, R. K. and Nelson, D. R. (2003) New semen quality scores developed by principal component analysis of semen characteristics. *J. Androl.*, **24**: 343-352.
- Aitken, R. J., Clarkson, J. S. and Fishel, S. (1989) Generation of reactive oxygen species, lipid peroxidation, and human sperm function. *Biol. Reprod.*, **40**: 183-197.
- Aitken, R. J., Buckingham, D. W., Brindle, J., Gomez, E., Baker, H. W. and Irvine, D. S. (1995) Analysis of sperm movement in relation to the oxidative stress created by leukocytes in washed sperm preparations and seminal plasma. *Hum. Reprod.*, **10**: 2061-2071.
- Alley, T. R. (1993) The developmental stability of facial attractiveness: new longitudinal data and a review. *Merr. Palm. Q.*, **39**: 265-278.
- Anderson, M. (1994) *Sexual Selection*. Princeton University Press, Princeton.
- Anderson, M. J. and Dixon, A. F. (2002) Motility and the midpiece. *Nature.*, **416**: 496.
- Arsuaga, J. L. and Martínez, I. (1998) *La especie elegida*. Temas de Hoy, S. A., Madrid.
- Barber, N. (1995) The evolutionary psychology of physical attractiveness: sexual selection and human morphology. *Ethol. Sociobiol.*, **16**: 395-424.
- Bardin, C. W. and Catterall, J. F. (1981) Testosterone: un major determinant of extragenital sexual dimorphism. *Science.*, **211**: 1285-1294.
- Bedaiwy, M. A., Sharma, R. K., Alhussaini, T. K., Mohamed, M. S., Aleem, A. M. A., Nelson, D. R., Thomas, A. J. and Agarwal, A. (2003) The use of novel semen quality scores to predict pregnancy in couples with male-factor infertility undergoing intrauterine insemination. *J. Androl.*, **24**: 353-360.

- Berry, D. S. and Wero, J. L. (1993) Accuracy of face perception: a view from ecological psychology. *J. Pers.*, **61**: 497-503.
- Birkhead, T. R. and Fletcher, F. (1995) Male phenotype and ejaculate quality in the zebra finch *Taeniopygia guttata*. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **262**: 329-334.
- Blount, J. D., Møller, A. P. and Houston, D. C. (2001) Antioxidants, showy males and sperm quality. *Ecol. Lett.*, **4**: 393-396.
- Burt, D. M. and Perrett, D. I. (1997) Perceptual asymmetries in judgements of facial attractiveness, age, gender, speech and expression. *Neuropsychologia.*, **35**: 685-693.
- Buss, D. M. (1989) Sex differences in human mate preferences: evolutionary hypotheses tested in 37 cultures. *Behav. Brain Sci.*, **122**: 1-49.
- Cellerino, A. (2002) Facial attractiveness and species recognition: an elementary deduction? *Ethol. Ecol. Evol.*, **14**: 227-237.
- Chen, A. C., German, C. and Zaidel, D. W. (1997) Brain asymmetry and facial attractiveness: facial beauty is not simply in the eye of the beholder. *Neuropsychologia.*, **35**: 471-476.
- Clarke, G. M. and McKenzie, J. A. (1987) Developmental stability of insecticide-resistant phenotypes in the blowfly; a result of canalizing natural selection. *Nature.*, **325**: 345-346.
- Cobourne, M. T. (2000) Construction for the Modern Head: current concepts in craniofacial development. *J. Orthod.*, **27**: 307-314.
- Cooper, T. (1986) *The Epididymis, Sperm Maturation and Fertilisation*. Springer-Verlag, Berlín.
- Cunningham, M. R. (1986) Measuring the physical in physical attractiveness: quasi-experiments on the sociobiology of female facial beauty. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **50**: 925-935.

- Cunningham, M. R., Barbee, A. P. and Pike, C. L. (1990) What do women want? Facialmetric assessment of multiple motives in the perception of male physical attractiveness. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **59**: 61-72.
- Cunningham, M. R., Roberts, A. R., Barbee, A. P. and Druen, P. B. (1995) Their ideas of beauty are, on the whole, the same as ours: consistency and variability in the cross-cultural perception of female physical attractiveness. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **68**: 261-279.
- Daly, M. and Wilson, M. (1983) *Sex, evolution and behavior*. Wadsworth Pub. Co., Belmont.
- Dangerfield, P. H. (1994) Asymmetry and growth. En: *Anthropometry: The individual and the population*, Ulijaszek, S. J. and Mascie-Taylor, C. G. (ed.). Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 7-29.
- de Lamirande, E. and Gagnon, C. (1992) Reactive oxygen species and human spermatozoa. I. Effect on the motility of intact spermatozoa and on sperm axonemes. *J. Androl.*, **13**: 368-378.
- de Lamirande, E. and Gagnon, C. (1995) Impact of reactive oxygen species on spermatozoa: a balancing act between beneficial and detrimental effects. *Hum. Reprod.*, **10** Supp.1: 15-21
- de Monserrat, J. J., Soler, C., Gutiérrez, R., Núñez, M., Núñez, J. and Pérez-Sánchez, F. (2000) Morfometría espermática humana mediante el Sperm-Class Analyzer: aspectos metodológicos. *Act. Androl.*, **8**: 138.
- Dobrisnky, I., Hughes, J. P. A. and Barth, A. D. (1994) Flow cytometric and microscopic evaluation and effect on fertility of abnormal chromatin condensation in bovine sperm nuclei. *J. Reprod. Fertil.*, **101**: 531-538.
- El-Ghobashy, A. A. and West, C. R. (2003) The Human Sperm Head: A Key for Successful Fertilization. *J. Androl.*, **24**: 232-238.

- Ellison, P. T. and Panterbrick, C. (1996) Salivary testosterone levels among tamang and kami males of central Nepal. *Hum. Biol.*, **68**: 955-965.
- Enquist, M., Ghirlanda, S., Lundqvist, D. and Wachtmmeister, C. (2002) An ethological theory of attractiveness. En: *Advances in Visual Cognition, Volume 1, Facial Attractiveness: Evolutionary, Cognitive and Social Perspectives*, Rhodes, G. and Zebrowitz, L. A. (ed.). Ablex Publishing Ltd., Westport. pp. 1-20.
- Etcoff, N.L. (1999) *Survival of the Prettiest: The Science of Beauty*. Doubleday, New York.
- Evenson, D. and Jost, L. (2000) Sperm chromatin structure assay is useful for fertility assessment. *Methods. Cell. Sci.*, **22**: 169-189.
- Evenson, D. P., Kjersten, L. L. and Jost, L. (2002) The sperm chromatin structure assay (SCSA): Clinical use for detecting sperm DNA fragmentation related to male infertility and comparison with other techniques. *J. Androl.*, **23**: 25-43.
- Farkas, L. G. and Cheung, G. (1981) Facial Asymmetry in Healthy North American Caucasians. *Angle Orthod.*, **51**: 70-77.
- Farmer, D. C. and Barnard, C. J. (2000) Fluctuating asymmetry and sperm transfer in male decorated field crickets (*Grylloides sigillatus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **47**: 287-292.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A. and Tartaglia, G. (1993) Craniofacial morphometry by photographic evaluations. *Am. J. Orthod. Dent. Orthop.*, **103**: 327-337.
- Ferrario, V. F., Sforza, C., Miani, A. and Serrao, G. (1995) A three-dimensional evaluation of human facial asymmetry. *J. Anat.*, **186**: 103-110.

- Fink, B. and Penton-Voak, I. (2002) Evolutionary psychology of facial attractiveness. *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, **11**: 154-158.
- Firman, R. C., Simmons, L. W., Cummins, J. M. and Matson, P. L. (2003) Are body fluctuating asymmetry and the ratio of 2nd to 4th digit length reliable predictors of semen quality? *Hum. Reprod.*, **18**: 808-812.
- Folstad, I. and Karter, A. J. (1992) Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *Am. Nat.*, **139**: 603-622.
- Franciscus, R. G. and Trinkaus, E. (1995) Determinants of retromolar space presence in Pleistocene Homo mandibles. *J. Hum. Evol.*, **28**: 577-595.
- Fraser, F. C. (1994) Developmental instability and fluctuating asymmetry in man. En: *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*, Markow, T. A. (ed.). Kluwer, Dordrecht. pp. 319-334.
- Galiana, A. (1999) Secondary sexual traits in humans, women in particular. En: *7th European Society for Evolutionary Biology Congress*, Barcelona.
- Gangestad, S. W. (1993) Sexual selection and physical attractiveness: implications for mating dynamics. *Human Nat.*, **4**: 205-235.
- Gangestad, S. W. and Buss, D. M. (1993) Pathogen prevalence and human mate preference. *Ethol. Sociobiol.*, **14**: 89-96.
- Gangestad, S. W., Thornhill, R. and Yeo, R. (1994) Facial attractiveness, developmental stability, and fluctuating asymmetry. *Ethol. Sociobiol.*, **15**: 73-85.
- Gangestad, S. W. and Thornhill, R. (1997a) The evolutionary psychology of extrapair sex: The role of fluctuating asymmetry. *Evol. Hum. Behav.*, **18**: 69-88.
- Gangestad, S. W. and Thornhill, R. (1997b) Human sexual selection and developmental stability. En: *Evolutionary Social Psychology*, Simpson, J. A. and Kenrick, D. T. (ed.). Lawrence Erlbaum, New Jersey. pp. 169-195.

- Gangestad, S. W. and Thornhill, R. (1998) Menstrual cycle variation in women's preference for the scent of symmetrical men. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **265**: 927-933.
- Gangestad, S. W. and Simpson, J. A. (2000) The evolution of human mating: trade-offs and strategic pluralism. *Behav. Brain Sci.*, **23**: 573-644.
- Gangestad, S. W. and Thornhill, R. (2003) Facial masculinity and fluctuating asymmetry. *Evol. Hum. Behav.*, **24**: 231-241.
- Gellon, G. and McGinnis, W. (1998) Shaping animal body plans in development and evolution by modulation of Hox expression patterns. *Bioessays*. **20**: 116-125.
- Gomendio, M., Cassinello, J. and Roldan, E. R. S. (2000) A comparative study of ejaculate traits in three endangered ungulates with different levels of inbreeding: fluctuating asymmetry as an indicator of reproductive and genetic stress. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **267**: 875-882.
- Grammer, K. and Thornhill, R. (1994) Human (*Homo sapiens*) facial attractiveness and sexual selection: the role of symmetry and averageness. *J. Comp. Psychol.*, **108**: 233-242.
- Grammer, K., Fink, B., Moller, A. P. and Thornhill, R. (2003) Darwinian aesthetics: sexual selection and the biology of beauty. *Biol. Rev. Cambridge Philosophic. Soc.*, **78**: 385-407.
- Graves, R., Goodglass, H. and Landis, T. (1982) Mouth asymmetry during spontaneous speech. *Neuropsychologia.*, **20**: 371-381.
- Graves, R. and Landis, T. (1990) Asymmetry in mouth opening during different speech tasks. *Intern. J. Psychol.*, **25**: 179-189.
- Grossmann, C. J. (1985) Interactions between the gonadal steroids and the immune system. *Science.*, **227**: 257-261.

- Gutiérrez, R., Núñez, M., Sancho, M., Alvarez, J., Núñez, J., Yaber, I. and Soler, C. (2003) El atractivo facial masculino como predictor de la calidad seminal. *II jornadas de antropología de la alimentación, nutrición y salud: La imagen corporal, entre la biología y la cultura*. 25-26.
- Haselton, M. G. and Buss, D. M. (2000) Error management theory: A new perspective on biases in cross-sex mind reading. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **78**: 81-91.
- Henderson, J. J. A. and Anglin, J. M. (2003) Facial attractiveness predicts longevity. *Evol. Hum. Behav.*, **24**: 351-356.
- Hershkovitz, I., Ring, B. and Kobylansky, E. (1992) Craniofacial Asymmetry in Bedouin Adults. *Am. J. Hum. Biol.*, **4**: 83-92.
- Hume, D. K. and Montgomerie, R. (2001) Facial attractiveness signals different aspects of "quality" in women and men. *Evol. Hum. Behav.*, **22**: 93-112.
- Irvine, D. S., Macleod, I. C., Templeton, A. A., Masterton, A. and Taylor, A. (1994) A prospective clinical study of the relationship between the computer-assisted assessment of human semen quality and the achievement of pregnancy in vivo. *Hum. Reprod.*, **9**: 2324-2334.
- Jensen, T. K., Carlsen, E., Jørgensen, N., Berthelsen, J. G., Keiding, N., Christensen, K., Petersen, J. G., Knudsen, L. B. and Skakkebak, N. E. (2002) Poor semen quality may contribute to recent decline in fertility rates. *Hum. Reprod.*, **17**: 1437-1440.
- Johnston, V. S. and Franklin, M. (1993) Is beauty in the eye of the beholder? *Ethol. Sociobiol.*, **14**: 183-199.
- Johnston, V. S., Hagel, R., Franklin, M., Fink, B. and Grammer, K. (2001) Male facial attractiveness. Evidence for hormone-mediated adaptive design. *Evol. Hum. Behav.*, **22**: 251-267.

- Jones, D. (1995) Sexual selection, physical attractiveness, and facial neoteny: cross-cultural evidence and implications. *Curr. Anthropol.*, **36**: 723-748.
- Jones, B. C., Little, A. C., Penton-Voak, I. S., Tiddeman, B. P., Burt, D. M. and Perrett, D. I. (2001) Facial symmetry and judgements of apparent health support for a "good genes" explanation of the attractiveness-symmetry relationship. *Evol. Hum. Behav.*, **22**: 417-429.
- Jöchle, W. (1973) Coitus induced ovulation. *Contraception.*, **7**: 523-564.
- Kalick, S. M., Zebrowitz, L. A., Langlois, J. H. and Johnson, R. M. (1998) Does human facial attractiveness honestly advertise health - longitudinal data on an evolutionary question. *Psychol. Sci.*, **9**: 8-13.
- Kaplan, H. and Hill, K. (1985) Hunting ability and reproductive success among male Ache Foragers: preliminary results. *Current Anthropol.*, **26**: 131-133.
- Kieser, J. A., Groeneveld, H. T. and Da Silva, P. C. F. (1997) Dental asymmetry, maternal obesity, and smoking. *Am. J. Phys. Anthropol.*, **102**: 133-139.
- Kirkpatrick, M. and Ryan, M. J. (1991) The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. *Nature.*, **350**: 33-88.
- Klingenberg, C. P. (2002) A developmental perspective on developmental instability: Theory, models and mechanisms. En: *Developmental instability: Causes and consequences*, Polak, M. (ed.). Oxford Univ. Press, New York. pp. 14-34.
- Koehler, N., Simmons, L. W., Rhodes, G. and Peters, M. (2004) The relationship between sexual dimorphism in human faces and fluctuating asymmetry. *Proc. R. Soc. Lond. B. (Suppl.)*. **Firstcite**: S1-S4.
- Kondo, T., Zakány, J., Innis, J. W. and Duboule, D. (1997) Of finger, toes and penises. *Nature.*, **390**: 29.

- Kowner, R. (1996) Facial asymmetry and attractiveness judgement in developmental perspective. *J. Exp. Psychol.*, **22**: 662–675.
- Langlois, J. H., Roggman, L. A., Casey, R. J., Ritter, J. M., Riser-Danner, L. A. and Jenkins, V. Y. (1987) Infant preferences for attractive faces: rudiments of a stereotype? *Dev. Psychol.*, **23**: 363-369.
- Langlois, J. H., Ritter, J. M., Roggman, L. A. and Vaughn, L. S. (1991) Facial diversity and infant preferences for attractive faces. *Dev. Psychol.*, **27**: 79-84.
- Langlois, J. H., Roggman, L. A. and Musselman, L. (1994) What is average and what is not average about attractive faces. *Psychol. Sci.*, **5**: 214-220.
- Langlois, J. H., Ritter, J. M., Casey, R. J. and Sawin, D. B. (1995) Infant attractiveness predicts maternal behaviors and attitudes. *Dev. Psychol.*, **31**: 464-472.
- Larson, K. L., DeJonge, C. J., Barnes, A. M., Jost, L. K. and Evenson, D. P. (2000) Sperm chromatin structure assay parameters as predictor of failed pregnancy following assisted reproductive techniques. *Hum. Reprod.*, **15**: 1717-1722.
- Leung, B. and Forbes, M. R. (1997) Modelling fluctuating asymmetry in relation to stress and fitness. *Oikos.*, **78**: 397-405.
- Lewis-Jones, I., Aziz, N., Seshadri, S., Douglas, A. and Howard, P. (2003) Sperm Chromosomal abnormalities are linked to sperm morphological deformities. *Fertil. Steril.*, **79**: 212-215.
- Lieberman, D. E. (1998) Sphenoid shortening and the evolution of modern human cranial shape. *Nature.*, **393**: 158-162.
- Lieberman, D. E., McBratney, B. M. and Krovitz, G. (2002) The evolution and development of cranial form in *Homo sapiens*. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **99**: 1134-1139.

- Liu, D. Y. and Baker, H. W. G. (1992) Morphology of spermatozoa bound to the zona pellucida of human oocytes that failed to fertilise in vitro. *J. Reprod. Fert.*, **94**: 71-84.
- Liu, L., Ciereszko, A., Czesny, S. and Dabrowski, K. (1997) Dietary ascorbyl monophosphate depress lipid peroxidation in rainbow trout spermatozoa. *J. Aquat. Anim. Health.*, **9**: 249-257.
- Livshits, G. and Kobylansky, E. (1991) Fluctuating asymmetry as a possible measure of developmental homeostasis in humans: A review. *Hum. Biol.*, **63**: 441-466.
- Low, B. L. (2000) *Why sex matters. A Darwinian look at human behaviour.* Princeton Univ. Press., Princeton.
- Magro, A. M. (1999) Evolutionary-derived anatomical characteristics and universal attractiveness. *Percept. Mot. Skills.*, **88**: 147-166.
- Manning, J. T. and Chamberlain, A. T. (1993) Fluctuating asymmetry, sexual selection and canine teeth in primates. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **251**: 83-87.
- Manning, J. T., Scutt, D. and Lewis-Jones, D. I. (1998a) Developmental stability, ejaculate size, and sperm quality in men. *Evol. Hum. Behav.*, **19**: 273-282.
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J. and Lewis-Jones, D. I. (1998b) The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Hum. Reprod.*, **13**: 3000-3004.
- Markow, T. A. and Martín, J. F. (1993) Inbreeding and developmental stability in a small human population. *Ann. Hum. Biol.*, **20**: 389-394.
- Martin, R. D. and May, R. M. (1990) Outward signs of breeding. *Nature.*, **293**: 7-9.

- Mazur, A. and Booth, A. (1998) Testosterone and dominance in men. *Behav. Brain Sci.*, **21**: 353-380.
- Mealey, L., Bridgstock, R. and Townsend, G. C. (1999) Symmetry and perceived facial attractiveness: a monozygotic co-twin comparison. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **76**: 157-165.
- Miller, G. F. and Todd, P. M. (1998) Mate choice turns cognitive. *Trends Cogn. Sci.*, **2**: 190-198.
- Mitton, J. B. and Grant, M. C. (1984) Associations among protein heterozygosity, growth rate and developmental homeostasis. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **15**: 479-499.
- Mitton, J. B. (1993) Enzyme heterozygosity, metabolism and developmental stability. *Genetica.*, **89**: 47-65.
- Mizoguchi, Y. (1990) Covariation of asymmetries in metric and nonmetric tooth crown characters. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo.*, **16**: 39-47.
- Morrow, E. H. and Gage, M. J. G. (2001) Consistent significant variation between individual males in spermatozoal morphometry. *J. Zool.*, **254**: 147-153.
- Mortlock, D. P. and Innis, J. W. (1997) Mutation of hoxA13 in hand-foot-genital syndrome. *Nature Genet.*, **15**: 179-180.
- Møller, A. P. (1992) Female swallows prefer symmetrical male sexual ornaments. *Nature.*, **357**: 238-240.
- Møller, A. P. and Pomiankowski, A. (1993) Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Genetica.*, **89**: 267-279.
- Møller, A. P. (1997) Developmental stability and fitness: a review. *Am. Nat.*, **149**: 916-932.
- Møller, A. P. and Swadle, J. P. (1997) *Asymmetry, Developmental Stability and Evolution*. Oxford University Press, New York.

- Møller, A. P. and Thornhill, R. (1997a) A meta-analysis of the heritability of developmental stability. *J. Evol. Biol.*, **10**: 1-16.
- Møller, A. P. and Thornhill, R. (1997b) Developmental stability is heritable. *J. Evol. Biol.*, **10**: 69-76.
- Møller, A. P. and Thornhill, R. (1998) Bilateral symmetry and sexual selection: a meta-analysis. *Am. Nat.*, **151**: 174-192.
- Møller, A. P. and Manning, J. (2003) Growth and developmental instability. *Vet. J.*, **166**: 19-27.
- Mueller, U. and Mazur, A. (1997) Facial dominance in Homo sapiens as honest signaling of male quality. *Behav. Ecol.*, **8**: 569-579.
- Nunes, F. D., De Almeida, F. C. S., Tucci, R. and De Sousa, S. C. (2003) Homeobox genes: A molecular link between development and cancer. *Pesqui. Odontol. Bras.* **17**: 94-98.
- Oliver-Rodríguez, J. C., Guan, Z. and Johnston, V. S. (1999) Gender differences in late positive components evoked by human faces. *Psychophysiology*. **36**: 176-185.
- Ostermeier, G. C., Sargeant, G. A., Yandell, B. S., Evenson, D. P. and Parrish, J. J. (2001) Relationship of bull fertility to sperm nuclear shape. *J. Androl.*, **22**: 595-600.
- O'Higgins, P. (2000) The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *J. Anat.*, **197**: 103-120.
- Palmer, A. C. and Strobeck, C. (1986) Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, pattern. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **17**: 391-421.
- Parsons, P. A. (1990) Fluctuating asymmetry: An epigenetic measure of stress. *Biol. Rev.*, **65**: 131-145.
- Parsons, P. A. (1992) Fluctuating asymmetry: A biological monitor of environmental and genomic stress. *Heredity.*, **68**: 361-364.

- Pawlowski, B., Dunbar, R. I. M. and Lipowicz, A. (2000) Evolutionary fitness: tall men have more reproductive success. *Nature.*, **403**: 156.
- Peichel, C. L., Prabhakaran, B. and Vogt, F. (1997) The mouse ulnaless mutation deregulates posterior *hoxd* gene expression and alters appendicular patterning. *Development.* **124**: 3481-3492.
- Penton-Voak, I. S., Perrett, D. I., Castles, D. L., Kobayashi, T., Burt, D. M., Murray, L. K. and Minamisawa, R. (1999) Menstrual cycle alters face preference. *Nature.*, **399**: 741-742.
- Penton-Voak, I. S. and Perrett, D. I. (2000) Female preference for males faces changes cyclically: further evidence. *Evol. Hum. Behav.*, **21**: 39-48.
- Penton-Voak, I. S., Jones, B. C., Little, A. C., Baker, S., Tiddeman, B., Burt, D. M. and Perrett, D. I. (2001) Symmetry, sexual dimorphism in facial proportions and male facial attractiveness. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **268**: 1617-1623.
- Pérez-Sánchez, F., de Monserrat, J. J. and Soler, C. (1994) Morphometric analysis of human sperm morphology. *Int. J. Androl.*, **17**: 248-255.
- Perrett, D. I., May, K. A. and Yoshikawa, S. (1994) Facial shape and judgements of female attractiveness. *Nature.*, **368**: 239-242.
- Perrett, D. I., Lee, K. J., Penton-Voak, I., Rowland, D., Yoshikawa, S., Burt, D. M., Henzi, S. P., Castles, D. L. and Akamatsu, S. (1998) Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness. *Nature.*, **394**: 884-887.
- Perrett, D. I., Burt, D. M., Penton-Voak, I. S., Lee, K. J., Rowland, D. A. and Edwards, R. (1999) Symmetry and human facial attractiveness. *Evol. Hum. Behav.*, **20**: 295-307.
- Pirttiniemi, P., Kantomaa, T. and Lahtela, P. (1990) Relationship between craniofacial and condyle path asymmetry in unilateral cross-bite patients. *Eur. J. Orthod.*, **12**: 408-413.

- Polak, M. (2003) *Developmental instability. Causes and consequences*. Oxford University Press, New York.
- Pollard, I. (1994) *A guide to reproduction. Social issues and human concerns*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ponce de León, M. and Zollikofer, C. (2001) Neanderthal cranial ontogeny and its implications for late hominids diversity. *Nature.*, **412**: 534-538.
- Radesäter, T. and Halldórsdóttir, H. (1993) Fluctuating asymmetry and forceps size in earwigs, *Forficula auricularia*. *Anim. Behav.*, **45**: 626-628.
- Rasa, A. E., Vogel, C. and Volland, E. (1989) *The sociobiology of sexual and reproductive strategies*. Chapman and Hall, New York.
- Rasband, W. (1996) "NIH Image, v. 1.58". *National Institutes of Health, USA. Public domain*.
- Rhodes, G., Proffitt, F., Grady, J. M. and Sumich, A. (1998) Facial symmetry and the perception of beauty. *Psychonomic. Bull. Rev.*, **5**: 659-669.
- Rikowski, A. and Grammer, K. (1999) Human body odour, symmetry and attractiveness. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **266**: 869-874.
- Roberts, K. P. (1998) Y-chromosome deletions and male infertility: state of the art and clinical implications. *J. Androl.*, **19**: 255-259.
- Rohwer, S. and Rohwer, F. C. (1978) Status signalling in Harris sparrows: experimental deceptions achieved. *Anim. Behav.*, **26**: 1012-1022.
- Roldán, E. R. S., Cassinello, J., Abaigar, T. and Gomendio, M. (1998) Inbreeding, fluctuating asymmetry, and ejaculate quality in an endangered ungulate. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **265**: 243-248.
- Roldán, E. R. S. and Gomendio, M. (1999) The Y chromosome as a battleground for sexual selection. *Trends Ecol. Evol.*, **14**: 58-62.

- Sailer, B. L., Jost, L. K. and Evenson, D. P. (1996) Bull sperm head morphology related to abnormal chromatin and structure and fertility. *Cytometry*, **24**: 167-173.
- Samuels, C. A., Butterworth, G., Roberts, T., Graupner, L. and Hoyle, G. (1994) Facial aesthetics: babies prefer attractiveness to symmetry. *Perception*, **23**: 823–831.
- Scheib, J. E., Gangestad, S. W. and Thornhill, R. (1999) Facial attractiveness, symmetry, and cues of good genes. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **266**: 1913-1917.
- Shackelford, T. K. and Larsen, R. J. (1997) Facial asymmetry as an indicator of psychological, emotional, and physiological distress. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **72**: 456–466.
- Shackelford, T. K. and Larsen, R. J. (1999) Facial attractiveness and physical health. *Evol. Hum. Behav.*, **20**: 71-76.
- Shapiro, B. L. (1992) Development of human autosomal aneuploid phenotypes (with an emphasis on Down syndrome). *Acta Zool. Fenn.*, **191**: 97-105.
- Sheldon, B. C. (1994) Male Phenotype, fertility, and the pursuit of extra-pair copulations by female birds. *Proc. R. Soc. Lond. B.* **257**: 25-30.
- Skau, P. A. and Folstad, I. (2004) Do bacterial infections cause reduced ejaculate quality? A meta-analysis of antibiotic treatment of male infertility. *Behav. Ecol.*, **14**: 40-47.
- Skinner, M. and Mullen, B. (1991) Facial asymmetry in emotional expression: a meta-analysis of research. *Brit. J. Soc. Psychol.*, **30**: 113–124.
- Slater, P. J. B. and Halliday, T. R. (1994) *Behaviour and Evolution*. Cambridge University Press, New York.

- Slater, A., Von der Schulenberg, C., Brown, E., Badenoch, M., Butterworth, G., Parsons, S. and Samuels, C. (1998) Newborn babies prefer attractive faces. *Infant. Behav. Develop.*, **21**: 345-354.
- Soler, C., de Monserrat, J. J., Gassner, P., Buendía, P., Behre, H., Cooper, T. G. and Pérez-Sánchez, F. (2000a) Morfometría espermática humana y tasa de fertilidad tras fecundación in vitro e inyección intracitoplasmática. *Act. Androl.*, **8**: 123.
- Soler, C., Gutiérrez, R., Núñez, M., Buendía, P., Núñez, J. and Pérez-Sánchez, F. (2000b) Análisis transcultural del concepto de atractivo facial masculino y de su relación con la calidad seminal. *Act. Androl.*, **8**: 134.
- Soler, C., Núñez, J., Buendía, P., Núñez, M., Gutiérrez, R. and Pérez-Sánchez, F. (2000c) Valoración de la calidad espermática humana mediante análisis de componentes principales. *Act. Androl.*, **8**: 133.
- Soler, C., de Monserrat, J. J., Gutiérrez, R., Núñez, J., Núñez, M., Sancho, M., Pérez-Sánchez, F. and Cooper, T. G. (2003a) Use of the Sperm-Class Analyser for objective assessment of human sperm morphology. *Int. J. Androl.*, **26**: 262–270.
- Soler, C., Núñez, M., Gutiérrez, R., Núñez, J., Medina, P., Sancho, M., Álvarez, J. and Núñez, A. (2003b) Facial attractiveness in men provides clues to semen quality. *Evol. Hum. Behav.*, **24**: 199-207.
- Soler, C., Gutiérrez, R., Núñez, J., Sancho, M. and Núñez, M. (2003c) Antropometría del atractivo facial masculino. *XIII Congreso de la SEAB.*, p. 89.
- Soler, C., Núñez, M., Sancho, M., Álvarez, J. G., Núñez, J., Yaber, I. and Gutiérrez, R. (2004) Facial attractiveness in men, as a predictor of semen quality, is independent of rater's race, cultural background or gender. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, (enviado para publicación).

- Spoor, F., O'Higgins, P., Dean, M. C. and Lieberman, D. E. (1999) Anterior sphenoid in modern humans. *Nature.*, **397**: 572.
- Sukcharoen, N., Keith, J., Irvine, D. S. and Aitken, R. J. (1996) Prediction of the in-vitro fertilization (IVF) potential of human spermatozoa using sperm function tests: the effect of the delay between testing and IVF. *Hum. Reprod.*, **11**: 1030-1034.
- Surai, P. F., Blesbois, E., Grasseau, I., Chalah, T., Brillard, J. P., Wishart, G. J., Cerolini, S. and Sparks, N. (1998) Fatty acid composition, glutathione peroxidase and superoxide dismutase activity and total antioxidant activity of avian semen. *Comp. Biochem. Physiol. B.*, **120**: 527-533.
- Swaddle, J. P., Witter, M. S. and Cuthill, I. C. (1994) The analysis of fluctuating asymmetry. *Anim. Behav.*, **48**: 986-989.
- Swaddle, J. P. and Cuthill, I. C. (1994) Preference for symmetric males by Zebra finches. *Nature.*, **367**: 165-166.
- Swaddle, J. P. and Cuthill, I. C. (1995) Asymmetry and human facial attractiveness: Symmetry may not always be beautiful. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **261**: 111-116.
- Symons, D. (1995) Beauty is in the adaptations of the beholder: the evolutionary psychology of human female sexual attractiveness. En: *Sexual Nature/Sexual Culture*, Abramson, P.R. and Pinkerton, S.D. (ed.). The University of Chicago Press, Chicago. pp. 80-118.
- Tabin, C. J. and McMahon, A. P. (1997) Recent advances in Hedgehog signalling. *Trends Cell. Biol.*, **7**: 442-447.
- Tarín, J. J. and Gómez-Piquer, V. (2002) Do women have a hidden heat period? *Hum. Reprod.*, **17**: 2243-2248.
- Thornhill, R. and Gangestad, S. W. (1993) Human Facial beauty: averageness, symmetry and parasite resistance. *Hum. Nat.*, **4**: 237-269.

- Thornhill, R. and Gangestad, S. W. (1994) Human fluctuating asymmetry and sexual behavior. *Psychol. Sci.*, **5**: 297-302.
- Thornhill, R. and Gangestad, S. W. (1996) The evolution of human sexuality. *Trends Ecol. Evol.*, **11**: A98–A102.
- Thornhill, R. and Møller, A. P. (1997) Developmental stability, disease and medicine. *Biol. Rev.*, **72**: 497-528.
- Thornhill, R. (1998) Darwinian aesthetics. En: *Handbook of Evolutionary Psychology: Ideas, Issues and Applications*, Crawford, C. and Krebs, D. (ed.). Erlbaum, New Jersey. pp. 543-572.
- Thornhill, R. and Grammer, K. (1999) The body and face of woman: one ornament that signals quality? *Evol. Hum. Behav.*, **20**: 105-120.
- Thornhill, R. and Gangestad, S. W. (1999a) Facial attractiveness. *Trends Cogn. Sci.*, **3**: 452-460.
- Thornhill, R. and Gangestad, S. W. (1999b) The scent of symmetry: a human sex pheromone that signals fitness? *Evol. Hum. Behav.*, **20**: 175-201.
- Tomkins, J. L. and Simmons, L. W. (2003) Fluctuating asymmetry and sexual selection: Paradigm shifts, publication bias and observer expectation. En: *Developmental Instability: Causes and Consequences*, Polak, M. (ed.). Oxford University Press, New York. pp. 231-261.
- Tovée, M. J., Maisey, D. S., Emery, J. L. and Cornelissen, P. L. (1999) Visual cues to female physical attractiveness. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, **266**: 211-218.
- Trinkaus, E. (1987) The Neandertal face: evolutionary and functional perspectives on a recent hominid face. *J. Hum. Evol.*, **16**: 429-443.
- Trinkaus, E. (2003) Neandertal faces were not long; modern human faces are short. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **100**: 8142-8145.

- Trivers, R. L. (1971) The evolution of reciprocal altruism. *Q. Rev. Biol.*, **46**: 35–57.
- Trivers, R. L. (1985) *Social evolution*. Benjamin Cummings, Menlo Park.
- Trivers, R. L. (1996) Parental investment and sexual selection. En: *Foundations of animal behavior: classic papers with commentaries*, Houck, L. D. and Drickamer, L. C. (ed.). The University of Chicago Press, Chicago. pp. 795-838.
- Turek, P. J., Malkowicz, S. B., Tomaszewski, J. E., Wein, A. J. and Peehl, D. (1996) The role of the sertoli cell in active immunosuppression in the human testis. *Brit. J. Urol.*, **77**: 891-895
- Twigg, J. P., Irvine, D. S. and Aitken, R. J. (1998) Oxidative damage to DNA in human spermatozoa does not preclude pronucleus formation at intracytoplasmic sperm injection. *Hum. Reprod.*, **13**: 1864-1871.
- Vicari, E., Perdichizzi, A., De Palma, A., Burrello, N., D'Agata, R. and Calogero, A. E. (2002) Globozoospermia is associated with chromatin structure abnormalities: Case report. *Hum. Reprod.*, **17**: 2128-2133.
- Watson, P. J. and Thornhill, R. (1994) Fluctuating asymmetry and sexual selection. *Trends Ecol. Evol.*, **9**: 21-25.
- Winer, B. J. (1971) *Statistical Principles in Experimental Design*. McGraw-Hill, New York.
- World Health Organization. (1999) *WHO laboratory manual for the examination of human semen and sperm-cervical mucus interaction*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yamaguchi, T. P., Bradley, A., McMahon, A. P. and Jones, S. (1999) A *Wnt5a* pathway underlies outgrowth of multiples structures in the vertebrate embryo. *Development.*, **126**: 1211-1223.

- Yavetz, H., Yogev, L., Kleiman, S., Botchan, A., Hauser, R., Lessing, J. B., Paz, G. and Gamzu, R. (2001) Morphology of testicular spermatozoa obtained by testicular sperm extraction in obstructive and nonobstructive azoospermic men and its relation to fertilization success in the in vitro fertilization-intracytoplasmic sperm injection system. *J. Androl.*, **22**: 376-381.
- Zaidel, D. W., Chen, A. C. and German, C. (1995) She is not a beauty even when she smiles: possible evolutionary basis for a relationship between facial attractiveness and hemispheric specialization. *Neuropsychologia.*, **33**: 649-655.
- Zebrowitz, L. A., Olson, K. and Hoffman, K. (1992) Stability of bayfaceness and attractiveness across the lifespan. *J. Pers. Soc. Psychol.*, **64**: 453-466.
- Zebrowitz, L. A. (1997) *Reading Faces: Window to the Soul?* Westview Press, Colorado.