

# La semejanza familiar en la morfología corporal de la población de Vizcaya

(Familiar resemblance in body morphology)

Rosique, Javier; Rebato, Esther

Univ. del País Vasco

Fac. Ciencias

Dpto. de Biología Animal y Genética (Sección Antropología Física)

Apdo. 644

48080 Bilbao

BIBLID [1137-439X (1998), 16; 23-51]

---

*Se ha estudiado el parecido entre parientes para un conjunto de caracteres morfológicos que describen la morfología corporal de tres muestras de fratrias y una muestra de progenitores-descendientes. El método utilizado para el estudio de la semejanza familiar, se basa en el cálculo de correlaciones familiares estimadas por máxima verosimilitud (método de Rao et al., 1987). Los coeficientes de determinación genética obtenidos oscilan entre el 62,3% y el 53,2% según la variable estudiada. No hay clara evidencia de ligamiento al cromosoma X para ninguno de los caracteres biológicos analizados, aunque algunas variables parecen presentar un mayor grado de determinación genética autosómica tanto en el sexo masculino (índices ponderales) como en el femenino (endomorfia). El formato corporal (somatotipo) muestra un grado de heredabilidad moderada similar al de otras poblaciones de origen caucasoide. Se ha puesto de manifiesto el efecto de la convivencia (ambiente común) ya que los hermanos tienden a parecerse más entre sí que con sus padres.*

*Palabras Clave: Parecido familiar. Morfología corporal. Antropología vasca.*

*Bizkaiko populazioaren fratrietatik hiru laginetan eta guraso/ondorengoetatik lagin batetan, gorputz-morfologia deskribatzen duten ezaugarri morfologikoen multzo bati dagokionean, senideen arteko antzekotasuna aztertu da. Erabilitako metodoa, famili korrelazioen kalkuluan oinarriturik dago, berrosimilitute maximoko estimazioetaz baliatuz (Rao et al., 1987). Determinazio genetikorako lortutako koefizienteak, 62,3% eta 53,2% bitartekoak dira, aztertutako aldagaiaren araurera. Azterturiko karaktere biologikoetatik batetan ere ez da argia X kromosomarekiko lotura dagoenik, hala ere, zenbait aldagaik, bai gizezkoetan (indize ponderaleak) bai emakumezkoetan (endomorfia), determinazio genetikoa autosomikoaren gradu altuagoa erakutsi dute. Gorputz-formatoak (somatotipoa), heredagarritasun-gradu moderatua erakutsi du, jatorri kaukasoideko beste populazio batzuren antzera. Elkarbizitzaren eragina (ingure amankomunagatik) agerian jarri da; izan ere, nebarreben arteko antzekotasuna gurasoekikoa baino handixeagoa da.*

*Giltz-Hitzak: Familiaren arteko antza. Gorputz morfologia. Euskal antropologia.*

*On a étudié la ressemblance entre parents par un ensemble de caractères morphologiques qui décrivent la morphologie corporelle de trois échantillons de phratries et un échantillon de progéniteurs-descendants. La méthode utilisée pour l'étude de la ressemblance familiale se base sur le calcul de corrélations familiales estimées par vraisemblance (méthode de Rao et al., 1987). Les coefficients de détermination génétique obtenus oscillent entre 62,3% et 53,2% selon la variable étudiée. Il n'y a pas d'évidence d'union au chromosome X pour aucun des caractères biologiques analysés, bien que quelques variables semblent présenter un degré plus important de détermination génétique autosomique aussi bien chez le sexe masculin (indices pondéraux) que chez le sexe féminin (endomorphie). Le format corporel (somatotype) montre un degré d'"hérédabilité" modérée similaire à celui d'autres populations d'origine caucasoide. L'effet de la coexistence (environnement commun) a été mis en évidence car les frères tendent à se ressembler plus entre eux qu'à leur parents.*

*Mots Clés: Ressemblance familiale. Morphologie corporelle. Anthropologie basque.*

## I. INTRODUCCION

El cuerpo humano posee características biológicas que muestran una escala de variación de tipo continuo, como la estatura, el peso, la cantidad de grasa acumulada en el pániculo adiposo subcutáneo, etc. A principios de este siglo, tras el redescubrimiento de las leyes de Mendel, surgieron algunas preguntas acerca de la herencia de este tipo de caracteres. Esto desembocó en una clara controversia ante el dilema de si la variación continua que presentaban la mayoría de los caracteres biológicos humanos podía explicarse con la teoría mendeliana de los factores discretos. Mas tarde, se demostró que la segregación mendeliana era capaz de explicar el mantenimiento de la variación continua. Bastaba asumir la participación de un cierto número de genes, ejerciendo cada uno un efecto pequeño y acumulativo sobre el mismo carácter. El resultado final era una distribución continua de dicha característica, en vez de categorías discretas como en las investigaciones mendelianas típicas. La ilustración de este modelo, conocido como **modelo poligénico**, la realizó Fisher mediante el estudio de datos de estaturas medidas en padres e hijos.

Los caracteres de variación continua vienen determinados por poligenes (genes de efectos individuales pequeños, acumulativos y de idéntica magnitud). Pero al efecto de los genes se añade el efecto de diversos factores ambientales, entre los que estaría la nutrición, higiene, clima, cultura, etc. Por ello se puede hablar de un modelo multifactorial de la herencia de los caracteres de variación continua. La variación debida a factores genéticos (heredabilidad) es una proporción respecto a la variación total (Vogel y Motulsky, 1982). Pero en las poblaciones humanas, el cálculo de la heredabilidad en sentido estricto (porcentaje de varianza total que puede fijarse en un experimento de selección), está seriamente limitado ya que no puede eliminarse el efecto del ambiente (Susanne, 1981). Por eso se suele utilizar el cálculo del coeficiente de determinación genética ( $h^2$ ) como sinónimo de la heredabilidad en sentido amplio. Este coeficiente se expresa como la fracción de la varianza total que se halla determinada genéticamente ( $h^2 = V_G / V_P$ ) y se puede aplicar al estudio de las poblaciones humanas (Falconer, 1970).

En una población panmíctica, los valores teóricos de correlación entre parientes para un carácter continuo suponiendo ausencia de dominancia e interacciones epistáticas (Carter y Marshall, 1978), serían:  $r_{\text{progenitor-hijo/a}} = 0,50$ ,  $r_{\text{hermanos}} = 0,50$ .

La acción de factores genéticos no aditivos, como la dominancia o la epistasia, modificaría los coeficientes de correlación entre parientes disminuyendo su valor (Cavalli-Sforza y Bodmer, 1981). Otros factores que pueden alterar dichos valores son: los cruzamientos preferenciales, los efectos del medio, el efecto materno y la participación de genes ligados al cromosoma X. De estos efectos, el diseño del presente estudio ha permitido analizar fundamentalmente dos: el efecto del medio y el efecto del sexo.

a) *El efecto del medio*. Los miembros de la unidad familiar comparten unas mismas características familiares, cuando conviven en el mismo ambiente. Esto influye en el parecido observado entre parientes (Falconer, 1970; Susanne, 1984). El parecido entre integrantes de la misma familia, y por ende las correlaciones entre parientes, poseen pues cierta "inflación" por efecto ambiental. Sin embargo, el ambiente común no afecta por igual a todos los caracteres, ni a todos los tipos de parientes, sino que será más acusado para determinadas características especialmente sensibles al ambiente. El parecido entre hermanos se verá más afectado que el existente entre padres e hijos, ya que parece lógico suponer que los hermanos pueden estar sometidos a un medio, tanto familiar como no familiar, más similar que el de los padres en relación a los hijos (efecto generacional).

b) *El efecto del sexo*. La producción diferencial de hormonas en ambos sexos puede explicar las diferencias sexuales en los caracteres cuantitativos. Sin embargo, existe cierta evidencia de que genes implicados en la variación continua, pueden estar situados en los cromosomas sexuales (Byard et al., 1983b).

Las correlaciones familiares son sensibles al efecto de los alelos ligados al cromosoma X. En este caso la correlación entre hermanas aumentará su valor teórico esperado y la correlación entre hermanos de distinto sexo se verá reducida, aunque la correlación entre hermanos varones permanecerá inalterada:  $r_{\text{hermana-hermana}} = 0,75$ ,  $r_{\text{hermano-hermano}} = 0,50$  y  $r_{\text{hermano-hermana}} = 0,35$ . Estos valores son teóricos y se ven modificados por efecto de los alelos en loci autosómicos, efectos ambientales, etc; es decir, representan valores máximos. Pero los agentes que modifiquen esos valores teóricos lo harán en una misma dirección para los tres tipos de correlación. Si el grado de determinación genética es mayor en un sexo que en el otro, el valor de  $r$  será más elevado en los pares de hermanos en que se presente dicho sexo. Por ejemplo, si la determinación genética es mayor en el sexo femenino obtendríamos la siguiente secuencia:  $r_{\text{hermana-hermana}} \geq r_{\text{hermano-hermano}} > r_{\text{hermano-hermana}}$ . Por otro lado, si existen influencias ambientales específicas para un determinado sexo, el parecido entre hermanos del mismo sexo será mayor que entre hermano-hermana (Mueller y Malina, 1980; Malina y Mueller, 1981), es decir,  $(r_{\text{hermano-hermano}} > r_{\text{hermana-hermana}}) > r_{\text{hermano-hermana}}$ .

La presencia de genes implicados en un determinado carácter en el cromosoma X provocaría que la correlación entre padres e hijas fuera igual a la correlación entre madres e hijos (ya que comparten un cromosoma X). La correlación entre madres e hijas sería algo menor que las anteriores ya que comparten sólo uno de los dos cromosomas X. La correlación padre-hijo sería nula al no tener ningún cromosoma X en común (Carter y Marshall, 1978). Los valores máximos esperados en caso de ligamiento al cromosoma X son los siguientes (Li, 1955):  $r_{\text{padre-hijo}} = 0$ ,  $r_{\text{padre-hija}} = 0,71$ ,  $r_{\text{madre-hijo}} = 0,71$ ,  $r_{\text{madre-hija}} = 0,50$ .

## II. OBJETIVO DEL PRESENTE ESTUDIO

En esta investigación se ha abordado la cuantificación del grado de parecido familiar con respecto a una serie de características indicativas de la morfología corporal (somatotipo e índices de corpulencia y adiposidad) de los sujetos, con la finalidad de evaluar la importancia relativa de factores genéticos y ambientales en el fenotipo de las familias vizcainas. Por otro lado, se intentará estimar la influencia del sexo, contemplando la posible participación de genes situados en el cromosoma X y, finalmente, se realizarán comparaciones con otras poblaciones españolas y europeas tomadas de la bibliografía para ubicar a la población vizcaina en el contexto de otros estudios.

## III. MATERIAL Y METODOS

Se han recogido las medidas antropométricas de 1.579 individuos de ambos sexos, 770 varones y 809 mujeres, pertenecientes a 747 núcleos familiares. Se trataba de sujetos emparentados con parentesco de primer grado, excluyendo (por encuesta) ciertas fuentes de error como, por ejemplo, los hijos adoptivos. Los núcleos familiares están integrados, en este estudio, por los siguientes conjuntos: a) muestras de progenitores-descendientes y b) muestras de fratrías. Ambos conjuntos están representados en la muestra que hemos estudiado y que ha sido recogida en tres zonas geográficas diferentes: la Costa de Vizcaya, la Villa de Bilbao

y la Margen Izquierda. De las 747 familias, 51 estaban compuestas por grupos de progenitores-descendientes y 696 por fratrías exclusivamente. Las fratrías consideradas no contienen hermanos gemelos. La distribución por sexos y origen de la muestra estudiada ha sido la siguiente:

ORIGEN Y TIPO DE MUESTRA	Varones n	Mujeres n	FAMILIAS n
1.- Costa de Vizcaya (Gernika, Bermeo y Plentzia) Muestra de hermanos	260	245	243
2.- Villa de Bilbao Muestra de hermanos	325	332	
3.- Margen Izquierda (Santurce y Portugalete) Muestra de hermanos	136	137	172
Muestra de progenitores-descendientes: Padres	17	49	
Hijos	32	46	
TOTAL.:	770	809	747

Los rangos de edad (en años cumplidos) de las muestras estudiadas, es decir, mínimo y máximo de edad en la muestra, se presenta a continuación en la siguiente tabla:

EDAD (años)	Varones	Mujeres
1.- Costa de Vizcaya (Gernika, Bermeo y Plentzia) Muestra de hermanos	9-18	7-18
2.- Villa de Bilbao Muestra de hermanos	4-20	4-20
3.- Margen Izquierda (Santurce y Portugalete) Muestra de hermanos	4-22	4-24
Muestra de progenitores-descendientes: Padres	34-60	19-56
Hijos	4-22	4-24

### Las variables objeto de estudio

Las variables corporales medidas han sido: la estatura, el peso, los diámetros biepicondilares del húmero y fémur, perímetros del brazo y de la pierna y cuatro pliegues de grasa subcutánea (triceps, subescapular, suprailíaco y pantorrilla media). Para su obtención empleamos el protocolo del International Biological Programme (IBP, Weiner y Lourie, 1981).

A partir de las variables de medición directa se ha derivado el somatotipo antropométrico individual por el método de Heath-Carter (Carter y Heath, 1990) para las tres muestras estudiadas. El somatotipo de cada individuo se expresa como un conjunto de tres variables endomorfia (desarrollo graso relativo), mesomorfia (desarrollo musculoesquelético) y ectomorfia (linearidad relativa independientemente de la estatura del sujeto). También se han construido los siguientes índices de adiposidad:

$$\text{BMI} = \text{peso}/\text{estatura}^2 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$\text{Índice de Livi} = \sqrt[3]{\text{peso}/\text{estatura}}$$

$$\text{Índice ponderal} = \text{peso}/\text{estatura}$$

Las unidades familiares han sido seleccionadas partiendo de fratrías que se encontraban estudiando en los centros escolares que han intervenido en este estudio y solicitando posteriormente la colaboración de los padres.

### **Estima del parecido familiar**

El propósito general del método utilizado es obtener la correlación entre distintos tipos de parientes, como estima de su parecido. Sin embargo, se deben tener en cuenta algunas precauciones. Las mediciones directas no pueden usarse en el cálculo de las correlaciones, ya que la mayoría de las variables son función de la edad (por efecto del crecimiento o la senectud) y del sexo del individuo, puesto que también existe dimorfismo sexual. Para hacer independientes las medidas antropométricas del sexo y edad del individuo es necesario preparar los datos antes de su utilización en el cálculo de las correlaciones. Para ello, uno de los métodos más usuales consiste en ajustar los datos para cada sexo y edad mediante el uso de puntuaciones-z (valores tipificados):  $z = (x_i - m)/s$ ; siendo  $x_i$  el valor a ajustar, y  $m$  y  $s$  la media y desviación típica de la población de referencia para cada clase de edad y sexo. Se asume que las puntuaciones-z pertenecen a una distribución normal  $N(0,1)$ , para su manejo posterior (Sokal y Rohlf, 1981). En este estudio, para el caso de las fratrías de la muestra de La Costa se ha utilizado como población de referencia la población vizcaína de Rosique (1992).

Se ha utilizado asimismo una segunda forma de ajuste de las variables originales, basada en la regresión no lineal de cada variable sobre la edad. Este método de preparación de los datos se ha usado con fines comparativos respecto al primer método en la muestra de La Costa y de forma general en las demás muestras estudiadas. Dicho método tiene en cuenta de un modo más preciso el proceso de crecimiento al tratar las variables de la población infantil y adolescente. Cuando el ajuste se ha considerado meritorio, se han obtenido los residuos tipificados entre los valores esperados y observados para cada individuo. La regresión se ha realizado para cada sexo por separado, probando varias ecuaciones mediante el módulo NLR del SPSS/PC+. Se ha comprobado que los polinomios cúbicos se ajustaban mejor que otras funciones a los datos de índices, y los polinomios de quinto grado a las componentes en las tres muestras estudiadas. Para tipificar los residuos basta dividir por la desviación de los mismos. El trabajo posterior con los residuos asume la normalidad de los mismos puesto que representan variables del tipo  $N(0,1)$ .

Posteriormente se ha procedido a obtener la tipificación de las variables de los individuos adultos considerados en una única muestra. Esto se ha realizado mediante el cálculo de las puntuaciones-z de cada individuo, tomando como media y desviación de referencia la de la muestra total de progenitores. Las medidas corporales de los adultos no presentan correlación significativa con la edad y esto elimina la hipótesis de efecto de la senectud. El tratamiento de los datos progenitores-descendientes, para el cálculo de las correlaciones familiares, asume la posibilidad de huecos (missing values) pero es difícil asegurar cómo puede alterar este hecho los resultados finales, como indican Rao et al. (1982), en todo caso podría reducirse ligeramente la potencia del test de hipótesis.

### **Cálculo de correlaciones entre parientes**

El coeficiente de correlación progenitor-hijo(a), aunque no es una estima de la heredabilidad, es una buena aproximación al cálculo del grado de determinación genética. Las

estimas de la heredabilidad, se distancian más de los valores del coeficiente de correlación para el caso de las correlaciones entre hermanos, probablemente por efectos ambientales (Susanne, 1980). Las correlaciones empleadas en este estudio son correlaciones producto-momento, pero se ha empleado el método de máxima verosimilitud para estimar simultáneamente las correlaciones entre todos los tipos de parientes de la muestra analizada. Dicho método ha sido utilizado en el presente estudio mediante la aplicación del programa informático MLECOR (Rao et al., 1984) para PCs. El programa calcula simultáneamente las correlaciones entre todos los tipos de parientes. El estimador maximoverosímil es el logaritmo de la probabilidad. La obtención del estimador y los presupuestos en que se basa la obtención pueden consultarse en Rao et al., (1982), Rao et al., (1984) y Rao et al., (1987). El logaritmo de la probabilidad para el total de la muestra ( $n$  observaciones), puede calcularse aproximadamente del siguiente modo:

$$\ln L = -\mathcal{X}^2/2 + \text{constante}$$

$$\text{Donde } \mathcal{X}^2 = \sum_{i=1}^w n_i \left( z_i - \bar{z}_i \right)^2, \quad w \text{ corresponde al número total de correlaciones a estimar.}$$

Las correlaciones finalmente se obtienen en MLECOR minimizando  $\mathcal{X}^2$ . Esta distribución es la base para el test de hipótesis.

Además de las correlaciones familiares y las varianzas, es necesario estimar el tamaño muestral. Este cálculo puede realizarse numéricamente, como indican Byard et al. (1991), del siguiente modo:

$$n = \frac{(1 - r^2)^2}{s^2 r}$$

Donde  $r$  es la correlación estimada y  $s^2 r$  es la varianza de  $r$ . Este método evita exagerar el tamaño muestral que resultaría de considerar todos los pares de hermanos o de padres-hijos posibles en familias de fratrías grandes. El tamaño muestral así estimado es función de la cantidad de información independiente que aporta cada nuevo hermano dentro de la fratría. Finalmente, hay que tener en cuenta que la estima del tamaño muestral es mayor que el número total de familias utilizadas en el cálculo de  $r$  y menor que todos los posibles pares de hermanos.

### Comparación de coeficientes de correlación (test de hipótesis)

El test de hipótesis para las correlaciones familiares se basa en el *test de la razón de probabilidad* (likelihood ratio tests). La hipótesis que se quiere comprobar es que la correlación padres-hijos, o entre hermanos, es independiente del sexo, es decir, no hay diferencias sexuales en el parecido familiar (Byard et al., 1991). La comparación de hipótesis se consigue, por máxima verosimilitud, mediante la razón de probabilidades que puede calcularse substrayendo los logaritmos de la probabilidad de dos modelos (teniendo en cuenta el sexo y sin tenerlo). Es decir, el valor del logaritmo de la probabilidad del modelo reducido (sin tener en cuenta el sexo) se resta del obtenido en el modelo general (teniendo en cuenta el sexo) y se multiplica por 2 para obtener un estadístico que se distribuye asintóticamente como una  $\chi^2_{w-k}$ , con  $w-k$  grados de libertad siendo  $w$  el número de correlaciones del modelo general y  $k$  el del modelo reducido (Byard et al., 1985). Para las muestras de fratrías la comparación entre los dos modelos sigue una distribución  $\chi^2$  con 2 grados de libertad, ya que en este caso  $w=3$  y  $k=1$ . Sin embargo, existen otros casos en los que interesa comparar coeficien-

tes de correlación obtenidos a partir de muestras diferentes. En estos casos el método utilizado se basa en la prueba de la  $t_s$  (Sokal y Rohlf, 1981).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se procederá a la exposición de los resultados obtenidos en cada muestra por separado. Asimismo, se sigue un orden en la exposición de resultados refiriéndonos primero al somatotipo antropométrico y, posteriormente, a la adiposidad y corpulencia expresadas como índices ponderales.

##### Estudio del parecido entre hermanos en La Costa

En las Tablas 1 a 3 se muestran, para cada sexo, los estadísticos descriptivos (media y desviación típica) de las tres componentes del somatotipo, dimensiones corporales absolutas y edad decimal e índices ponderales, respectivamente, de este modo podemos caracterizar a la muestra estudiada.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) de las tres componentes somatotípicas para el conjunto de la muestra de la Costa de Vizcaya distribuida por sexos.

	CHICOS (n=253)		CHICAS (n=233)	
	m	s	m	s
ENDOMORFIA	4,04	1,98	4,89	1,58
MESOMORFIA	4,56	1,18	4,04	1,33
ECTOMORFIA	2,79	1,28	2,58	1,21

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la muestra de la costa de Vizcaya (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para las dimensiones corporales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
Estatura (cm)	254	156,96	13,92	243	153,97	10,14
Peso (kg)	254	50,74	13,77	243	48,84	11,17
Anchuras Bicondilares (cm)						
Húmero	254	6,24	0,57	236	5,80	0,40
Fémur	254	9,39	0,88	236	8,97	0,83
Perímetros (cm)						
Brazo	254	25,64	3,53	235	24,70	2,95
Pantorrilla	254	33,17	3,69	241	33,35	4,03
Pliegues de grasa (mm)						
Triceps	254	14,23	6,48	235	18,34	6,22
Subescapular	254	10,81	6,06	234	12,90	6,01
Suprailíaco	254	13,38	9,61	234	14,06	6,81
Pantorrilla	253	16,79	5,91	235	19,00	5,19
Edad (años)	260	13,47	2,43	245	13,54	2,31

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la muestra de la costa de Vizcaya (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para los índices ponderales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	254	20,21	3,00	243	20,36	3,08
Peso/Estatura (kg/m)	254	31,90	6,44	243	31,47	5,83
Índice de Livi (kg <sup>1/3</sup> /m)	254	23,41	1,03	243	23,60	1,05

En la Tabla 4 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos para las 3 componentes del somatotipo antropométrico según el tipo de hermanos, estudiado en función del sexo, y sin tener en cuenta el mismo (cuarta columna, HRNOS). Hay que destacar el elevado coeficiente de correlación de la endomorfia entre hermanas (0,411) y de la segunda componente (mesomorfia) entre hermanos (0,446). Precisamente, en esta última existen diferencias significativas entre los sexos, destacando la escasa correlación obtenida en las fratrías de sexos distintos (0,099) frente al alto valor de hermanos varones ya mencionado. Los coeficientes de correlación muestran distinto grado de significación estadística dependiendo del tipo de parejas de hermanos consideradas, siendo la r de la ectomorfia siempre significativa para todos los tipos de hermanos.

El test de  $\chi^2$  muestra que no existe determinación del sexo en el parecido familiar de la endomorfia y ectomorfia, y la pequeña significación de la mesomorfia ( $p \leq 0,05$ ) indica quizá una posible influencia sexual (mayor parecido entre hermanos del mismo sexo). Cuando la  $\chi^2$  no es significativa se procede a la observación de la cuarta columna (hermanos), donde se muestran las correlaciones obtenidas sin tener en cuenta el sexo de los hermanos; ésta constituye un resumen de la semejanza familiar para el somatotipo. Así, en la cuarta columna se observa una alta significación para las tres componentes, siendo la ectomorfia la que presenta la correlación más elevada (0,270) y la mesomorfia la más baja (0,184). Se ha representado gráficamente esta columna en la Figura 1.

Tabla 4. Tamaños muestrales y correlaciones para las tres componentes del somatotipo en la muestra de La Costa. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*:  $p < 0,05$ ). Abreviaturas: n=nº de individuos, r=coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
Endomorfia	61	0,212	116	0,173*	55	0,411**	255	0,231***	2,711
Mesomorfia	61	0,446***	116	0,099	55	0,264	253	0,184***	6,783*
Ectomorfia	61	0,339**	116	0,215**	55	0,325**	254	0,270***	1,161

COSTA DE VIZCAYA

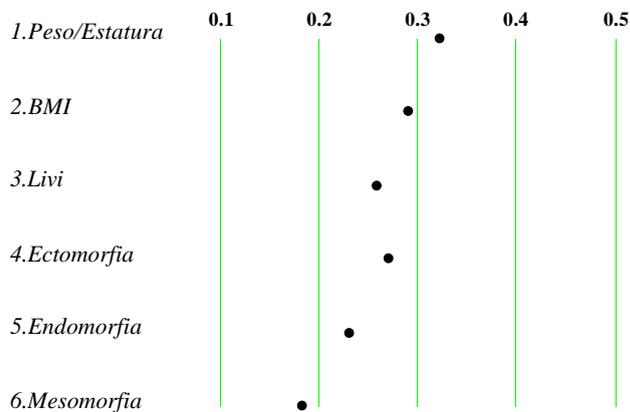


Figura 1. Representación gráfica de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo en la muestra de hermanos de la Costa de Vizcaya.

En la Tabla 5 se pueden observar las correlaciones obtenidas para los índices ponderales, en los distintos tipos de fratrias. En general los hermanos varones muestran coeficientes de correlación similares en magnitud y significación para los tres índices, mientras que las hermanas muestran elevados coeficientes (mayores que 0,4) para el BMI y peso/estatura, pero no para el índice de Livi. Los valores de la  $\chi^2$  no han sido significativos, por lo que nos ceñiremos a los resultados de la cuarta columna (HRNOS). La Figura 1 muestra la representación gráfica de las correlaciones sin tener en cuenta el sexo. El índice peso/estatura es el que presenta la correlación más alta (0,322) y el índice de Livi la más baja (0,259). Los tres índices presentan coeficientes de correlación muy significativos ( $p < 0,001$ ).

A continuación se discute de forma más detallada el *efecto del sexo* sobre los caracteres estudiados. Los resultados obtenidos en la muestra de la Costa de Vizcaya indican que no existe un determinismo sexual para la mayor parte de las correlaciones analizadas, ya que los valores de la  $\chi^2$  no son significativos (con excepción de la mesomorfía, Tabla 4).

Tabla 5. Tamaños muestrales y correlaciones para el Índice de Masa Corporal (B.M.I.=Body Mass Index), Índice peso/estatura e Índice de Livi en la muestra de la Costa de Vizcaya. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*:  $p < 0,05$ ). Abreviaturas: n=nº de individuos, r=coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
BMI	62	0,359**	121	0,221**	60	0,421***	271	0,290***	2,777
Peso/Estatura	62	0,390**	121	0,269***	60	0,422***	274	0,322***	1,866
Ind. de Livi	62	0,360**	121	0,204**	56	0,149	245	0,259***	1,270

El gradiente de los coeficientes de correlación:  $r_{hrna-hrna} > r_{hrno-hrno} > r_{hrno-hrna}$ , es indicativo de ligamiento al sexo (cromosoma X), cuando se alcanzan los valores teóricos esperados. Sin embargo los máximos no se suelen alcanzar por el efecto añadido de influencias ambientales. Dicho gradiente se puede observar en la muestra, para la endomorfia (Tabla 4) y los índices ponderales BMI y peso/estatura (Tabla 5), aunque en ninguno de los casos se han alcanzado los valores teóricos máximos. Evidencia de ligamiento al sexo para el BMI ha sido señalada por algunos autores como Byard et al. (1983b) que, además, encontraron mayores efectos de genes ligados al cromosoma X a edades tempranas que en adultos.

Existe otro gradiente posible en el que el sexo masculino estaría más determinado por el genotipo que por el ambiente (salvo en el caso en que genes y ambiente actúen en la misma dirección):  $r_{hrno-hrno} > r_{hrno-hrna} > r_{hrna-hrna}$ , y que en la muestra de la Costa de Vizcaya se da para el índice de Livi. Finalmente, otra secuencia posible es la que se ha encontrado en esta misma muestra para los coeficientes de correlación de la mesomorfia y ectomorfia y en la que  $(r_{hrno-hrno} > r_{hrna-hrna}) > r_{hrno-hrna}$ , indicativa de una influencia ambiental específica para cada sexo. Dicha diferencia es significativa en el caso de la mesomorfia.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de fratrias procedentes de La Costa vizcaína indican que las correlaciones son moderadas pero significativas para las mismas, más altas para la ectomorfia seguidas de la endomorfia y de la mesomorfia (Tabla 4). Diversas investigaciones han puesto de manifiesto la mayor semejanza familiar para la ectomorfia (Orvanová, 1984). Este hecho parece en principio lógico si tenemos en cuenta la contribución de las variables que en ella intervienen, en particular la estatura que, como otras medidas corporales con un soporte óseo importante, suele mostrar mayores correlaciones familiares que los perímetros o la grasa subcutánea (Sánchez Andrés, 1992).

Por otra parte, aunque la determinación del sexo para la semejanza familiar del formato corporal puede ser prácticamente descartada, tal y como indican los resultados del test  $\chi^2$  (salvo quizá para la mesomorfia), hemos podido detectar cierta influencia del mismo al analizar la ordenación relativa de los coeficientes de correlación entre los diferentes tipos de hermanos. Así, se observa que las hermanas en las fratrias se parecen más en la endomorfia que los hermanos varones entre sí (Tabla 4). Estos, por su parte, se asemejan más en la mesomorfia y, en menor grado, en la ectomorfia. Además, el parecido entre hermanos del mismo sexo es mayor que entre sexos diferentes, lo cual podría ser un indicio de la existencia de influencias ambientales específicas para cada sexo.

Finalmente, señalaremos que aunque se conoce poco aún acerca del desarrollo de la grasa y de su determinación genética y ambiental (Deutsch et al., 1985), durante la infancia y sobre todo en la adolescencia, los factores genéticos juegan un papel importante sobre la distribución del tejido adiposo (Mueller, 1983), si bien la contribución relativa de los factores ambientales, en particular aquellos relacionados con el nivel socioeconómico y la adecuación nutricional, han de ser tenidos en cuenta (Bogin y Sullivan, 1986). Por tanto, la semejanza familiar detectada para la endomorfia en nuestra población no sólo refleja la variación debida a los factores genéticos sino también el efecto del ambiente compartido, que podría estar actuando en el mismo sentido que la variación génica. Coeficientes de correlación más elevados para la endomorfia que para las otras dos componentes han sido obtenidos también por Bouchard et al. (1980) en una muestra de familias canadienses.

### Comparación entre dos métodos de preparación de datos

La muestra de la Costa de Vizcaya ha sido sometida a un segundo método de tipificación de datos, es decir, la obtención de puntuaciones z empleado una población de referencia. La tipificación es una etapa previa a la obtención de las correlaciones y se quiere someter a prueba la hipótesis de que los métodos preparatorios no influyen en la obtención de los coeficientes de correlación. Para resumir los resultados obtenidos utilizaremos una comparación gráfica.

En la Figura 2 se han representado las correlaciones obtenidas por los dos métodos (puntuaciones z y obtención de residuos) para cada una de las variables analizadas, ordenadas según los valores decrecientes de correlación correspondientes al método de los residuos. Los valores absolutos de las correlaciones obtenidas con ambos métodos son prácticamente idénticos para la endomorfia y el índice de Livi. No se han apreciado diferencias significativas entre los valores obtenidos por los dos métodos (prueba de la  $t_s$ ) para las variables estudiadas, lo que indica que ambos aportan una información similar.

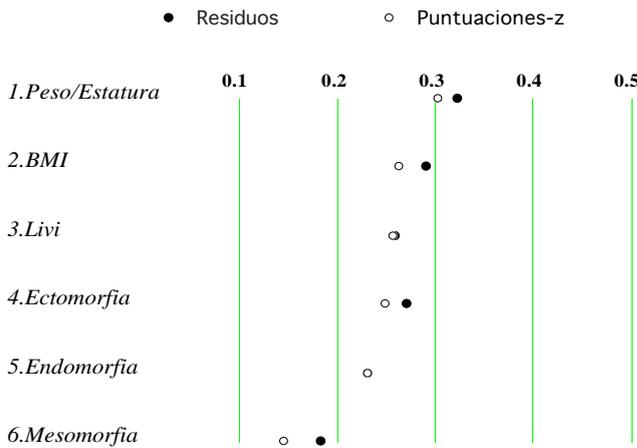


Figura 2. Comparación gráfica de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo en la muestra de la Costa de Vizcaya mediante residuos y puntuaciones-z.

### Estudio del parecido entre hermanos en la Villa de Bilbao

En las Tablas 6 a 8 se muestran, para cada sexo, los estadísticos descriptivos de las componentes del somatotipo, de las dimensiones corporales absolutas y de la edad decimal y de los índices ponderales, que caracterizan a la muestra estudiada.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) de las tres componentes somatotípicas para el conjunto de la muestra de la Villa de Bilbao distribuida por sexos.

	CHICOS (n=253)		CHICAS (n=233)	
	m	s	m	s
ENDOMORFIA	4,17	1,78	4,90	1,55
MESOMORFIA	4,16	1,01	3,27	1,03
ECTOMORFIA	2,42	1,27	2,38	1,22

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la muestra de la Villa de Bilbao (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para las dimensiones corporales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
Estatura (cm)	325	144,67	21,64	332	146,16	19,05
Peso (kg)	325	42,80	18,77	332	43,57	15,57
Anchuras Bicondilares (cm)						
Húmero	325	6,10	0,80	332	5,74	0,55
Fémur	325	8,31	1,01	332	7,91	0,83
Perímetros (cm)						
Brazo	325	22,49	4,71	332	21,83	3,40
Pantorrilla	325	28,64	4,96	332	29,14	4,55
Pliegues de grasa (mm)						
Triceps	325	12,11	4,68	332	14,90	4,77
Subescapular	325	10,99	6,72	332	13,50	7,00
Suprailiaco	325	13,79	9,57	332	15,37	7,68
Pantorrilla	325	14,07	5,44	332	17,30	3,34
Edad (años)	325	11,08	4,11	332	11,80	4,09

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la muestra de la Villa de Bilbao (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para los índices ponderales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	325	19,33	3,52	332	19,56	3,18
Peso/Estatura (kg/m)	325	28,46	8,66	332	28,97	7,50
Índice de Livi (kg <sup>1/3</sup> /m)	325	23,72	1,10	332	23,73	1,01

Las correlaciones para el somatotipo antropométrico se muestran en la Tabla 9 y la representación gráfica de las correlaciones entre hermanos sin tener en cuenta el sexo en la Figura 3. En ningún caso se ha detectado significación en el test de  $\chi^2$  por lo que se abordará la interpretación de los datos de la cuarta columna. Se puede observar una elevada significación en los coeficientes de correlación para las tres componentes, siendo la endomorfia la que presenta la correlación más elevada (0,379), y la ectomorfia la que presenta la más baja (0,333).

Son de destacar, asimismo, los elevados coeficientes de correlación obtenidos en el resto de pares de hermanos (principalmente en varones) y el elevado nivel de significación alcanzado.

Tabla 9. Tamaños muestrales y correlaciones para las tres componentes del somatotipo en la muestra de la Villa de Bilbao. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*:  $p < 0,05$ ) Abreviaturas:

$n = n^\circ$  de individuos,  $r =$  coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
Endomorfia	83	0,457***	154	0,305***	81	0,396***	339	0,379***	2,112
Mesomorfia	83	0,506***	154	0,286***	81	0,375***	340	0,371***	4,019
Ectomorfia	83	0,446***	154	0,228**	81	0,393***	336	0,333***	4,216

VILLA DE BILBAO

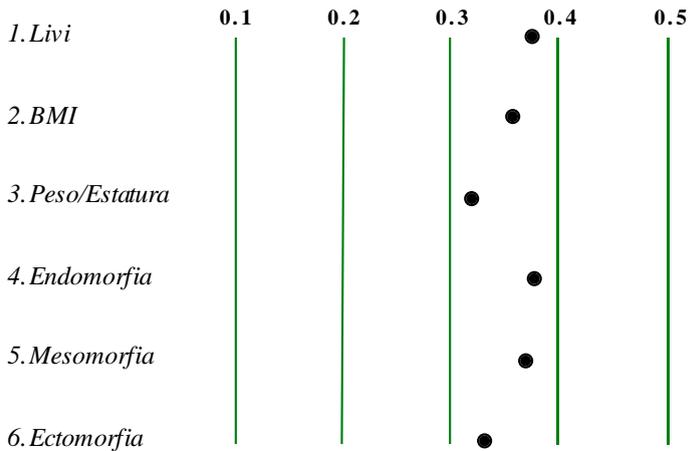


Figura 3. Representación gráfica de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo en la muestra de hermanos de la Villa de Bilbao.

En cuanto a los índices ponderales, indicadores de una posible existencia de sobrepeso, las tres variables arrojan diferencias significativas debidas al sexo de los hermanos que componen las fratrias, como lo demuestra el test de la  $\chi^2$  y cuyos resultados aparecen en la Tabla 10. Estas diferencias se deben a las elevadas correlaciones observadas entre hermanos varones, que superan en todos los casos la barrera del 0,5, y son altamente significativas, mientras que las correlaciones entre hermanas presentan los valores más bajos, que oscilan entre 0,284 para el índice de Livi y 0,177 para el índice peso/estatura y no son significativas.

Tabla 10. Correlaciones para el Índice de Masa Corporal (B.M.I.=Body Mass Index), peso/estatura e Índice de Livi en la muestra de la Villa de Bilbao. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p < 0,001$ ; \*\*:  $p < 0,01$ ; \*:  $p < 0,05$ ). Abreviaturas:  $n = n^\circ$  de individuos,  $r =$  coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
BMI	83	0,593***	154	0,237**	81	0,228*	334	0,358***	14,415***
Peso/Estatura	83	0,556***	154	0,224**	81	0,177	338	0,321***	12,554**
Ind. de Livi	83	0,555***	154	0,302***	81	0,284**	338	0,377***	7,424**

Los coeficientes de la columna de HRNOS son muy significativos ( $p < 0,001$ ), siendo el índice de Livi el que presenta la correlación más alta (0,377) y el índice peso/estatura la más baja (0,321). La representación gráfica de esta columna se muestra en la Figura 3.

La secuencia  $r_{hrno-hrno} > r_{hrno-hrna} > r_{hrna-hrna}$ , indicativa de un posible determinismo genético mayor entre hermanos varones que entre hermanas, se ha observado en los tres índices ponderales estudiados. En cuanto al somatotipo antropométrico se obtiene la secuencia  $r_{hrno-hrno} > r_{hrna-hrna} > r_{hrno-hrna}$  (Tabla 9), que muestra el mayor parecido entre hermanos del mismo sexo para las tres componentes. Esto podría ser un indicio de la existencia de influencias ambientales específicas para un sexo determinado, siendo mayores sobre los hermanos que sobre las hermanas (quizás por práctica regular de una actividad deportiva).

### Estudio del parecido familiar en la Margen Izquierda del Nervión

Se han estudiado las características de la muestra analizando los estadísticos descriptivos de las tres componentes del somatotipo, las medidas corporales absolutas y la edad decimal, de los índices ponderales y de los índices de distribución de grasa (Tablas 11 a 13).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos ( $n = n^\circ$  de individuos,  $m =$  media,  $s =$  desviación típica) de las tres componentes somatotípicas para el conjunto de la muestra de la Margen Izquierda distribuida por sexos.

	CHICOS ( $n = 154$ )		CHICAS ( $n = 169$ )	
	m	s	m	s
ENDOMORFIA	4,39	1,52	5,20	1,46
MESOMORFIA	2,96	1,08	2,35	1,17
ECTOMORFIA	2,62	1,26	2,34	1,39

Tabla 12. Estadísticos descriptivos de la muestra de la Margen Izquierda (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para las dimensiones corporales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
Estatura (cm)	168	153,57	20,88	183	150,61	16,64
Peso (kg)	168	49,80	19,67	183	48,21	15,96
Anchuras bicondilares (cm)						
Húmero	168	5,83	0,99	183	5,37	0,76
Fémur	168	7,59	1,12	183	7,24	1,01
Perímetros (cm)						
Brazo	168	24,12	4,52	183	22,86	3,56
Pantorrilla	168	31,52	5,94	183	31,56	4,84
Pliegues de grasa (mm)						
Tríceps	168	15,86	5,31	183	18,64	6,00
Subescapular	168	11,49	5,22	183	13,76	6,13
Suprailíaco	168	13,18	7,90	183	15,66	7,58
Pantorrilla	168	19,86	7,62	183	23,46	7,35
Edad (años)	168	13,07	4,49	183	13,77	4,64

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de la muestra de la Margen Izquierda (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para los índices ponderales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	CHICOS			CHICAS		
	n	m	s	n	m	s
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	154	20,38	3,83	171	20,52	3,87
Peso/Estatura (kg/m)	154	32,04	8,91	171	31,36	7,93
Índice de Livi (kg <sup>1/3</sup> /m)	154	23,57	1,12	171	23,80	1,21

En la Tabla 14 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos para las tres componentes del somatotipo antropométrico. El parecido entre hermanos varones es muy escaso para la mesomorfia (0,081) y también que el parecido entre hermanos es muy bajo para la ectomorfia (0,080). Los valores de la  $\chi^2$  muestran la homogeneidad en cuanto a la influencia del sexo en las fratrias analizadas. Se han obtenido significaciones al nivel del 1% para las tres componentes en las comparaciones entre hermanos sin tener en cuenta el sexo, siendo la endomorfia la que posee un coeficiente de correlación más alto (0,271) y la mesomorfia la que tiene un coeficiente de correlación más bajo (0,243). La representación gráfica de la cuarta columna aparece en la Figura 4 (variables 4 a 6).

Tabla 14. Tamaños muestrales y correlaciones para las tres componentes del somatotipo en la muestra de la Margen Izquierda. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p \leq 0,001$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ). Abreviaturas: n=nº de individuos, r=coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
Endomorfia	26	0,299	61	0,265*	25	0,274	116	0,271**	0,015
Mesomorfia	26	0,081	61	0,249*	25	0,347*	116	0,243**	1,132
Ectomorfia	26	0,354	61	0,272*	25	0,080	114	0,263**	0,759

Para los índices ponderales, cuyos coeficientes de correlación aparecen en la Tabla 15, tampoco ha resultado significativo el test  $\chi^2$  por lo que nuevamente la interpretación de los datos de la cuarta columna son suficientes para estudiar el parecido familiar de dichas variables. La Figura 4 muestra la representación gráfica de dichos coeficientes (variables 1 a 3). El rango de variación de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales es similar al obtenido para las componentes del somatotipo, siendo el índice de Livi el que muestra la correlación más elevada (0,299) y el índice peso/estatura la más baja (0,223), pero existe una mayor disparidad en la significación estadística. Pueden destacarse, no obstante, los altos valores de correlaciones para hermanos varones significativos ( $p < 0,05$ ) para el BMI y el índice peso/estatura.

Tabla 15. Tamaños muestrales y correlaciones para el Índice de Masa Corporal (B.M.I.=Body Mass Index), Índice peso/estatura e Índice de Livi en la muestra de la Margen Izquierda. Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p \leq 0,001$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ). Abreviaturas: n=nº de individuos, r=coeficiente de correlación, hrno= hermano, hrna= hermana, hrnos= hermanos sin tener en cuenta el sexo.

	HRNO-HRNO		HRNO-HRNA		HRNA-HRNA		HRNOS		$\chi^2$
	n	r	n	r	n	r	n	r	
BMI	26	0,536*	61	0,229*	26	0,216	124	0,251**	1,443
Peso/Estatura	26	0,542*	61	0,222*	26	0,054	123	0,223	2,114
Ind. de Livi	26	0,428	61	0,316**	26	0,134	122	0,299*	1,095

Respecto a la ordenación observada para los coeficientes de correlación de las fratrias, la secuencia observada  $r_{hrno-hrno} > r_{hrno-hrna} > r_{hrna-hrna}$ , es indicativa de una influencia genética mayor sobre los hermanos varones que sobre las mujeres, y se observa para la ectomorfia y para los 3 índices ponderales en esta muestra de la Margen Izquierda.

Otra secuencia de ordenación de los coeficientes de correlación que debe tenerse en cuenta es la que presenta la endomorfia:  $r_{hrno-hrno} > r_{hrna-hrna} > r_{hrno-hrna}$ , indicativa de la existencia de influencias ambientales específicas para cada sexo. Lo que confirma lo señalado por algunos autores (Tambis et al., 1991; Sánchez Andrés, 1992) que indican que los her-

manos de igual sexo comparten en mayor medida las condiciones ambientales que los hermanos de sexo distinto.

### Parecido entre progenitores y descendientes de la Margen Izquierda

En las Tablas 16 a 18 se muestran los estadísticos descriptivos de la muestra de progenitores, divididas por sexos, de las tres componentes somatotípicas, las medidas corporales absolutas y la edad decimal y los índices ponderales, que caracterizan a la muestra estudiada.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) de las tres componentes somatotípicas para el conjunto de la muestra de progenitores distribuida por sexos.

	PADRES (n=17)		MADRES (n=49)	
	m	s	m	s
ENDOMORFIA	4,94	0,89	6,58	1,53
MESOMORFIA	4,07	1,33	3,42	1,42
ECTOMORFIA	1,02	0,79	0,89	0,98

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la muestra de progenitores (n=nº de individuos, m=media, s=desviación típica) para las dimensiones corporales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	PADRES (n=17)		MADRES (n=49)	
	m	s	m	s
Estatura (cm)	171,39	7,17	157,72	6,79
Peso (kg)	79,32	9,66	65,87	11,57
Anchuras Bicondilares (cm)				
Húmero	6,73	0,61	5,77	0,59
Fémur	8,71	0,94	7,87	0,96
Perímetros (cm)				
Brazo	30,81	2,41	27,41	2,45
Pantorrilla	35,74	2,75	34,88	3,36
Pliegues de grasa (mm)				
Tríceps	12,56	3,68	22,99	6,92
Subescapular	20,53	3,96	20,92	6,50
Suprailiaco	16,91	5,37	23,16	10,93
Pantorrilla	121,58	23,24	141,27	13,35
Edad (años)	48,67	7,73	40,80	8,08

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de la muestra de progenitores ( $n=n^{\circ}$  de individuos,  $m$ =media,  $s$ =desviación típica) para los índices ponderales. Se presenta la muestra total dividida por sexos.

	PADRES ( $n=17$ )		MADRES ( $n=49$ )	
	m	s	m	s
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	27,00	2,78	26,55	4,89
Peso/Estatura ( $\text{kg}/\text{m}$ )	46,24	4,81	41,78	7,28
Índice de Livi ( $\text{kg}^{1/3}/\text{m}$ )	25,05	0,98	25,56	1,64

En la Tabla 19 se muestran los coeficientes de correlación obtenidos para todas las variables estudiadas en la muestra de familias de la Margen Izquierda. Las correlaciones que se muestran en esta tabla se refieren a las correlaciones entre padres-hijos sin tener en cuenta el sexo. Los coeficientes de correlación se han calculado de esta forma debido al pequeño tamaño de la muestra. La representación gráfica se muestra en las Figura 4 junto con los valores de  $r$  obtenidos para la muestra de las fratrias.

Tabla 19. Tamaños muestrales y correlaciones para todas las variables estudiadas en la muestra de familias (padres-hijos sin tener en cuenta el sexo). Se indica asimismo la significación, cuando existe, de cada uno de los coeficientes de correlación (\*\*\*:  $p \leq 0,001$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$ ; \*:  $p \leq 0,05$ ).

Abreviaturas:  $n=n^{\circ}$  de individuos,  $r$ =coeficiente de correlación,  
BMI= Body Mass Index.

	<b>n</b>	<b>r</b>		<b>n</b>	<b>r</b>
Endomorfia	88	0,206	Índice Peso/Estatura	76	0,329**
Mesomorfia	54	0,063	BMI	81	0,364***
Ectomorfia	78	0,126	Índice de Livi	77	0,287*

En lo que se refiere al somatotipo antropométrico, la correlación más alta se ha observado para la endomorfia (0,206) y la menor para la mesomorfia (0,063) aunque no son significativas estadísticamente. Por su parte, los índices ponderales presentan los coeficientes de correlación más elevados de todas las variables estudiadas en esta muestra, siendo el BMI el de mayor correlación y nivel de significación (0,364,  $p \leq 0,001$ ), y el índice de Livi (0,287) el menos significativo ( $p \leq 0,05$ ).

Las correlaciones familiares se ven afectadas por el ambiente en que vive la familia, de tal forma que si las familias estudiadas viven en ambientes muy diferentes las correlaciones disminuyen (Susanne, 1971; Sánchez Andrés, 1992). En el estudio que nos ocupa las familias pertenecen a niveles socioeconómicos similares (clase media), con lo que el ambiente sociofamiliar no estaría influyendo negativamente sobre las correlaciones.

En vista de los resultados obtenidos, expresado por los coeficientes de correlación entre padres-hijos (Tabla 19), parece existir un mayor parecido familiar para las variables en las que interviene la estatura (índices ponderales) en comparación con el resto de variables estu-

diadas. Las componentes del somatotipo, en particular la ectomorfia, donde también interviene la estatura, constituyen una excepción cuando se analizan sin realizar ajustes estadísticos (que tengan en cuenta la relación entre las componentes del somatotipo). La elevada magnitud de las correlaciones observadas para los índices ponderales puede deberse a una mayor influencia genética, ya que la estatura (como es normal entre las variables con base ósea importante) tiene un componente genético más fuerte que el de las variables con base adiposa, que son más susceptibles de modificaciones debidas al ambiente.

### Estudio comparativo de las muestras de hermanos y progenitores-descendientes (Margen Izquierda)

La correlación progenitor-hijo y la correlación entre hermanos tienen el mismo valor teórico máximo esperado ( $r=0,5$ ) y este valor es susceptible de ser modificado debido al ambiente compartido por los individuos emparentados. Este "ambiente común" afecta en mayor medida a los individuos de una misma generación, los hermanos, ya que éstos, durante la infancia y adolescencia, comparten un mismo ambiente familiar (hábitos deportivos, alimenticios, entre otros) que va a afectar a su crecimiento (esquelético, adiposo y muscular) y en conjunto, tendrán valores de correlación similares. Al ir convirtiéndose en adultos, dejarán en la mayoría de los casos de compartir dicho ambiente común familiar, por lo que se verán afectadas (reducción del parecido familiar), principalmente, las variables adiposas, en menor medida las musculares y las que menos las óseas, que ya habrán terminado de desarrollarse o lo harán en breve plazo (Susanne, 1971, 1975, 1977; Hawk y Brook, 1979; Kaur y Singh, 1981; Byard et al., 1983b; Kapoor et al., 1985; Sánchez Andrés y Mesa, 1994). Así, la comparación entre progenitor-hijo y las correlaciones entre hermanos informan sobre la mayor o menor influencia del ambiente sobre un carácter concreto (Susanne, 1971; Sánchez Andrés, 1992). En la Tabla 20 se muestran los resultados obtenidos al comparar las dos muestras de la Margen Izquierda, mediante la diferencia  $r_{\text{hermanos}} - r_{\text{progenitor-descendiente}}$ . La diferencia resulta positiva para todas las variables excepto para los índices ponderales BMI y peso/estatura.

Tabla 20. Diferencia de las correlaciones entre hermanos y las correlaciones entre progenitores y descendientes para todas las variables de la muestra de la Margen Izquierda.

Se indica asimismo la significación, cuando existe (\*:  $p \leq 0,05$ ).

<b>VARIABLES</b>	<b>r hnos-padre-hijo</b>
Endomorfia	0,065
Mesomorfia	0,180
Ectomorfia	0,137
BMI	-0,078
Peso/Estatura	-0,106
I. de Livi	0,012

Esto significa que en todas las variables analizadas, excepto para las tres comentadas, está patente el efecto de la convivencia, ya que los hermanos se parecen más entre sí que

los padres con sus hijos. Este hecho viene apoyado por diversos autores de la bibliografía, y así, Mueller (1977) aduce que los parientes más próximos en edad tendrían, presumiblemente, más interacciones genotipo-ambiente, lo que resultaría en un parecido fenotípico mayor. Según dicho autor ésto podría deberse a que una serie de genes similares se "activarían" en periodos críticos del desarrollo, o que serían ambientes similares los que favorecerían la expresión de productos génicos. También Kaur y Singh (1981), en un estudio realizado en población hindú, hace referencia a esta diferencia entre las correlaciones de los hermanos y de los hijos con sus padres, señalando que se debería al hecho de compartir un ambiente relativamente más homogéneo, tanto prenatal como postnatal, por parte de los hermanos y no entre los padres y sus hijos, por pertenecer estos últimos a dos generaciones diferentes. También Sánchez Andrés y Mesa (1994) en el estudio realizado en población madrileña señalan algo similar, apoyándose en que las variables adiposas que tratan en su estudio están más fuertemente influenciadas por factores ambientales de lo que lo están las variables corporales (longitudes, anchuras). Finalmente, Mueller (1978) vuelve a referirse a esta diferencia entre las correlaciones, pero señala que el efecto de la dominancia puede jugar un papel importante. Esto lo indican también otros autores como Sharma (1988), que en un estudio realizado en población de la India encuentra correlaciones progenitor-descendiente inferiores al valor teórico (0,5). Esto, según dicho autor, indicaría una notable modificación ambiental, donde los efectos de la dominancia y la epistasia (interacción entre alelos de diferentes loci) también podrían contribuir al descenso de estas correlaciones. Por el contrario, Tambs et al. (1991), en su estudio sobre el BMI en población noruega, señalan que sería a las correlaciones entre hermanos, y no a las halladas entre progenitores y descendientes, a las que afectaría la dominancia (u otros efectos genéticos no aditivos), y lo haría como máximo reduciéndolos a la mitad con efecto aditivo. Por último, Mueller (1977) señaló que, sencillamente, la correlación entre hermanos puede ser superior a la existente entre progenitores y descendientes si existe dominancia.

Finalmente, los valores individuales de correlación obtenidos para cada variable en cada submuestra se representan gráficamente en la Figura 4.

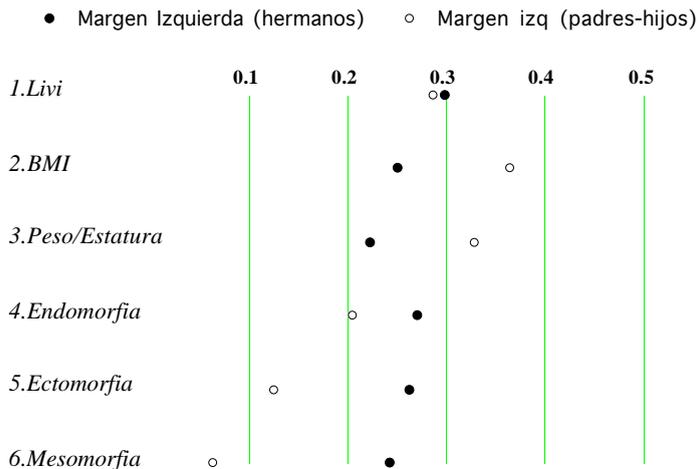


Figura 4. Representación gráfica de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo en la muestra de la Margen Izquierda.

### Comparaciones interpoblacionales

No existen diferencias significativas entre las correlaciones de las distintas muestras, comparadas dos a dos (mediante el test de la  $t_s$ ), excepto para la endomorfia y mesomorfia entre la Villa de Bilbao y La Costa (Tabla 21).

Tabla 21. Comparación entre las correlaciones de cada una de las muestras del presente estudio dos a dos mediante el test de la t. Se indica asimismo la significación cuando existe (\*:  $p \leq 0.05$ ).

VARIABLES	COSTA- MARGEN	BILBAO- MARGEN	COSTA- BILBAO	MARGEN- FAMILIAS
	ts	ts	ts	ts
Endomorfia	0,380	1,113	1,968*	0,481
Mesomorfia	0,547	0,306	2,444*	1,097
Ectomorfia	0,070	0,703	0,825	0,950
Ind. peso/estatura	0,975	1,120	0,012	0,776
BMI	0,393	0,996	0,925	0,861
Indice de Livi	0,286	1,396	1,387	0,675

Sin embargo, hay diferencias en cuanto a la ordenación de las variables en función de los coeficientes de correlación obtenidos, pues mientras que en La Costa y la Margen Izquierda la mesomorfia es la componente somatotípica de menor correlación, en la Villa de Bilbao y la Margen Izquierda es la endomorfia. La ectomorfia ocupa una posición diferente en cada muestra considerada. Esta ordenación puede observarse en la Figura 5 donde se muestra la representación gráfica de los coeficientes de correlación (para hermanos sin tener en cuenta el sexo) de las tres muestras para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo antropométrico. Los coeficientes de correlación han sido ordenados de mayor a menor para La Costa.

Mayores similitudes se observan en las ordenaciones para los índices ponderales, pues tanto la muestra de la Villa de Bilbao como la de la Margen Izquierda presentan la secuencia  $r_{Livi} > r_{BMI} > r_{\text{peso/estatura}}$ , siendo ambas muestras las pertenecientes a ambientes más parecidos, pues las dos proceden de localidades urbanas con una presión ambiental similar, mientras que la muestra de la Costa de Vizcaya proviene de una población más rural con un estrés ambiental diferente.

Si bien las muestras más urbanas poseen mayores coincidencias en la ordenación de las variables, no son tan similares en lo que respecta a la magnitud de los coeficientes de correlación. Así, aunque no se han hallado diferencias significativas para las correlaciones entre los diferentes grupos tratados, excepto en los casos que se ha indicado anteriormente, los coeficientes de correlación obtenidos para la mayoría de las variables de las muestras de La Costa y de la Villa de Bilbao son mucho más semejantes en magnitud que con la Margen Izquierda. Este hecho podría deberse, al menos en parte, a diferencias ambientales. También podría estar influyendo el pequeño tamaño de la muestra de la Margen Izquierda, con respecto a las otras dos.

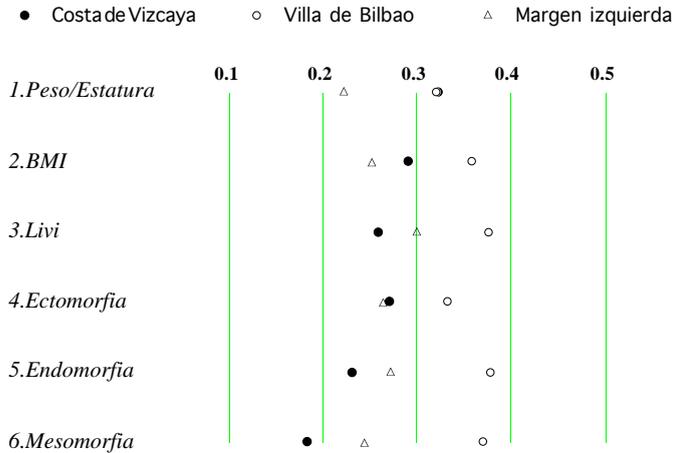


Figura 5. Comparación gráfica de las correlaciones obtenidas para los índices ponderales y las tres componentes del somatotipo de las muestras de hermanos de la Costa de Vizcaya, Villa de Bilbao y Margen Izquierda.

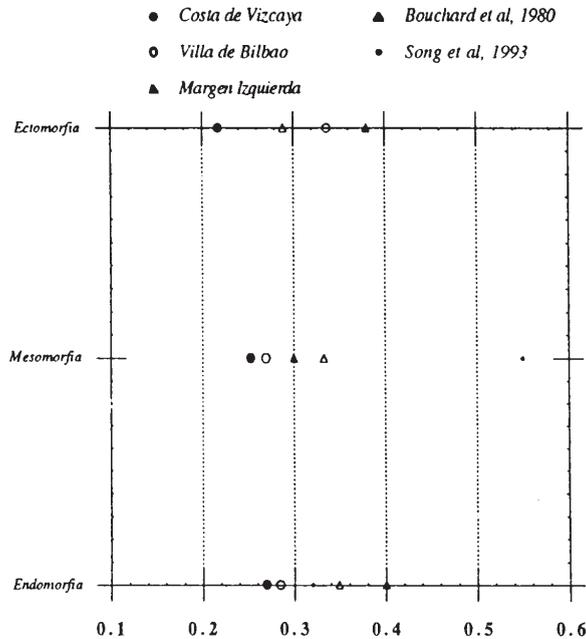


Figura 6. Representación gráfica de los coeficientes de correlación para el somatotipo entre hermanos en las tres muestras del presente estudio y las poblaciones de Bouchard et al., 1980 y Song et al., 1993.

### Comparación con otros estudios de la bibliografía

Al consultar la bibliografía existente, no resulta nada sencillo poder generalizar ni, en ocasiones, comparar resultados, ya que las metodologías empleadas en unos y otros estudios son considerablemente diferentes. Nos encontramos con diversos modos de analizar estadísticamente el parecido entre parientes (correlación, regresión, análisis de la varianza, etc.), e incluso ciñéndonos a las correlaciones, encontramos diferencias en el tipo de ajuste utilizado para eliminar el efecto de la edad y el sexo (desviaciones tipificadas, regresión no lineal, regresión múltiple, etc.). Pero quizá el factor que más dificulta la interpretación de los resultados es la naturaleza y composición de las muestras (adultos, niños de igual edad, niños y jóvenes en diversas etapas del crecimiento). La variedad en el estatus de desarrollo de los integrantes de las muestras obliga a tener precaución al interpretar los resultados, pues como parecen indicar bastantes estudios (Rao et al., 1975; Frézal y Bonaiti-Pellié, 1978; Byard et al., 1983a), el grado de determinación genética de una misma característica varía notablemente a lo largo del crecimiento. Además, hay una gran variedad en los tipos de parientes considerados, siendo las fuentes de datos más frecuentes las unidades familiares (padre, madre e hijos), fratrías, gemelos (MZ y DZ), hermanastros e hijos adoptados, entre otros.

#### a) Somatotipo

Hemos procedido a la comparación estadística de nuestros resultados para las tres muestras de hermanos, con los estudios llevados a cabo por Bouchard et al. (1980) y por Song et al. (1993) en población canadiense de ascendencia francesa (las edades medias de las muestras canadienses eran 10 y 15 años, respectivamente). Ambas investigaciones han utilizado el método antropométrico de Heath y Carter para el cálculo del somatotipo y muestran resultados de correlaciones entre fratrías para las tres componentes. En la Figura 6 se muestra la representación gráfica de los coeficientes de correlación obtenidos en las tres muestras de hermanos del presente estudio y las otras dos de la bibliografía ya mencionadas.

Los valores dados por Bouchard et al. (1980) que se han representado en la figura anterior corresponden a las correlaciones globales entre hermanos, sin ningún tipo de corrección para las componentes; en cambio los coeficientes de correlación del estudio de Song et al. (1993) están corregidos, no sólo para el sexo y la edad sino también para las componentes somatotípicas. Esto, junto con el promedio de edad de la muestra, la hace más adecuada para la comparación con nuestros datos (también corregidos para la edad, el sexo y las componentes), además de estar más próxima en el tiempo.

Los resultados del test de comparación (Tabla 22) no han mostrado diferencias significativas entre los coeficientes de correlación obtenidos entre nuestras muestras y las de la población de Montreal (Bouchard et al., 1980), aunque los valores absolutos de las correlaciones son, en media, mayores en Canadá, principalmente para la endomorfia.

Tabla 22. Comparación para el somatotipo de las correlaciones entre hermanos de las tres muestras del presente estudio y la población de Bouchard et al., 1980, mediante el test de la t.

	Costa de Vizcaya	Villa de Bilbao	Margen Izquierda
	ts	ts	ts
Endomorfia	1,563	1,476	0,518
Mesomorfia	0,542	0,371	0,309
Ectomorfia	1,894	0,552	0,874

La comparación con la muestra de Quebec (Song et al., 1993) revela la existencia de diferencias significativas (Tabla 23), principalmente para la mesomorfia y para la ectomorfia con la muestra de La Costa, aunque los coeficientes de correlación para la endomorfia son similares en todas las muestras. Es destacable la elevada correlación para la mesomorfia en esta población canadiense, que supera el valor teórico esperado de 0,5 para las correlaciones entre hermanos, debido probablemente al efecto del ambiente común entre éstos.

Tabla 23. Comparación para el somatotipo de las correlaciones entre hermanos de las tres muestras del presente estudio y la población estudiada por Song et al., 1993, mediante el test de la t. Se indica asimismo la significación, cuando existe (\*\*\*:p≤0,001; \*\*:p≤0,01; \*:p≤0,05).

	Costa de Vizcaya	Villa de Bilbao	Margen Izquierda
	ts	ts	ts
Endomorfia	0,626	0,475	0,289
Mesomorfia	4,083***	4,143***	2,439*
Ectomorfia	2,029*	0,597	0,912

En lo referente a las muestras familiares, la comparación gráfica entre la muestra de familias de la Margen Izquierda y la de Song et al. (1993) se puede observar en la Figura 7.

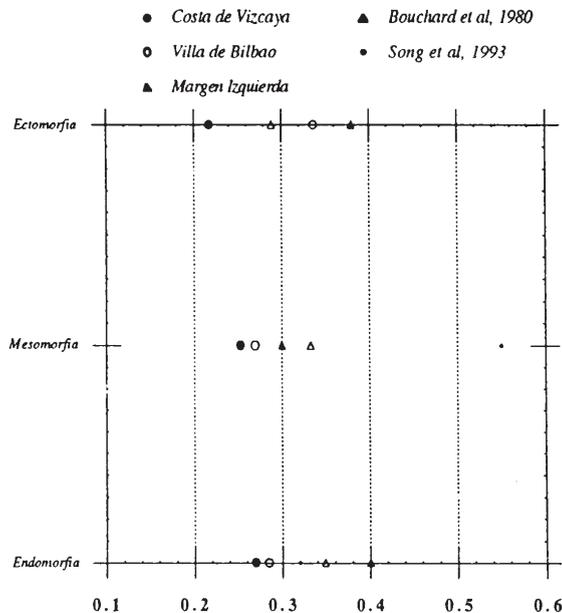


Figura 7. Representación gráfica de las correlaciones para el somatotipo corregido y sin corregir entre progenitores y descendientes para la muestra de familias de la Margen Izquierda y para la población de Song et al., 1993.

Los valores de la muestra de progenitores-descendientes de la Margen Izquierda se mantienen por debajo de los de la muestra canadiense para las 3 componentes cuando no se corrigen sus valores, pero sólo se han observado diferencias significativas para la mesomorfia (Tabla 24). En cambio, al corregir cada componente respecto a las otras dos, los valores de los coeficientes de correlación se mantienen por encima de los de la población canadiense en todos los casos, observándose diferencias significativas en todas las componentes.

Tabla 24. Comparación de las correlaciones para el somatotipo corregido y sin corregir entre progenitores y descendientes de la muestra familiar del presente estudio y la población de Song et al., 1993, mediante el test de la t. Se indica asimismo la significación, cuando existe (\*\*\*: $p \leq 0,001$ ; \*\*: $p \leq 0,01$ ; \*: $p \leq 0,05$ ).

	Familias no corregido	Familias corregido
	ts	ts
Endomorfia	0,696	2,674**
Mesomorfia	1,945*	2,263*
Ectomorfia	0,890	3,343***

### Influencia del ambiente

El efecto del ambiente ha sido abordado en este trabajo de forma global según las desviaciones que presentan los valores de  $h^2$  de su valor teórico esperado ( $2r$ ). Por tanto, la cuantificación de la influencia ambiental sobre cada una de las variables estudiadas puede definirse como  $1-h^2$ . El estudio de las correlaciones realizado hasta el momento debe completarse con el cálculo de  $h^2$ , por otros motivos, por ejemplo, obtener el gradiente de heredabilidad de las variables antropométricas que determinan la cantidad o la distribución de grasa corporal. Para abordar el problema de la obtención del gradiente de heredabilidad es conveniente estudiar la relación que existe entre la variabilidad de las características biológicas estudiadas y el coeficiente de determinación genética  $h^2$ . La variabilidad puede estudiarse mediante el cálculo del coeficiente de variación ( $CV = (s \times 100)/m$ , siendo  $s$  y  $m$  la desviación y la media de la variable considerada), que proporciona una idea directa de la variación relativa de las variables y es independiente de las unidades de medida. La Figura 8 proporciona un modo gráfico de ver la relación que estamos buscando. En ella se ha representado el coeficiente de variación de cada variable teniendo en cuenta el sexo en ordenadas, y el valor de  $h^2$  en abscisas, al doblar las correlaciones de la cuarta columna (HRNOS) de las tablas que se han presentado en los apartados anteriores.

El eje de ordenadas separa en líneas generales dos grupos de variables: aquellas variables que poseen un CV superior a 25 (aproximadamente) y las que poseen un CV inferior a este valor. Aunque no se trata de una separación dicotómica perfecta, ni tiene rango estadístico de discriminación, en general, los pliegues de grasa y las componentes somatotípicas se sitúan en el primer grupo y los índices de distribución e índices ponderales en el segundo. Respecto al eje de abscisas casi todas las variables se distribuyen en torno al 0,5. Los índices ponderales se encuentran entre las variables de heredabilidad mayor respecto al conjunto.

Para estudiar el gradiente de heredabilidad de un modo más global, se ha procedido a obtener la  $h^2$  y CV medias para cada variable a lo largo de las tres muestras. Este cálculo se apoya en dos presupuestos, a saber, la casi completa inexistencia de diferencias significativas entre las tres muestras tomadas dos a dos (prueba de la  $t_s$ ) y en segundo lugar las propiedades de aditividad de  $h^2$ . La representación gráfica de CV frente a  $h^2$  puede interpretarse más fácilmente en función de un gradiente (Figura 8).

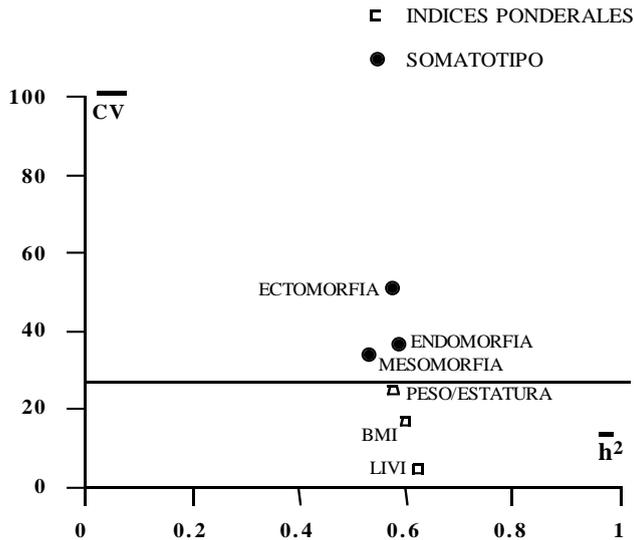


Figura 8. Representación del CV medio frente al coeficiente de determinación medio  $h^2$ , obtenidos para las tres muestras vizcaínas. La línea horizontal señala la ordenada para un CV de 25.

Aunque el conjunto de las variables no presenta un gradiente cuyo significado biológico sea muy definido, hay que notar que las variables con mayor CV poseen menor  $h^2$  y, al revés, la que poseen menor CV poseen mayor  $h^2$ . Esta tendencia es muy evidente entre los tres índices ponderales (peso/estatura, BMI, índice de Livi). Por consiguiente, estos resultados confirman la conveniencia de utilizar  $h^2$  como medida del grado de determinación genética de una variable, ya que guarda una relación inversa con la variabilidad de los caracteres biológicos, que puede suponerse reflejo de los múltiples factores ambientales que hacen variar el fenotipo de los individuos.

La importancia de la determinación genética  $h^2$  de las variables estudiadas en relación a la influencia ambiental  $1-h^2$ , o presión ambiental que soportan, puede ser consultada en la Tabla 25 que resume los valores medios obtenidos a lo largo de las tres muestras y que han servido de base para la construcción de la Figura 8. Dicha Tabla presenta las variables en orden decreciente de heredabilidad. Tanto la heredabilidad como la estima de la influencia ambiental se expresan en tantos por uno, como es habitual. Pero si expresamos la heredabilidad como porcentajes, con una transformación sencilla, se puede decir que los rangos de

heredabilidad de las variables estudiadas van del 62,3% al 53,2%. Los valores presentan una gradación continua aunque se han agrupado orientativamente para reflejar aquellos conjuntos de variables que poseen un rango de heredabilidad similar.

Tabla 25.. Valores de  $\bar{h}^2$  medios para las tres muestras estudiadas. Se presenta también la estima de la influencia del medio,  $1-\bar{h}^2$ , sobre los caracteres biológicos estudiados.

	$\bar{h}^2$	$1-\bar{h}^2$
Indice de Livi	0,6233	0,3767
BMI	0,5993	0,4007
Endomorfia	0,5873	0,4127
Ectomorfia	0,5773	0,4227
Peso/Estatura	0,5773	0,4227
Mesomorfia	0,5320	0,4680

También se observa la mayor determinación genética del Índice de Livi y BMI en relación al índice peso/estatura y a las componentes del somatotipo indicando que la corpulencia y adiposidad general (obesidad o exceso de peso) parecen más heredables que la forma corporal.

Finalmente podemos decir que este trabajo de investigación ha permitido aproximarnos al conocimiento de la variación fenotípica, determinación genética e influencias del medio sobre muchas de aquellas características biológicas que son, por su propia naturaleza, más plásticas de entre las que utiliza el antropólogo físico para conocer la Biología y Ecología de las poblaciones humanas. Sin embargo, este trabajo también hace surgir nuevos interrogantes, plantea incertidumbres y además no es ajeno a la necesidad de otras futuras investigaciones que intenten dirimir las cuestiones suscitadas.

## BIBLIOGRAFIA

- BOGIN, B.; SULLIVAN, T., (1986): Socioeconomic status, sex, age and ethnicity as determinants of body fat distribution for Guatemalan children. *American Journal of Physical Anthropology*, 69: 527-535.
- BOUCHARD, C.; DEMIRJIAN, A.; MALINA, R. (1980): Heritability estimates of somatotype components based upon familial data. *Human Heredity*, 30: 112-118.
- BYARD, P.J., R.M. SIERVOGEL y A.F. ROCHE (1983b). Sibling correlations for weight/stature<sup>2</sup> and calf circumference: age changes and possible sex linkage. *Human Biology*, 55: 677-685.
- BYARD, P.J.; GUO, S.; ROCHE, A.F. (1991): Family resemblance for patterns of growth in early childhood. *American Journal of Human Biology*, 3: 331-337.
- BYARD, P.J.; POOSHA, D.V.R.; SATAANANRAYANAS, M. (1985): Genetic and environmental determinants of height and weight in families from Andhra Pradesh, India. *Human Biology*, 57: 621-633.
- BYARD, P.J.; SIERVOGEL, R.M.; ROCHE, A.F. (1983a): Familial correlations for serial measurements of recumbent length and stature. *Annals of Human Biology*, 10: 281-293.
- CARTER, C.O. y W.A. MARSHALL (1978). The genetics of Adult Stature. En: F. Falkner & J.M. Tanner (eds.). *Human Growth*, v.1., pp. 299-305.

- CARTER, J.E.L.; HEATH, B.H. (1990) *Somatotyping. Development and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CAVALLI-SFORZA, L.L. y W.F. BODMER (1981). *Genética de las poblaciones humanas*. Ed. Omega. Barcelona. pp.942.
- DEUTSCH, M.I.; MUELLER, W.H.; MALINA, R.M. (1985): Androgyny in fat patterning is associated with obesity in adolescents and young adults. *Annals of Human Biology*, 12: 275-286.
- FALCONER, D.S. (1970). *Introducción a la genética cuantitativa*. CECSA. México, DF. pp. 430.
- FREZAL, J.; BONAITI-PELLIÉ, C. (1978): Introduction to genetic analysis. En F. Falkner y J.M. Tanner (eds.). *Human Growth*; 1; Plenum Press. New York; 229-247.
- HAWK, L.J.; BROOK, C.G.D. (1979): Family resemblances of height, weight and body fatness. *Archives in disease of childhood*, 54: 877-879.
- KAPOOR, S.; KAPOOR, A.K.; BHALLA, R.; SINGH, I.P. (1985): Parent-offspring correlation for body measurements and subcutaneous fat distribution. *Human Biology*, 57: 141-150.
- KAUR, D.P. y R. SINGH (1981). Parent-offspring correlations and heritability of body measurements in a rural Indian population. *Annals of Human Biology*, 8: 333-339.
- LI, C.C. (1955). *Population Genetics*. The University of Chicago Press. Chicago.
- MALINA, R.M. y W.H. MUELLER (1981). Genetic and Environmental Influences on the Strength and Motor Performance of Philadelphia School Children. *Human Biology*, 53: 163-179.
- MUELLER, W.H. (1983): The genetics of human fatness. *Yearbook of Physical Anthropology*, 26: 215-230.
- MUELLER, W.H. y R.M. MALINA (1980). Genetic and environmental influences on growth of Philadelphia Black and White schoolchildren. *Annals of Human Biology*, 7: 441-448.
- MUELLER, W.H.(1977): Sibling correlations in growth and adult morphology in a rural Colombian population. *Annals of Human Biology*, 4: 133-142.
- MUELLER, W.H.(1978): Transient environmental changes and age-limited genes as causes of variation in sib-sib and parent-offspring correlations. *Annals of Human Biology*, 5: 395-398.
- ORVANOVA, E. (1984): Body build, heredity and sport achievements. En: *Genetics of Psychomotor Traits in Man*: Warsaw: International Society of Sport Genetics and Somatology: 111-123.
- RAO, D.C.; Laskarzewski, P.M.; Morrison, J.A.; Khoury, P.; Kelly, K.; Wette, R.; Russell, J.; Glueck, C.J. (1982): The Cincinnati Lipid Research Clinic Family Study: Cultural and Biological Determinants of Lipids and Lipoprotein Concentrations. *American Journal of Human Genetics*, 34: 888-903.
- RAO, D.C.; Maclean, C.J.; Morton, N.E. (1975): Analysis of family resemblance. V. Height and weight in Northeastern Brazil. *American Journal of Human Genetics*, 27: 509-520.
- RAO, D.C.; McGue, M.; Wette, R.; Glueck, C.J. (1984): Path analysis in genetic epidemiology. En A. Chakravarti (ed.): *Human population genetics: the Pittsburgh Symposium*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- RAO, D.C.; Vodgler, G.P.; Russell, J.M. (1987): Maximum-likelihood estimation of familial correlations from multivariate quantitative data on pedigrees: a general method and examples. *American Journal of Human Genetics*, 41: 1104-1116.
- ROSIQUE, J. (1992). Estudio transversal del crecimiento en escolares vizcaínos. La variación antropométrica como componente de la estructura biológica de la población. *Tesis Doctoral*. Universidad del País Vasco. Facultad de Ciencias.
- SÁNCHEZ ANDRÉS, A. (1992). Correlaciones familiares de caracteres antropológicos en la población española. *Tesis Doctoral*. Universidad de Alcalá de Henares. Facultad de Ciencias.

- SÁNCHEZ ANDRÉS, A.; MESA, M.S. (1994): Heritabilities of morphological and body composition characteristics in a Spanish population. *Anthropologischer Anzeiger*, 52: 341-349.
- SHARMA, K. (1988): Estimates of genetic variance heritability and familial resemblance for body composition traits. *International Journal of Anthropology*, 3: 361-366.
- SOKAL, R. R. y F.J. ROHLF (1981). *Biometry*. W.H. Freeman and Co. San Francisco. 2nd. edition. pp. 703.
- SONG, T.M.K.; MALINA, R.M.; BOUCHARD, C. (1993): Familial resemblance in somatotype. *American Journal of Human Biology*, 5: 265-272.
- SUSANNE, C. (1971): Recherche sur la transmission des caractères mesurables de l'homme. *Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles*. Belgique, 167.
- SUSANNE, Ch. (1975). Genetic and environmental influences on morphological characteristics. *Annals of Human Biology*, 2: 279-287.
- SUSANNE, Ch. (1977). Heritability of anthropological characters. *Human Biology*, 49: 573-580.
- SUSANNE, Ch. (1980). Developmental genetics of man. En: F.E. Johnston, A.F. Roche & C. Susanne (eds.). *Human Physical Growth and Maturation*, pp. 221-242. NATO-ASI. Series A., vol. 30. Plenum Press. New York.
- SUSANNE, Ch. (1981). Caractères anthropologiques: effets des facteurs héréditaires et mésologiques. En: *Les processus de l'hominisation*. Colloques internationaux du CNRS. N° 599. Éditions du CNRS. Paris.
- SUSANNE, Ch. (1984). Methods in Human Growth Genetics. En: C. Susanne (ed.) *Genetic and Environmental Factors during the Growth Period*. pp. 61-79. NATO. Advanced Science Institute. Series A., v. 70. Plenum Press. New York.
- TAMBS, K.; MOUM, T.; EAVES, L.; NEALE, M.; MIDTHJELL, K.; LUND-LARSEN, P.G.; NÆSS, S.; HOLMEN, J. (1991): Genetic and environmental contributions to the variance of the Body Mass Index in a Norwegian sample of first- and second-degree relatives. *American Journal of Human Biology*, 3: 257-267.
- VOGEL, F. y A.G. MOTULSKY (1982). *Human Genetics*. Problems and Approaches. 2nd. edition. Springer-Verlag. Berlin. pp.700.
- WEINER, J.S. y J.A. LOURIE (1981) *Practical Human Biology*. Academic Press. London. pp. 439.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación no habría sido posible sin el apoyo y financiación de *Eusko Ikastuntza - Sociedad de Estudios Vascos* cuya labor en el respaldo de los estudios antropológicos es ahora ya ampliamente reconocida no solo por los autores sino por toda la sociedad vasca en general. Asimismo agradecemos a cuantos especialistas juzgaron oportuna la concesión de la Beca Agustín de Zumalabe 1994 a este trabajo que, una vez finalizado, pensamos que no les va a defraudar tanto por los resultados que se han obtenido como por ser la primera estima de heredabilidad de caracteres antropométricos que se realiza en la población vasca. También queremos agradecer a todos cuantos han contribuido a la realización de este trabajo y de modo especial a *Iciar Salces Beti* y a *Leire San Martín Telo* que han colaborado en la toma y tratamiento de datos, sin olvidar los momentos en los que hemos podido discutir y afinar la interpretación de los mismos.