

Análisis de la variabilidad intrapoblacional de la pigmentación cutánea y estima de la semejanza familiar en población vizcaína en crecimiento

(Analysis of the inter-population variability of cutaneous pigmentation and estimation of family similarities in the growing population in Bizkaia)

Rebato, Esther; Salces, Itziar; San Martín, Leire
Univ. del País Vasco.
Fac. Ciencias
Dpto. de Biología Animal y Genética (Sección Antropología Física)
Apdo. 644
48080 Bilbao

BIBLID [1137-439X (1998), 16; 95-107]

Se ha analizado la pigmentación de la piel por reflectometría en una muestra de hermanos biológicos de la provincia de Vizcaya, con edades comprendidas entre los 4+ y los 20+ años, con el objetivo de estimar el grado de semejanza familiar para este carácter. Además de las variaciones sexuales y ontogénicas observadas en función del filtro empleado y del lugar de medición (brazo o frente), se ha comprobado que la pigmentación posee una heredabilidad entre moderada y alta, con coeficientes de correlación que oscilan entre 0,28 y 0,45. Asimismo, el estudio ha confirmado que dichas correlaciones fluctúan con la edad: en general, el brazo muestra una mayor dependencia genética, sobre todo a partir de la pubertad, mientras que la frente está más influida por factores de tipo ambiental.

Palabras Clave: Pigmentación cutánea. Heredabilidad.

Familia barruko antzekotasun-maila estimatzeko asmoz, larruzalekopigmentazioa neurtu da erreflektometria bidez, Bizkaiko neba-arreba biologikoen lagin batean, 4+ eta 20+ urte bitartekoa. Erabilitako iragazkia eta neurketagunea (besoa ala bekokia) direla-etabehatu diren gora-behera sexual eta ontogenetikoek gainera, pigmentazioakheredagarritasun ertain edota altua daukala egiaztatu da, korrelazio-koefizienteak 0.28 eta 0.45 artean ozilatu direlarik. Halaber, azterketak erakutsi duenez korrelazio horiek adinarekin bateraardatzen dira: oro har, besoak dauka menpekotasun genetiko handiagoa, batez ere pubertarotik aurrera, eta bekokiak, ostera, ingurune-faktoreeneragin handiagoa du.

Giltz-Hitzak: Larruzaleko pigmentazioa. Heredagarritasuna.

On a analysé la pigmentation de la peau par réflectométrie dans un échantillon de frères et sœurs de la province de Biscaye, âgé de 4 à 20 ans, afin d'étudier le degré de ressemblance entre apparentés du point de vue des valeurs de la réflectance à diverses longueurs d'onde. On a observé différences de pigmentation entre les sexes et aussi variations en fonction de l'âge en relation avec le type de filtre et l'endroit mesuré (bras ou front). La pigmentation de la peau a une héritabilité moyenne-haute, avec corrélations qui varient entre 0,28 et 0,45. Cette étude a confirmé des fluctuations de la ressemblance de la pigmentation au sein de la fratrie pendant la période de croissance: après la puberté, le degré de détermination génétique serait plus élevé pour les mesures de la réflectance à la face interne du bras que pour le front, qui est exposée aux influences extérieures.

Mots Clés: Pigmentation cutanée. Héritabilité.

INTRODUCCIÓN

La pigmentación de la piel ha sido uno de los caracteres habitualmente utilizados para delimitar las subdivisiones de la especie humana. Su variabilidad normal es quizá, después del dimorfismo sexual, la más conspicua de todos los rasgos morfológicos del hombre por lo cual ha figurado desde antiguo en la Historia de la Antropología. El estudio moderno de la pigmentación de la piel se encuentra ligado a la utilización de los espectrofotómetros de reflectancia (Weiner, 1951), que han permitido cuantificar este rasgo biológico respetando su intrínseca continuidad virtual. La objetividad de esta técnica ha posibilitado numerosos análisis antropológicos en diversos grupos humanos tales como: comparaciones inter e intrapoblacionales, análisis del dimorfismo sexual y de la variabilidad ontogénica, estudio de los determinantes sociales, homogamia, y análisis de microdiferenciación local, entre otros (ver recopilación de Robins, 1991), y también ha hecho posible las estimas de la heredabilidad del carácter, a partir de los coeficientes de correlación o de regresión de los porcentajes de reflectancia obtenidos entre individuos emparentados (Roberts y Khalon, 1972; Rigters-Aris, 1973; Post y Rao, 1977; Clark et al., 1981; Frisancho et al., 1981; Banerjee, 1984).

La pigmentación constituye un claro exponente de rasgo cuantitativo bajo control de herencia poligénica, y aunque los primeros estudios sobre su herencia proponían un modelo autosómico debido a un locus dialélico (Davenport, 1913 citado por Byard, 1981), en la actualidad se aceptan modelos de 3 a 5 loci de efectos iguales y aditivos (Cavalli Sforza y Bodmer, 1981), si bien no todas las variaciones del carácter han de atribuirse a estos factores, ya que el dimorfismo sexual y la edad sugieren una interacción entre la producción de hormonas y la síntesis de melanina; ambos son importantes factores a tener en cuenta cuando se analiza la variabilidad intrapoblacional de dicho rasgo (Leguebe, 1986).

La heredabilidad del color de la piel, es decir, la porción de la variabilidad fenotípica total que es genética, puede ser estimada mediante los coeficientes de correlación o de regresión entre miembros de una misma familia. Dicha estimación suele ser problemática, encontrándose en ocasiones resultados contradictorios, debido no sólo a la complejidad biológica del propio rasgo sino a que la variación genética del mismo dentro de los grupos suele ser muy pequeña respecto a la variación intergrupala (Post y Rao, 1977; Byard, 1981). En general, a la pigmentación suele atribuírsele una heredabilidad entre moderada y alta (Williams-Blangero y Blangero, 1991), aunque los valores obtenidos dependen de diversos factores, entre ellos el lugar de medida y la longitud de onda utilizados.

Aunque los estudios sobre la semejanza familiar de los caracteres antropométricos no son demasiado abundantes en nuestro país, recientemente han ido surgiendo una serie de investigaciones sobre la semejanza familiar de diferentes caracteres antropológicos con metodologías de análisis diversas, tanto en población española en general (Sánchez-Andrés 1992, 1995; Sánchez-Andrés y Mesa, 1994), como en la vizcaína en particular (Rebato, et al., 1995, 1996, 1997; Salces, 1995; San Martín, 1995). Sin embargo, hasta el momento no existían datos sobre la heredabilidad del color de la piel, si bien este rasgo antropológico había sido analizado de forma exhaustiva en la población vasca, aunque desde otros puntos de vista (Rebato, 1987; Rebato et al., 1991, 1993; Rebato y Rosique, 1995). El objetivo de esta investigación es presentar datos sobre el parecido familiar para la pigmentación de la piel en una muestra de población vizcaína en crecimiento, a partir del análisis de correlaciones entre hermanos, y estudiar las variaciones con la edad de las correlaciones observadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Características de la muestra

La muestra de hermanos biológicos (exceptuando a los diversos tipos de gemelos) procede de 530 familias nucleares residentes en diversas localidades de la provincia de Vizcaya y está compuesta por 521 varones y 518 mujeres, con edades comprendidas entre los 4+ y los 20+ años (notación del IBP, Weiner y Lourie, 1981). En función de la profesión y nivel cultural de los padres, la muestra puede ser considerada como de nivel socioeconómico medio.

Técnica de medida del color de la piel

La pigmentación de la piel ha sido medida en la frente y en la cara superior interna del brazo izquierdo mediante un espectrofotómetro de reflectancia portátil, EEL DS29 Unigalvo, con 9 filtros: (601 al 609) cuyas longitudes de onda dominantes de transmisión recorren el espectro visible desde el azul al rojo (425 nm a 685 nm). Las medidas han sido estandarizadas mediante un patrón blanco de Carbonato de Magnesio ($\text{CO}_3 \text{Mg}$), color al que se le ha hecho corresponder el 100% de reflectancia para cada longitud de onda y zona del cuerpo.

Estima de la semejanza familiar

El grado de semejanza entre hermanos se ha basado en la estima de correlaciones intracase (Sokal y Rohlf, 1981), calculadas a partir de los valores de reflectancia para los filtros 601 (425 nm), 605 (545 nm) y 609 (685 nm), estandarizados internamente en función de la edad y sexo de los individuos. Cuando los valores de reflectancia han mostrado variaciones con la edad, se ha realizado un ajuste de los mismos mediante funciones polinómicas de tercer grado, para cada sexo, con el fin de obtener los valores medios de referencia. Por su parte, las desviaciones estándar de referencia se han ajustado mediante funciones polinómicas de segundo grado, salvo en algunos casos en que ha sido preciso utilizar polinomios de tercer grado. Las variaciones con la edad de las correlaciones entre hermanos han sido estimadas considerando tres categorías de edad: menores de 12 años, entre 12 y 15 y con edades iguales o superiores a los 15 años. Aunque no se conoce de manera directa el estadio de desarrollo de los individuos que componen la muestra, hemos considerado que dichas categorías se corresponden con tres etapas del desarrollo ontogénico: prepuberal, puberal y postpuberal, respectivamente. Para ello nos hemos basado en datos de la población general en crecimiento de Vizcaya (Rosique y Rebato, 1995). Los coeficientes de correlación obtenidos se han comparado, dos a dos, usando el test de homogeneidad t_s basado en la prueba de la t (Sokal y Rohlf, 1981).

RESULTADOS

Variabilidad de las medidas de reflectancia

En la Tablas 1 a 4 se muestran, para cada sexo y edad, los estadísticos descriptivos de los valores de reflectancia obtenidos en la frente (F) y en el brazo (B) para cada uno de los filtros utilizados (601 a 609). Debido a los escasos tamaños muestrales de algunos grupos de edad, la clase 5+ incluye a los individuos de la categoría 4+, mientras que la de 18+ agrupa al resto de categorías hasta los 20+ años de edad. El test de Kolmogorov-Smirnov ha reve-

lado la normalidad de todas las series con una probabilidad inferior al 5%. En general, se observa cierta variabilidad tanto ontogénica como sexual para la pigmentación de la piel, que depende fundamentalmente del filtro y del lugar de medida, notándose en algunos casos, como en el filtro 609 para el brazo, aumentos de reflectancia después de la pubertad, siendo además las mujeres, a todas las edades, algo menos pigmentadas que los varones en ambas zonas del cuerpo. En los dos sexos, y para todo el período ontogénico considerado, la frente ha mostrado porcentajes de reflectancia menores que los del brazo en la práctica totalidad de los filtros. Como excepción se puede mencionar el filtro 609, donde éste solo se ha cumplido para varones entre los 5⁺ y los 7⁺ años, a los 9⁺ años y desde los 14⁺ años en adelante. En mujeres, para la misma longitud de onda (685 nm), la reflectancia ha sido mayor en el brazo que en la frente entre los 5⁺ y 8⁺ años, y a partir de los 13⁺ años.

Semejanza familiar

En la Tabla 5 se presentan los coeficientes de correlación intraclase en los tres tipos de fratrías sin tener en cuenta la edad. La elección de los filtros 601, 605 y 609 para el análisis del parecido familiar se basa en la posibilidad de interpretación biológica de los resultados de reflectancia obtenidos con los mismos, dada su relación con diferentes pigmentos corporales (melanina, hemoglobina). De hecho, la mayor parte de autores recomiendan su utilización para análisis de tipo genético. En particular para la longitud de onda del filtro 609 (685 nm), el porcentaje de reflectancia mide la cantidad de melanina presente en la piel, no siendo afectada por la cantidad de sangre presente (Harmse, 1964). Por su parte, la banda de absorción de la hemoglobina se sitúa en el filtro 605 (545 nm) y la de la melanina en el 601 (425 nm).

Entre hermanos varones (hno-hno) la correlación más elevada ha correspondido a la reflectancia de la frente medida con el filtro 601 (0,45), seguida por el brazo y la frente en el filtro 605 (0,42 y 0,41, respectivamente), y por la frente en el 609 (0,35). Entre hermanas (hna-hna) la correlación más alta se ha observado para la pigmentación del brazo en el filtro 601 (0,43), y la más baja en este mismo lugar del cuerpo para el filtro 609 (0,29). En el resto de filtros, y para las dos zonas de medida, las correlaciones han alcanzado valores comprendidos entre 0,32 y 0,38 (Tabla 5). En cuanto a las correlaciones obtenidas entre los hermanos sin tener en cuenta el sexo (hnos), los coeficientes han oscilado entre el valor de 0,40 para el brazo (filtro 601) y 0,28 para la frente (filtro 609). Todas las correlaciones han sido muy significativas ($p \leq 0,001$), a excepción de las obtenidas en el brazo con el filtro 609 entre hermanos varones (hno-hno) y entre hermanos sin tener en cuenta el sexo (hnos), que no han diferido significativamente de cero (Tabla 5).

Variaciones con la edad de las correlaciones intraclase

La Tabla 6 muestra los coeficientes de correlación intraclase obtenidos en el conjunto total de hermanos (hnos) para los tres grupos de edad considerados. Antes de los 12 años la frente ha mostrado coeficientes de correlación elevados y altamente significativos ($p \leq 0,001$) en todos los filtros, siendo el más alto el observado en el 601 (0,47) y el menor el del 609 (0,42). Para esta misma etapa la reflectancia del brazo ha tenido valores de correlación inferiores a los de la frente en todos los filtros, siendo el mayor el correspondiente al 601 (0,32) y el más bajo y próximo a cero el del filtro 609 (0,01). Para el filtro 605 el valor de correlación para la reflectancia del brazo ha sido relativamente bajo (0,23) pero significativo ($p \leq 0,01$). Entre los 12 y los 15 años sólo las correlaciones para la frente en el filtro 605 (0,38) y para el

Tabla 1. Valores medios de reflectancia en la frente (F) de los chicos vizcaínos para los distintos grupos de edad y 9 filtros (601-609).

CHICOS

EDAD	F601		F602		F603		F604		F605		F606		F607		F608		F609		
	n	m	s.d.																
5+	39	31,64	5,37	34,28	5,16	36,67	5,07	38,46	4,91	38,38	4,68	42,13	5,51	51,33	6,32	60,87	6,06	63,49	5,35
6+	25	31,08	6,90	32,68	7,20	34,48	7,32	36,32	6,90	36,92	6,92	40,68	6,50	50,24	7,63	59,48	6,80	62,24	6,24
7+	23	31,04	4,45	32,91	4,86	35,52	4,59	37,39	4,52	38,70	4,99	42,74	4,96	51,43	4,83	60,70	4,72	62,70	5,04
8+	21	31,86	6,33	33,62	6,64	35,90	6,80	37,14	6,71	38,24	6,71	42,33	7,53	50,81	6,67	59,71	6,26	62,71	5,21
9+	52	31,75	6,02	33,67	5,57	35,73	6,02	36,79	6,22	37,56	5,74	41,15	6,21	50,44	6,38	59,33	6,06	62,25	5,94
10+	48	30,75	6,27	33,10	5,93	35,60	5,64	36,56	5,63	37,35	4,79	41,27	4,65	50,85	4,53	60,29	4,95	63,04	4,52
11+	46	30,96	6,56	32,39	6,63	35,46	6,34	35,83	6,43	36,41	5,86	40,26	5,76	50,22	6,72	60,46	6,71	64,59	5,11
12+	57	30,56	6,43	32,05	6,43	34,63	6,60	35,81	6,81	36,33	5,97	40,12	6,18	50,46	6,76	59,67	6,50	63,33	5,41
13+	44	27,80	6,10	29,84	6,02	32,16	5,29	33,50	5,68	32,66	5,66	37,39	4,98	47,82	5,60	58,59	5,12	62,59	4,85
14+	40	28,05	6,40	29,85	5,65	31,55	5,67	31,68	6,05	31,45	5,58	35,10	6,26	45,65	7,55	56,50	7,71	60,50	6,46
15+	38	29,18	4,82	30,92	4,74	33,11	4,04	33,63	4,90	33,74	4,75	36,71	5,12	47,34	5,62	59,68	6,15	63,66	5,65
16+	37	27,65	4,78	29,46	5,55	31,68	5,93	31,95	5,87	31,86	5,79	36,41	5,27	46,41	7,21	58,16	7,61	62,78	6,07
17+	39	25,62	4,63	27,36	4,95	29,56	4,89	30,21	5,09	29,56	4,44	33,59	5,24	45,33	5,64	57,67	6,50	61,31	5,43
18+	12	30,50	5,42	31,67	6,05	34,00	5,34	34,08	5,81	34,75	5,43	38,17	4,80	50,00	6,30	60,83	5,83	64,17	6,04

Tabla 2. Valores medios de reflectancia en el brazo (B) de los chicos vizcaínos para los distintos grupos de edad y 9 filtros (601-609).

CHICOS

EDAD	B601		B602		B603		B604		B605		B606		B607		B608		B609		
	n	m	s.d.																
5+	39	38,77	4,92	40,15	4,92	42,69	4,69	43,92	4,21	43,87	4,12	46,92	4,05	55,41	4,63	63,41	4,31	65,59	3,75
6+	25	35,36	7,51	37,40	7,68	39,36	7,30	40,28	7,40	39,80	6,83	43,40	7,01	51,52	6,72	60,52	6,74	62,64	6,18
7+	23	35,43	5,09	36,83	5,18	39,13	5,13	40,57	5,23	41,04	4,77	44,87	4,63	53,30	6,65	60,78	6,07	63,61	5,91
8+	21	34,90	7,25	36,14	7,81	38,33	7,72	39,43	8,05	38,81	8,43	42,81	7,78	49,71	7,64	56,86	6,92	59,10	7,27
9+	52	35,37	6,95	37,13	6,64	39,67	6,20	40,54	6,25	40,92	5,66	44,77	5,95	53,13	6,66	60,50	6,20	62,79	4,97
10+	48	32,96	6,98	35,25	6,57	38,12	5,94	39,77	5,75	39,56	4,89	43,67	4,96	52,63	5,74	60,63	4,86	62,50	4,56
11+	46	32,35	5,93	35,02	6,01	37,54	6,05	39,46	5,82	39,83	5,73	44,09	5,53	53,15	5,81	60,37	6,62	62,85	5,90
12+	57	32,11	6,65	34,40	6,37	36,98	6,72	38,31	6,33	39,04	5,94	43,05	6,30	52,23	6,72	59,93	6,09	62,56	5,33
13+	44	31,02	6,82	33,48	6,08	36,14	5,60	36,84	5,98	37,68	5,10	41,59	4,87	50,48	5,25	59,18	5,15	61,32	4,19
14+	40	34,20	6,04	36,08	6,01	38,55	5,99	39,40	6,65	39,30	5,43	43,25	5,50	52,50	5,51	60,90	5,14	63,48	4,70
15+	38	36,26	7,12	37,84	6,84	40,00	6,78	40,76	6,24	40,39	5,65	44,00	5,56	53,61	6,96	62,18	6,04	64,47	5,62
16+	37	35,38	7,21	37,08	7,45	39,35	7,12	40,35	6,43	39,89	6,11	43,43	5,66	53,19	6,60	62,62	6,88	64,78	6,23
17+	39	35,72	7,18	38,05	6,75	40,36	6,58	41,28	6,40	41,26	5,86	44,87	5,11	53,95	5,75	62,33	5,46	64,82	4,89
18+	12	39,75	8,41	41,83	7,86	43,42	6,65	43,50	6,79	42,75	5,94	47,58	6,73	56,58	6,27	66,00	5,19	68,50	5,35

Tabla 3. Valores medios de reflectancia en la frente (F) de los chicos vizecaínos para los distintos grupos de edad y 9 filtros (601-609).

EDAD	CHICAS																		
	F601		F602		F603		F604		F605		F606		F607		F608		F609		
	n	m	s.d.																
5+	37	32,22	5,92	33,46	5,85	35,70	6,09	37,32	6,21	38,00	5,88	41,41	6,66	50,38	6,72	60,41	6,33	63,19	5,92
6+	19	32,42	4,83	33,42	5,16	35,32	5,28	36,68	5,63	38,11	4,48	42,37	5,43	52,16	6,60	60,26	7,10	62,84	5,59
7+	13	29,62	5,45	30,00	5,63	32,08	5,72	33,62	4,31	34,31	5,53	38,69	5,89	45,85	5,97	54,46	6,91	56,92	7,19
8+	19	33,32	4,67	34,74	4,48	36,79	5,06	38,84	4,92	39,79	4,74	43,32	5,19	52,21	5,58	61,89	5,16	64,21	5,15
9+	31	30,00	5,73	31,87	5,38	34,94	6,01	36,42	5,53	37,19	6,61	40,68	6,06	50,48	5,80	59,94	5,32	63,95	4,10
10+	45	30,40	5,23	32,71	5,38	35,04	5,45	35,91	5,18	36,40	5,32	41,02	4,97	50,09	5,96	59,42	5,49	61,64	5,66
11+	54	30,50	5,60	32,96	5,38	35,24	5,83	36,24	4,96	36,37	4,95	40,50	4,64	50,94	5,37	60,56	5,30	63,78	5,09
12+	53	30,40	5,72	32,30	5,56	35,11	5,51	35,47	4,99	35,11	4,41	39,38	5,10	49,75	5,23	60,23	5,71	63,23	5,08
13+	48	30,46	5,42	32,90	5,36	35,35	5,38	35,88	4,97	35,77	4,21	39,52	4,75	51,23	5,37	61,85	4,76	64,75	4,52
14+	66	29,36	5,31	31,09	5,52	34,18	5,43	34,21	5,48	34,32	5,04	37,61	5,47	48,23	6,75	59,05	6,63	62,62	6,10
15+	38	29,63	5,87	31,61	5,65	33,21	5,20	34,61	5,30	34,29	4,82	38,92	4,87	49,84	5,43	60,39	6,20	63,92	5,44
16+	52	30,17	5,09	31,38	5,41	34,17	5,23	34,12	5,42	34,08	5,03	38,23	4,91	49,29	5,67	61,37	5,27	64,79	4,83
17+	29	32,69	6,70	34,79	6,58	35,86	7,02	36,31	6,72	35,93	6,34	40,55	6,75	52,69	7,25	64,62	7,02	67,72	6,72
18+	14	31,93	4,20	33,57	4,59	35,79	5,12	36,43	5,35	36,29	5,98	40,29	6,03	51,36	6,08	63,71	5,48	66,64	5,29

Tabla 4. Valores medios de reflectancia en el brazo (B) de los chicos vizcaínos para los distintos grupos de edad y 9 filtros (601-609).

EDAD	CHICAS																		
	B601		B602		B603		B604		B605		B606		B607		B608		B609		
	n	m	s.d.																
5+	37	38,76	4,96	40,14	5,13	42,51	4,73	43,92	4,55	43,84	4,48	47,59	4,49	55,92	5,16	63,95	4,41	65,54	4,05
6+	19	36,63	5,55	38,16	5,20	40,26	5,30	40,89	5,53	41,53	4,74	45,47	5,43	54,58	5,68	62,68	4,42	65,42	3,20
7+	13	34,15	5,77	35,15	6,56	36,69	6,47	38,38	5,61	38,23	5,59	42,07	5,48	49,46	5,46	57,15	4,54	60,15	5,32
8+	19	38,63	5,44	40,32	4,92	42,42	4,96	43,74	5,06	43,79	4,71	47,47	5,27	55,32	6,06	63,16	5,35	64,84	5,58
9+	31	33,65	7,16	35,35	7,30	38,55	6,63	39,52	6,59	40,84	5,59	44,23	5,78	53,74	5,35	60,52	4,73	62,65	4,10
10+	45	34,07	6,59	36,00	6,47	38,56	6,48	39,24	6,80	39,31	6,33	42,89	6,62	51,64	6,94	59,36	6,52	61,09	6,19
11+	54	32,96	6,15	35,39	5,28	37,91	5,30	39,37	4,62	39,43	4,34	43,39	4,28	52,56	4,94	59,94	4,87	62,46	4,42
12+	53	33,47	5,70	35,51	5,30	38,87	4,98	39,47	4,96	39,79	4,93	43,79	4,22	53,26	4,56	60,94	3,83	62,57	3,52
13+	48	33,25	6,04	35,88	5,43	38,98	5,39	40,38	4,78	40,56	4,27	44,54	4,33	53,71	4,64	62,17	4,38	64,10	4,28
14+	66	35,53	7,03	37,62	7,31	40,18	6,79	41,20	6,34	41,17	5,87	44,98	6,36	54,18	6,46	62,30	6,01	64,73	4,85
15+	38	36,76	7,85	38,42	7,47	40,82	7,70	42,16	7,30	42,29	5,78	46,39	5,54	54,97	6,20	63,42	5,78	65,13	5,04
16+	52	36,56	8,29	38,08	7,92	40,69	8,27	41,65	7,40	42,12	6,46	46,10	6,60	55,37	6,83	63,35	6,15	65,33	5,76
17+	29	40,59	8,07	42,52	8,21	44,55	8,48	45,45	7,89	45,45	7,05	49,38	6,18	59,07	7,17	66,93	6,14	68,38	5,75
18+	14	40,43	6,42	42,97	6,27	44,14	5,61	45,07	4,94	46,07	4,39	50,14	3,98	59,21	4,44	66,79	4,10	68,86	4,22

Tabla 5. Coeficientes de correlación para la reflectancia obtenida en la frente (F) y en el brazo (B) mediante los filtros 601, 605 y 609, en los distintos tipos de fratrias: hermanos (hno-hno), hermanas (hna-hna) y hermanos sin tener en cuenta el sexo (hnos).

*** para $p \leq 0,001$; NS: no significativo.

hno-hno (n=272)	F 601	F605	F609	B601	B605	B609
r intraclase	0,45	0,41	0,35	0,40	0,42	0,01
F entre grupos						
g.l.: 134,137	2,679***	2,376***	2,086***	2,373***	2,471***	1,015 NS
hna-hna (n=269)	F 601	F605	F609	B601	B605	B609
r intraclase	0,38	0,32	0,37	0,43	0,38	0,29
F entre grupos						
g.l.: 132,136	2,264***	1,963***	2,178***	2,499***	2,275***	1,831***
hnos (n=1037)	F601	F605	F609	B601	B605	B609
r intraclase	0,35	0,32	0,28	0,40	0,35	0,02
F entre grupos						
g.l.: 507,529	2,099***	1,964***	1,820***	2,32***	2,089***	1,037 NS

Tabla 6 . Coeficientes de correlación en los tres grupos de edad considerados para los hermanos sin tener en cuenta el sexo. * para $p \leq 0,05$; ** para $p \leq 0,01$; *** para $p \leq 0,001$; NS: no significativo.

Filtros	hnos	Prepuberal (<12 años)	Puberal (12-15 años)	Postpuberal (≥15 años)
	n	308	82	149
F601	r intraclase	0,47	0,22	0,31
	F entre grupos	2,785*** g.l.: 151,156	1,596 NS g.l.: 39,42	1,909** g.l.: 73,75
F605	r intraclase	0,44	0,38	0,23
	F entre grupos	2,586*** g.l.: 151,156	2,293** g.l.: 39,42	1,608* g.l.: 73,75
F609	r intraclase	0,42	0,28	0,24
	F entre grupos	2,445*** g.l.: 151,156	1,785 NS g.l.: 39,42	1,634* g.l.: 73,75
B601	r intraclase	0,32	0,26	0,60
	F entre grupos	1,957*** g.l.: 151,156	1,712 NS g.l.: 39,42	4,023*** g.l.: 73,75
B605	r intraclase	0,23	0,42	0,46
	F entre grupos	1,596** g.l.: 151,156	2,475** g.l.: 39,42	2,715*** g.l.: 73,75
B609	r intraclase	0,01	0,38	0,41
	F entre grupos	1,026 NS g.l.: 151,156	2,285** g.l.: 39,42	2,421*** g.l.: 71,73

brazo en los filtros 605 (0,42) y 609 (0,38) han sido estadísticamente significativas ($p \leq 0,01$). Después de la pubertad todos los coeficientes de correlación han sido significativos, siendo más elevados los correspondientes al brazo que a la frente en todos los filtros. Destaca el alto valor de correlación obtenido en el filtro 601, para el brazo (0,6) que supera al valor teórico esperado entre hermanos (0,5) (Tabla 6).

Los resultados del test de homogeneidad entre los coeficientes de correlación obtenidos en las diferentes categorías de edad se presentan en la Tabla 7, notándose las mayores divergencias entre los períodos pre y postpuberal. En la frente, las correlaciones muestran un gradual descenso durante el período ontogénico estudiado, a excepción de las medidas de reflectancia realizadas con el filtro 601, que tienden a aumentar después de la pubertad, aunque sin alcanzar el valor prepuberal. En cuanto al brazo, y de forma global, las correlaciones en todos los filtros tienden a aumentar desde el período prepuberal hasta el puberal, siendo los incrementos entre ambos períodos altamente significativos (Tabla 7).

Tabla 7. Resultados del test de homogeneidad realizado entre los coeficientes de correlación intraclase en función de la categoría de edad.

Periodo	Pre.- Pub.	Pre.- Post.	Pub.- Post.
F601	2,2085*	1,8492	0,6637
F605	0,4998	2,3341**	1,2300
F609	1,2579	1,9764*	0,2871
B601	0,5434	3,5871**	3,0780**
B605	1,6983	2,6421**	0,3687
B609	3,1178**	4,2459***	0,2413

Pre: prepuberal (< 12 años)

Pub: puberal (12-15 años)

Post: postpuberal (≥ 15 años)

* para $p \leq 0,05$; ** para $p \leq 0,01$; *** para $p \leq 0,001$.

DISCUSIÓN

Los resultados de reflectancia muestran, para cada filtro y lugar de medida, un cierto grado de variabilidad intrapoblacional que depende tanto del sexo como de la edad de los individuos. En referencia a las medidas efectuadas en el brazo con el filtro 609, que, como ya se ha señalado anteriormente, constituyen una excelente estima de la cantidad de melamina presente en la piel (Harmse, 1964; Harrison y Owen, 1964), puede destacarse una tendencia al aclaramiento a partir de los 13⁺ años en mujeres y de los 14⁺ años en varones. Ambos sexos muestran valores más bajos de reflectancia antes de la pubertad, aunque el patrón de variación no es demasiado consistente (posiblemente debido al tamaño muestral), y puede estar relacionado con aumentos prepuberales en la Hormona Melanocito Estimulante (MSH) (Kalla, 1974), además de con otros efectos de tipo ambiental, si bien esta zona de medida no se encuentra habitualmente expuesta al medio. En cuanto al dimorfismo sexual, las mujeres están menos pigmentadas que los varones en ambas zonas del cuerpo, mostrando valores más altos de reflectancia que los varones a edades comparables cronológicamente. En general, los resultados indican que el brazo está menos pigmentado que la frente, lugar habitualmente expuesto al medio exterior, aunque la tendencia puede invertirse en función de la edad.

Los resultados obtenidos en la muestra de hermanos vizcaínos para las correlaciones intraclase (entre 0,28 y 0,45 para la frente y entre 0,29 y 0,43 para el brazo), se incluyen dentro de los rangos de variación señalados para otras poblaciones, y que, para familias nucleares, oscilan entre 0,23-0,38 (Rigters-Aris, 1973), 0,26-0,32 (Frisancho et al., 1981) y 0,25-0,47 (Banerjee, 1984), según la longitud de onda y el lugar de medida. Las correlaciones han sido más consistentes para la frente que para el brazo, puesto que en el filtro 609 sólo la correlación entre hermanas ha sido significativa para esta zona del cuerpo. Banerjee (1984) ha señalado que la llamada pigmentación facultativa (frente) es heredada más estrictamente que la constitutiva (brazo), aunque el estudio realizado por Clark et al. (1981) en gemelos muestra una mayor heredabilidad de la pigmentación del brazo que de la frente a todas las longitudes de onda. Estos autores indican que en la frente no hay variación genética y que toda la pigmentación de esta zona está determinada por factores ambientales. Posiblemente, un mayor parecido familiar en una zona expuesta al medio como la frente podría estar indicando una mayor propensión a compartir un ambiente común entre los miembros de la fratría (las mismas actividades deportivas, por ejemplo). Hay que señalar, asimismo, que las correlaciones obtenidas han sido de similar magnitud a aquellas derivadas de caracteres métricos en población vizcaína, tanto cefalofaciales (Rebato et al., 1997) como corporales (Rebato et al., 1996).

Efecto de la edad sobre las correlaciones intraclase

Nuestros resultados parecen confirmar el efecto de la edad sobre los coeficientes de correlación intraclase obtenidos a partir de las medidas de reflectancia, de forma que estos varían a lo largo del período de crecimiento considerado. Sin embargo, la frente y el brazo muestran distintos patrones de cambio con la edad. Así, mientras que el grado de determinación genética de la reflectancia del brazo tiende a aumentar después de la pubertad, en la frente tiende a disminuir. Esto último podría ser explicado por un efecto de "ambiente común compartido" que tiende a ser generalmente más similar en las primeras etapas del crecimiento que en la vida postadolescente y adulta, de forma que los hermanos se van haciendo progresivamente menos similares en su pigmentación. En cuanto al brazo, cuya pigmentación es habitualmente más independiente del medio exterior, los incrementos de los coeficientes de correlación con la edad pudieran deberse a una expresión diferencial de los genes que controlan el carácter a lo largo del crecimiento, tal y como ha sido señalado para otras variables cuantitativas como la estatura y la talla sentado, que, aunque bajo estricto control genético, los genes que las determinan no se expresan simultáneamente a lo largo del crecimiento (Byard et al. 1983a, 1983b). El valor tan elevado observado en el brazo para el filtro 601 después de la pubertad (0,60) hace sospechar un cierto efecto del ambiente, a pesar de las precauciones de medida (época de baja insolación) y de la propia zona del cuerpo, o de otras causas que no pueden, por el momento, ser determinadas con los datos que poseemos. Un reciente estudio llevado a cabo en población vizcaína (Rebato et al., 1996) ha confirmado que el parecido familiar de las dimensiones corporales fluctúa a través del crecimiento, y que después de la pubertad el grado de determinación genética es mayor para las medidas de tipo óseo (como la estatura) que para el peso. De igual forma, y para el caso que nos ocupa, las variaciones mostradas por las correlaciones de la reflectancia medidas en dos zonas corporales, una expuesta y otra habitualmente oculta del medio exterior, confirman la mayor dependencia genética de la pigmentación del brazo y el impacto del medio sobre la variabilidad de la pigmentación de la frente, a partir del período postpuberal.

CONCLUSIONES

La pigmentación de la piel medida por reflectometría ha mostrado un grado de semejanza familiar similar al de otros estudios basados en el análisis de correlaciones familiares y de similar magnitud a las correlaciones derivadas de caracteres métricos. Este rasgo ha mostrado variaciones con la edad y cierto grado de dimorfismo sexual, en función del lugar de medida y de la longitud de onda considerados. La pigmentación del brazo parece estar bajo un fuerte control genético, sobre todo después de la pubertad, mientras que a partir de los 15 años la frente está más influenciada por factores de tipo ambiental.

REFERENCIAS

- BANERJEE, S. 1984. The inheritance of constitutive and facultative skin colour. *Clinical Genetics*, 25: 256-258.
- BYARD, P. J., SIERVOGEL, R. M. y ROCHE, A. F. 1983a. Familial correlations for serial measurements of recumbent length and stature. *Annals of Human Biology*, 10: 281-293.
- BYARD, P. J., SIERVOGEL, R. M. y ROCHE, A. F. 1983b. Sibling correlations for weight/stature² and calf circumference, age changes and possible sex linkage. *Human Biology*, 55: 677-685.
- BYARD, P.J. 1981. Quantitative genetics of human skin color. *Yearbook of Physical Anthropology*, 24: 123-137.
- CAVALLI-SFORZA, L.L. y BODMER, W.F. 1981. *Genética de las poblaciones humanas*. Ed. Omega. Barcelona.
- CLARK, P., SATARK, A.E., WALSH, R.J., JARDINE, R. y MARTIN, N.G. 1981. A twin study of skin reflectance. *Annals of Human Biology*, 8: 529-541.
- FRISANCHO, A.R., WAINWRIGHT, R. y WAY, A. 1981. Heritability components of phenotypic expression in skin reflectance of Mestizos from the Peruvian Lowlands. *American Journal of Physical Anthropology*, 55: 203-208.
- HARMSE, N.S. 1964. Reflectometry of the bloodless living human skin. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series C*, 67: 138-143.
- KALLA, A.K. 1974. Human skin pigmentation. Its genetics and variation. *Humangenetik*, 21: 289-300.
- LEGUEBE, A. 1986. Variation morphologique: couleur de la peau. En: *L'Homme, son évolution, sa diversité*, Ferembach, D., Susanne, C. y Chamla, M.C. eds., Eds du CNRS. Paris, 427-434.
- POST, P.W. y RAO, D.C. 1977. Genetic and environmental determinants of skin color. *American Journal of Physical Anthropology*, 47: 399-402.
- REBATO, E. 1987. Skin colour in the Basque Population. *Anthropologischer Anzeiger*, 45: 49-55.
- REBATO, E., GONZÁLEZ APRAIZ, A. y ROSIQUE, J. 1991. Variations ontogéniques de la pigmentation de la peau chez une échantillon de jeunes basques. Données préliminaires. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 3-4: 241-255.
- REBATO, E., ROSIQUE, J. and GONZÁLEZ APRAIZ, A. 1993. Skin colour variability in Basque boys (8-19 years). *Annals of Human Biology*, 20: 293-307.
- REBATO, E., ROSIQUE, J., SALCES, I., y SAN MARTÍN, L. 1995. Estima de la semejanza familiar de las componentes del somatotipo en población vizcaína. En: *Avances en Antropología Ecológica y Genética*, (Niéto, J.L. y Moreno, L., Eds.) *Actas IX Cong. Soc. Esp. Antrop. Biol.* Prensas Universitarias de Zaragoza. Universidad de Zaragoza. ISBN. 84-89513-35-X, 219-228.

- REBATO, E., ROSIQUE, J., SAN MARTÍN, L., y SALCES, I. 1997. Correlaciones familiares para los caracteres métricos cefalofaciales. Estudio de hermanas de la provincia de Vizcaya. Datos preliminares. *Archivo Español de Morfología*, 2: 33-37.
- REBATO, E., SALCES, I., SAN MARTIN, L., ROSIQUE, J., HAUSPIE, R. y SUSANNE, C. 1996. Age variations in sibling correlations for height, sitting height and weight. 10th Congress of the E.A.A. (Bruselas, 18-22 August, 1996). Abstract nº 42.
- REBATO, E. y ROSIQUE, J. 1995. Datos reflectométricos sobre el color de la piel. influencia del mes de medición (provincia de Vizcaya). *Cuadernos de la Sección de Antropología-Etnografía*, 13: 257-271.
- RIGTERS-ARIS, C.A.E. 1973. A reflectometric study of the skin in Dutch families. *Journal of Human Evolution*, 2: 23-136.
- ROBERTS, D.F. y KHALON, D.P. 1972. Skin pigmentation and assortative mating in Sikhs. *Journal of Biosocial Science*, 4: 91-100.
- ROBINS, A.H. 1991. *Biological perspectives on human pigmentation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ROSIQUE, J. y REBATO, E. 1995. Comparative study of statural growth in Spanish Populations. *American Journal of Human Biology*, 7: 553-564.
- SALCES, I. 1995. Estudio de la semejanza familiar de la forma y composición corporal en población vizcaína. Memoria de Licenciatura. Universidad del País Vasco. Bilbao.
- SAN MARTÍN, L. 1995. Análisis de las correlaciones familiares de caracteres morfofisiológicos en población vizcaína. Memoria de Licenciatura. Universidad del País Vasco. Bilbao.
- SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. y MESA, M. S. 1994. Heritabilities of morphological and body composition characteristics in a Spanish population. *Anthropologischer Anzeiger*, 52: 341-349.
- SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. 1992. Correlaciones familiares de caracteres antropológicos en la población española. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- SÁNCHEZ-ANDRÉS, A. 1995. Genetic and environmental influences on somatotype components, family study in a Spanish population. *Human Biology*, 67: 727-738.
- SOKAL, R. R. y ROHLF, F. J. 1981. *Biometry*. San Francisco. W. H. Freeman & Co. 2nd Ed.
- WEINER, J. S., y LOURIE, J. A. 1981. *Practical Human Biology*. London. Academic Press, p.439.
- WEINER, J.S. 1951. A spectrophotometer for measurement of skin colour. *Man*, 51: 152-153.
- WILLIAMS-BLANGERO, S. y BLANGERO, J. 1991. Skin color variation in Eastern Nepal. *American Journal of Physical Anthropology*, 85: 281-291.