



## ARTÍCULO ORIGINAL

### Norma de Reacción y Deporte élite

**Wiliam Carvajal Veitia**

Lic. en Biología, Master en Antropología [wiliam.carvajal@hotmail.com](mailto:wiliam.carvajal@hotmail.com)

### RESUMEN

El presente artículo aborda temática de actualidad en el mundo de las ciencias aplicadas al deporte la cual esta relacionada con la famosa pregunta: ¿el atleta nace o se hace? El análisis realizado en este artículo se basa en la norma de reacción, definida como el margen que permite el genotipo en el desarrollo de un carácter y determinar las posibles maneras en que un individuo puede reaccionar ante las diferentes circunstancias ambientales en función de su genotipo. Se abunda en resultados que aportan estudios realizados sobre la heredabilidad de algunas variables morfológicas y fisiológicas así como evidencias de la práctica diaria sirven para apoyar la discusión. Teniendo en cuenta que la norma de reacción es individual y particular de cada cual se da un enfoque que permite al especialista del deporte comprender que el tratamiento con el atleta, no debe ser mecanicista y debe realizarse desde una óptica multifactorial si se quieren tener buenos resultados deportivos.

**Palabras claves:** Norma de reacción, Desarrollo Físico, Fenotipo y Ambiente.

### ABSTRACT

The present article is focus on a world actually tendency concerning with the sciences applied to sport, which is related with the following questions: ¿Is the condition of athlete already innate or does they learn to be athletes after? The analysis realized in this investigation is based on the standard of reaction, and it is defined as the margin

that allows the genotype in the development of the personality and determining the possible manners that a individual can reacting in front of different environmental circumstances in terms of his genotype. This study boards about results of many studies based on the hereditability of some morphologic and physiological variables, as well as others evidences that in the daily practice demonstrates and supports this discussion. Considering that the standard of reaction is individual and particular to each people, was provided a focus that permits to the specialist of sports understanding than the treatment with athletes, must not be mechanistic and that it must be realized from a multi-factorial approach if it's wanted to obtain better sports results.

**Keywords:** Standard of reaction, physical development, phenotype and environment

### **Concepto de norma de reacción**

En genética existen dos conceptos importantes: el primero establece que genotipos diferentes pueden reaccionar de una forma disímil en el mismo ambiente y ello constituye la base de todo análisis genético y un segundo que plantea que el mismo genotipo se puede comportar de forma distinta en diferentes ambientes.

Según la terminología introducida con el desarrollo de la genética mendeliana y usada mas tarde por Goldschmidt y otros autores, estos dos conceptos miden la norma de reacción de los genotipos individuales, o el grado en que se afectan a nivel fenotípico por el cambio ambiental. Para algunos genotipos esta norma de reacción puede ser constante y para otros puede ser significativamente variable <sup>1</sup>.

Otros autores definen la norma de reacción como el margen que permite el genotipo en el desarrollo de un carácter y a su vez es lo determinante en las posibles maneras en que un individuo puede reaccionar ante las diferentes circunstancias ambientales en función de su genotipo <sup>2</sup>. Esto permite entender que lo que se hereda es, estrictamente, la norma de reacción y no un fenotipo determinado.

Los grupos sanguíneos, por ejemplo, pueden permanecer inalterados a los cambios ambientales y un fenotipo como el de los diabéticos puede ser sensible a los cambios del ambiente. Otro ejemplo

ilustrativo pudiera ser el de los genotipos asociados con los Coeficientes de Inteligencia(CI), estos se ajustan al patrón descrito, pues si se pudieran identificar la mayoría de los genotipos, estos mostrarían diferencias en el CI según el ambiente en el cual se hubieran desarrollado <sup>3,4,5,6</sup>.

El sistema inmunitario es ilustrativo de este fenómeno, pues en procesos infecciosos se pueden poner de manifiesto los dos conceptos que explican la norma de reacción: un individuo no siempre reacciona con la misma intensidad a un mismo estímulo ambiental e individuos diferentes reaccionan también diferente.

Carvajal <sup>7</sup> obtuvo que la cantidad de anticuerpos producidos por líneas genéticamente idénticas de ratones Balb/C bajo un mismo efecto ambiental fue muy heterogénea. González <sup>8</sup> planteó que esto se debe a que evolutivamente estos organismos no han alcanzado uniformidad en la dinámica de la respuesta inmune, sin embargo, lejos de criterios evolutivos, lo cierto es que el estrés en muchas ocasiones no provoca la misma respuesta en organismos genéticamente similares y sobre todo cuando la respuesta se debe a un entorno multifactorial el cual es controlado por el eje inmuno-neuroendocrino.

En el deporte Bouchard y colaboradores<sup>9</sup> han realizado investigaciones que le han permitido llegar a la conclusión de que si se toma una muestra de individuos al azar y se entrenan, los mismos no alcanzan un nivel similar de performance. El le da un papel preponderante a la herencia y dice que al menos esta aporta la mitad de la variación en la respuesta al entrenamiento, y ello es equivalente a decir ,para resumir este párrafo, que todo individuo posee una respuesta individual, y así se apoya el concepto de norma de reacción.

## **Desarrollo Físico y algunas evidencias de su interacción con el ambiente**

La mayoría de las variables antropométricas indicadoras del desarrollo físico muestran un comportamiento modulado por factores ambientales dentro de los cuales se pueden incluir: edad, sexo, alimentación, clima, sociedad, agentes químicos y muchos otros, que repercuten en el fenotipo individual de diferentes maneras; ya sea en una dirección beneficiosa o en la contraria, siendo estas direcciones el reflejo de la norma de reacción individual. Por ejemplo, se pueden encontrar individuos de bajo desarrollo muscular, producto de una

alimentación deficiente en calorías, o por un déficit en la producción de testosterona, debido a esto solo se ha expresado un carácter de la norma de reacción: deficiencia en el tamaño del músculo.

En estudios realizados se ha obtenido que la mayoría de los caracteres morfológicos como los que están vinculados al desarrollo esquelético, o sea, diámetros óseos, longitudes, estatura, características del cráneo, etc. poseen una alta heredabilidad, y prácticamente no sufren modificación como consecuencia del cambio ambiental, ya que su norma de reacción a un estímulo dado es prácticamente nula.

Ordanová <sup>10</sup> refirió que en la mayoría de los estudios citados la heredabilidad es mayor para estatura y longitudes que para diámetros y circunferencias y la heredabilidad a diámetros y circunferencias es más alta que para el tejido graso y los pliegues cutáneos. En cuanto al somatotipo refiere en general que lo más heredable es la ectomorfa.

En animales se ha encontrado que existen caracteres que son de gran importancia para la supervivencia de la especie y que la evolución ha garantizado que estos prácticamente no sufran modificaciones al no ser por un estímulo ambiental muy fuerte. Estos caracteres reciben el nombre de canalizados <sup>1</sup>.

Los caracteres morfológicos como los diámetros óseos, longitudes, estatura, características del cráneo no garantizan la supervivencia de la especie (Un individuo puede ser más alto o más bajo o tener diámetros pequeños o anchos y esto no tiene repercusión ninguna en su supervivencia); pero tienen un comportamiento parecido ante los cambios ambientales; Aunque si las variables antes mencionadas se miran con la óptica del deporte, un individuo de padres de estatura elevada que sea seleccionado en virtud de estos caracteres para la práctica del voleibol, se vería impedido de realizar esta actividad si las restricciones ambientales le imponen una baja estatura y una atrofia muscular por solo citar dos ejemplos.

Bouchard y Lartie<sup>11</sup>, demostraron que variables como la estatura que están influenciadas por la nutrición, son determinadas fundamentalmente por el genotipo, y en ninguna medida la estatura final adulta se ve afectada por el ejercicio, ni siquiera en niñas de menarquia tardía resultante del entrenamiento físico intenso.

Algunas características del físico y de la fisiología del individuo como pueden ser: La musculatura del brazo, mesomorfia, endomorfia, peso corporal, ancho del tórax, rapidez motora, fuerza a la resistencia, la flexibilidad y el equilibrio, salto de vallas o salto de altura y longitud, lanzamientos, consumo máximo de oxígeno, Capacidad Física de Trabajo 150 (PWC 150) y umbral ventilatorio son de una heredabilidad baja y en algunos casos variable, hasta el punto de quedar indefinidas como sucede con la fuerza a la resistencia y la flexibilidad que oscilan entre 11 y 95% <sup>11</sup>. Estas variables son más sensibles ante los cambios ambientales y su incertidumbre es mayor. Por lo general pueden ser entrenadas con un resultado que se traduce en la mayoría de las veces en un buen rendimiento deportivo. Osborne y De George<sup>12</sup> en un estudio clásico sobre somatotipo realizado en gemelos, incluyeron 59 pares de gemelos idénticos y 53 pares de fraternos y compararon la varianza en la heredabilidad del somatotipo de monozigóticos y dizigóticos, esta resultó ser mayor, sobre todo, en ectomorfia y en el somatotipo total en las hembras; pero en el resto de los componentes se encontró una varianza muy alta que posteriormente se ha determinado que está influida en gran medida por el ambiente: ya sea por la nutrición, por el clima o por el entrenamiento.

Skibínka y Sklad <sup>13</sup> encontraron que la endomorfia, mesomorfia y ectomorfia fueron influidas en forma descendente por el ambiente. También encontraron que el somatotipo fue influido en más alto grado por el ambiente en niños que en niñas, por lo tanto se puede ver que el componente sexo juega un papel importante a la hora de expresar o no un carácter.

Uno de los estudios que demuestra las potencialidades del individuo para responder al stress ambiental fué realizado por Lasker <sup>14</sup>. Este antropólogo sometió a 34 hombres voluntarios a las condiciones de un campo de concentración de la segunda guerra mundial durante 24 semanas y observó el efecto de la desnutrición parcial arribando a las siguientes conclusiones: 1) el somatotipo antes del régimen fue de 3.4-3.8-3.3 y después de este 1.8-2.5-5.7.; 2) los sujetos más endomorfos evolucionaron a menos endomorfos, los más mesomorfos perdieron más en mesomorfia y los más ectomorfos cambiaron menos, 3) los métodos utilizados mostraron decrecimiento de la endomorfia del 48 %, de la mesomorfia entre 26 y 43% y en la ectomorfia un incremento entre el 65 y 78 %.

Teniendo en cuenta la repercusión de los cambios ambientales en las características corporales también es de suponer que estos individuos con una dieta y ejercicio adecuados puedan experimentar cambios hacia un somatotipo diferente al que tenían antes; pero que no puedan variar hacia un somatotipo no determinado por la genética (Norma de Reacción), ya que el individuo está diseñado para una estructura corporal predeterminada.

Asumiendo esto último se ha visto en atletas de deportes de combate, como la lucha, el boxeo, Judo, etc. sometidos a un sistema de entrenamiento durante toda su vida crean mecanismos de estabilización del peso corporal que les permite mantenerse en un peso adecuado y los capacita para perder una buena cantidad de kilogramos días antes de la competencia sin que disminuyan sus facultades desde el punto de vista fisiológico.

El individuo baja de peso y al terminar la competencia aumenta, muchas veces por encima de un peso mínimo permisible o peso adecuado en un proceso conocido en el mundo de los deportes de combate como **rebote**; pero la mayoría de las veces vuelve a su peso corporal. Este proceso no ha sido explicado desde el punto de vista científico; pero es fácil entender que aquí operan factores ambientales muy fuertes que tienen que ver con la supervivencia del atleta, como pueden ser los psicológicos y sociales, los cuales repercuten en la fisiología del atleta garantizando el mantenimiento del peso corporal en un mínimo permisible.

Este juicio pudiera estar avalado por la llamada teoría del punto fijo: Término referido al momento en que el peso del cuerpo es controlado por un proceso preestablecido neuromuscular- endocrino con influencia de factores genéticos, ambientales y de estilo de vida, los cual automáticamente aumentan o disminuyen el metabolismo basal y de reposo para mantener un peso corporal particular, o también pudiera estar determinado por procesos de aclimación constituidos por la respuesta rápida a cambios estresantes en el organismo y que no tiene que ver con los procesos de aclimatización que ocurren en periodos más prolongados de tiempo, los cuales conllevan a cambios morfológicos y fisiológicos.

Por otra parte, existen atletas que estabilizan su peso; pero no bajan antes de llegar la competencia pues la respuesta al estímulo no es la adecuada, producto a la presencia de factores psicológicos que pueden estar dados por el convencimiento de un atleta de la obtención de mejores resultados en otra división.

Hasta aquí se ha abordado la norma de reacción teniendo en cuenta algunos de los factores que pueden influir en su comportamiento, esta temática es más compleja de lo que se plantea; y lo mas importante para el especialista es delimitar que el desempeño de un individuo depende de muchos factores los cuales deben coincidir en tiempo y espacio.

### **Norma de reacción, selección de talentos y Rendimiento Deportivo**

Las causas de las variaciones fenotípicas de un individuo pueden tener origen genético y ambiental. Las variaciones genéticas se heredan por la descendencia; pero ningún tipo de variación ambiental se hereda como tal, lo que se hereda es la norma de reacción del genotipo del individuo, es decir, la potencialidad de responder a cambios ambientales con un fenotipo más o menos beneficioso para el rendimiento deportivo. En el deporte este fenotipo estaría vinculado al desarrollo músculo esquelético del individuo y ciertas aptitudes físicas como pueden ser fuerza, resistencia, capacidad de reacción, correr, saltar vallas, y otros.

Desafortunadamente no se han sacado a la luz registros que recojan cuantos hijos de campeones olímpicos o de atletas de buenos resultados que hayan pasado a la historia llegaron a tener resultados superiores a la actuación de sus padres; porque esto serviría de base para la selección de talentos. Lo único cierto es que las aptitudes físicas se perfeccionan con el entrenamiento <sup>15</sup> y que la respuesta depende de un entorno multifactorial, ya que existen varios componentes contribuyendo a la variabilidad fenotípica.

Claude Bouchard y colaboradores <sup>16,17</sup>, basado en trabajos anteriores sobre análisis del rendimiento deportivo dentro y entre grupos familiares llegaron a la conclusión de que lo que se hereda es la habilidad de responder al entrenamiento de una forma beneficiosa; pero esto es un aspecto muy individual. En la exploración del ADN para tratar de dilucidar su relación con el rendimiento, este mismo

grupo ha encontrado poca o ninguna asociación, supuestamente debido a que el rendimiento depende de muchos genes.

Un artículo escrito por Hugo Montgomery y colaboradores del Centro Británico para la genética Cardiovascular dio a conocer como la eficiencia muscular está fundamentada en un patrón genético, ya que la presencia del alelo ACE, Versión del gen que codifica para la Enzima Convertidora de Angiotensina, influye sobre los músculos para hacerlos más eficientes después de haberse sometido a entrenamientos, explicando con esto una mayor capacidad de unos sobre otros para practicar deportes <sup>18</sup>.

El fenómeno de selección de talentos tiene en cuenta un número de variables morfológicas que son predictoras de las características del desarrollo final del individuo y están asociadas a la eficacia biológica en la actividad deportiva en cuestión. Por ejemplo la estatura es una variable de gran importancia que representa un gran valor adaptativo para deportes como el Voleibol, Baloncesto, Clavados y Pesas: En los dos primeros deportes es importante poseer una estatura elevada para el desempeño, mientras que en los otros dos es importante tener una baja estatura para la consecución de buenos resultados en su área.

Estas características que representan un valor adaptativo para la práctica del deporte y poseen baja heredabilidad son de vital importancia para la supervivencia del atleta en su actividad y la variabilidad de estos caracteres fenotípicos es normalmente pequeña. De las variables o constantes biológicas que tienen en cuenta los entrenadores o cazadores de talentos para realizar la selección el somatotipo, usualmente, es usado para estos fines; pero la diferencia con los métodos selectivos de los especialistas en medicina del deporte reside en que este somatotipo no tiene la misma connotación.

Para un entrenador o cazador de talentos, el somatotipo representa las características que a primera vista le digan si el atleta tiene aptitudes físicas para la práctica del deporte: En gimnasia artística se mide con mucha frecuencia estatura y algunos diámetros corporales, en voleibol la linealidad y la estatura elevada definen el somatotipo, en pesas y clavados los atletas deben ser pequeños de estatura y diámetros anchos y en ballet y gimnasia rítmica se debe poseer un tipo longilíneo. Todas las características mencionadas le refieren al técnico que el individuo a seleccionar tiene un somatotipo determinado.

Existen variables morfológicas que se modifican más por el ambiente y juegan un rol fundamental en el éxito de un atleta, se entrenan a través de toda la vida y en la práctica se ha visto que marcan gran diferencia entre poblaciones atléticas y no atléticas de igual edad <sup>19</sup>.

Lo más difícil es una vez alcanzado el desarrollo que le permite al atleta mantenerse en el alto rendimiento conservar los resultados, pues estos dependen de factores fisiológicos, contextuales, nutricionales, etc., es aquí cuando la intervención del especialista en medicina del deporte se hace más importante.

El conocimiento de la variación del físico o de la falta de esta nos provee de los elementos necesarios para descartar malos resultados y hace reflexionar sobre otros aspectos relacionados con el rendimiento. Este análisis se debe hacer teniendo en cuenta que a pesar que los atletas participantes en un mismo deporte tienen similitudes en el físico no todos tienen la misma norma de reacción, lo cual no quiere decir que no tengan un buen desempeño en sus respectivas disciplinas.

En algunas actividades deportivas se han visto resultados impresionantes y a veces uno se pregunta que factor pudo haber influido, porque son varios los factores contribuyentes al éxito. Todavía muchos en el mundo se preguntan como un individuo tan pequeño como Stefan Hölm pudo ganar la medalla de oro en el salto alto de los juegos de Atenas 2004 saltando la varilla por encima de una altura no predicha para un sujeto de su estatura y también porque individuos de mejores condiciones físicas como Jonathan Eduard (recordista del mundo en el salto triple) no han podido alcanzar los horizontes explorados por este. El club de los 18 metros en el salto triple solo parece estar reservado para el norteamericano Harrison (Campeón Olímpico de Atlanta 1996) y Mike Conley (Campeón Olímpico de Barcelona 1992).

Atletas con condiciones excepcionales como Emil Satopeck, Pavo Nurmi, Irena Kirszenstein Szewinka, Jarmila Kratochvilova, Marita Koch, Alberto Juantorena, Maria Joseph Perec y Michael Johnson, demuestran que la norma de reacción para variables fisiológicas tiene un grado de permisibilidad amplio, teniendo en cuenta su alternancia en distintas distancias del atletismo que son diferentes teniendo en cuenta el tipo de entrenamiento y las características de los sistemas energéticos que utilizan para su desempeño. Esto demuestra que el factor ambiental tiene gran impacto cuando se trata de variables

fisiológicas, o sea el entrenamiento puede garantizar el desarrollo de estas cualidades y su contribución a la variación es muy alta.

"Monstruos" del olimpismo en el deporte de la natación como Mark Spitz, Ian Torpe y Michael Phell también permiten pensar hasta que punto el hombre puede explotar sus capacidades, teniendo en cuenta que ellos han alcanzado el éxito en pruebas que difieren en su exigencia desde el punto de vista fisiológico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Strickberger, M.W. Genética. La Habana, Editorial Universitaria. 1991; pp. 186-188.
2. Berovides, V. ¿Evoluciona aún el hombre?. La Habana, Editorial Científico Técnica, 2da. Edición. 2002; pp 29-74.
3. Jensen, A.R. How much can we boost IQ and scholastic achievement? Harvard Edu.Rev. 1969; 39.1-123.
4. Bouchard, T.J.Jr. and McGue. Familial studies of intelligence: A review. Science. 1981; 212:1055-1059 En: Strickberger, M.W. Genética. La Habana, Editorial Universitaria. 1991; pp. 186-188.
5. Bouchard TJ. IQ similarity in twins reared apart: Findings and responses to critics. In RJ Sternberg, E. Grigorenko (Eds.). Intelligence, Heredity, and Environment. Cambridge, MA: Cambridge University Press. 1997.
6. Bouchard TJ, Lykken DT, McGue M, Segal NL, Tellegen A. Sources of Human psychological differences: The Minnesota study of twins reared apart. Science 1990; 250, 223-228. En: Baker, Joseph . Revisión acerca de los Genes y Entrenamiento para el Rendimiento Atlético. **Publice Standard**. 20/08/2004. Pid: 341.
7. Carvajal, W. Ensayo de la influencia de la Prednisolona sobre la inmunogenicidad de la vacuna recombinante "HEBERVIOBAC HB". Tesis en opción al título de Licenciado en Biología. Universidad de la Habana. Facultad de Biología. 1999
8. González, A. Entrevista efectuada por Wiliam Carvajal. La Habana, 12 de Mayo de 1999.

9. Hopkins, WG. (2001) Genes and training for athletic performance. Sports Science 5(1), Disponible en: <http://sportssci.org/tour/0101/wghgene.htm> . (Consultado el 2 de Junio del 2006)

10. Orvanová, E. Body build, heredity and part achievements. In genetics of Physicomotor Traits in Man . Warsaw: International Society of Sport Genetics and Somatology. 1984; pp 111-23.

11. Bouchard C, Lartie G. Heredity and endurance performance. Med. Sci. Sports Exer. 1985: 1, 38-64.

12. Osborne, R.H. and De George, F.V. Genetic Basis of Morphological Variation : And Evaluation and Application of the twin Study Method. Cambridge, Mass: Harvard University Press. 1959.

13. Skivinka, A. and Sklad, M. Genetyczne uwarunkowania somatotypu sheldona. (Genetic conditioning of the sheldonian somatotype) wychowania fizyczne: sport. 1979: 2, 3-12.

14. Lasker, G.W. The effects of partial starvation on somatotype: an analysis of material from the Minnesota starvation experiment. American Journal of Physical Anthropology, 1949:15, 323-41.

15. Bouchard C, Malina RM, Pérusse L . Genetics of fitness and physical Performance Champaign, IL: Human Kinetics. 1997

16. Bouchard, C. Univariate and Multivariate genetic analysis of anthropometric and physique characteristics of French Canadian families .Ph D. Thesis, University of Texas, Austin. 1977.

17. Bouchard, C., Dermirjian, A. and Malina, R. M. Heritability estimates of somatotype components based upon familial data. Human Heredity. 1980:130, 112-118.

18. Montgomery HE, Clarkson P, Dollery CM, Prasad K, Losi MA, et al. Association of angiotensin-converting enzyme gene I/D polymorphism with change in left ventricular mass in response to physical training. Circulation 1997 : 96, 741-747.

19. Pápai J, Szabó T, Szmodis I . Age trends in the fractional body composition of athletic and non - athletic boys. Szmodis I,

Szabó T, Mészáros J. (eds.) International Round-Table Conference on Sports Physiology. Budapest. 1992: 205-212.