



# CICLISMO Y AERODINÁMICA

Álvaro Velázquez Gutiérrez

**La aerodinámica es la ciencia que estudia cómo un objeto sólido se desplaza a través del aire. Aplicada al ciclismo, la aerodinámica consiste en cómo un ciclista y su bicicleta se enfrentan a la resistencia del aire, creada por su movimiento hacia delante y la dirección e intensidad del viento en cada momento. En este artículo, Álvaro Velázquez, triatleta de larga distancia de gran nivel y reconocido experto en el tema, nos habla de las claves para mejorar la aerodinámica sobre la bicicleta.**



## La importancia de la aerodinámica

Tradicionalmente los ciclistas se han centrado en la reducción de peso para mejorar su rendimiento, pero mientras que en subidas prolongadas es cierto que el peso es el principal enemigo, en llano, a 40 km/h, el 80% de la resistencia que tiene que vencer un ciclista es la que ofrece el viento.

De esto se dieron cuenta los triatletas desde el principio, probablemente debido a que el segmento ciclista en triatlón tiende a ser llano, pero sobretodo por el hecho de que en sus orígenes el triatlón se disputaba siempre en modalidad sin 'drafting', es decir, estaba prohibido aprovechar la estela de otros triatletas, por lo que la influencia del viento se hacía evidente.

Esto se materializó pronto en la invención del denominado manillar de triatleta, que fue utilizado en ciclismo por primera vez por Greg Lemond en la contrarreloj final del Tour de 1989 y que le sirvió para vencer a Laurent Fignon y llevarse el Tour por pocos segundos.

Hoy en día ya es un hecho completamente aceptado y no hay equipo ciclista profesional serio que no haga pasar a sus figuras por el túnel del viento para optimizar su aerodinámica. Pero a nivel más popular aún no hay conciencia de la magnitud de este factor, y aún imperan conceptos e ideas completamente equivocadas.

La idea que se escucha con más frecuencia es, que la aerodinámica es importante

para los profesionales, que circulan a velocidades cercanas a los 50km/h en pruebas contrarreloj, pero que a velocidades más mundanas el efecto del viento no es tan significativo, y sigue siendo más rentable llevar una posición más cómoda que permita desarrollar más potencia, o unas ruedas más ligeras. Si bien es cierto que la resistencia del viento aumenta con el cuadrado de la velocidad, lo que quiere decir que cuanto más rápido se va más potencia es necesaria para ir más rápido aún (cuesta más pasar de 40 a 41km/h que de 30 a 31km/h); también lo es que a menor velocidad más tiempo nos lleva recorrer una distancia determinada, y paradójicamente el efecto neto de las mejoras aerodinámicas es mayor para el ciclista más lento que para el más rápido.

Del total de la resistencia aerodinámica que presenta el conjunto ciclista-bicicleta, el primero supone el 75% frente al 25% de la bicicleta, por tanto es lógico centrar la mayor parte del esfuerzo en optimizar la posición del ciclista.

El objetivo es reducir al máximo el área frontal del ciclista y las turbulencias que genera, afectando lo menos posible a la comodidad y a la capacidad de desarrollar potencia. Por desgracia lo normal es que éstos sean objetivos contrapuestos, y la posición más aerodinámica posible rara vez es la más cómoda, y además suele afectar nega-

tivamente a la capacidad del ciclista para mantener una potencia elevada durante mucho tiempo. Se trata por tanto de llegar a una solución de compromiso ópti-

**Del total de la resistencia aerodinámica que presenta el conjunto ciclista-bicicleta, el primero supone el 75% frente al 25% de la bicicleta**

ma, que es aquella que nos permite mantener la mayor velocidad media en la distancia de nuestra competición.

En este punto es donde suele haber otro error de concepto importante. Normalmente se considera inaceptable una posición que comprometa la capacidad de mantener la misma potencia que en la bici de carretera convencional, pero lo cierto es que las ganancias en velocidad que supone una reducción de la resistencia aerodinámica compensan en ocasiones con creces una pequeña reducción en vatios sostenibles. Como ejemplo de esto, cuando Chris Boardman superó los 56km/h en



Pruebas con ruedas Hed en el túnel de viento de San Diego (EE.UU.)

el récord de la hora, utilizando la posición denominada 'superman' y pulverizando la marca que había hecho Miguel Indurain poco antes, necesitó aproximadamente 100w menos que éste, es decir, fue mucho más rápido durante una hora con una potencia un 20% inferior. En mi caso particular, la diferencia de potencia que puedo mantener durante una hora en la bicicleta contrarreloj frente a la de carretera es de un 10%, y aún así consigo una velocidad media en llano 5 ó 6km/h superior.

### La posición sobre la bicicleta

Existen una serie de normas básicas para adoptar una posición aerodinámica correcta, normas que aplican a todos los ciclistas y que permiten obtener una posición cercana a la ideal a cualquiera sin necesidad de visitar un túnel del viento.

La primera consiste en apoyar los codos o antebrazos sobre el manillar y sujetar las manos a unas extensiones adelantadas. Esto baja el tronco a la vez que lo estrecha. Lo ideal es bajar lo suficiente para que el tronco quede en posición horizontal, eliminando la exposición del pecho o sustituyéndola por los hombros, que ofrecen un área frontal mucho menor.

Los brazos deben quedar mucho más juntos que en posición convencional, siendo la separación máxima entre ambos la de las caderas del ciclista, de forma que visto desde delante, los brazos cubran las piernas.

Este desplazamiento hacia abajo del tronco provoca una reducción del ángulo formado entre el tronco y el fémur en el punto más alto del ciclo del pedal, así como un mayor estiramiento de la cadena muscular posterior de la espalda y la pierna. Estos dos factores son los que hacen difícil mantener la misma potencia en posición aerodinámica que en posición convencional, y también los que hacen que sea más incomoda.

La solución pasa por adelantar y subir el sillín, de forma que el ángulo fémur-tronco se abre. En realidad lo que hacemos es tomar la posición convencional y rotarla hacia delante. Esta operación está limitada en el caso del ciclismo por la normativa UCI que prohíbe adelantar la punta del sillín más de 5cm por detrás de la vertical del eje de pedalier, haciendo que lograr una posición óptima sea muy difícil, especialmente para ciclistas de menor estatura.

Todos estos cambios provocan una redistribución del peso del ciclista hacia delante, trasladándolo del sillín al manillar por un lado, y de los huesos de la pelvis a partes más delicadas de la anatomía por otro. Y es por este motivo que lograr una posición aerodinámica cómoda y efectiva es tarea complicada.

Existe una serie de reglas e ideas preconcebidas sobre los ángulos que deben formar las extremidades del ciclista para conseguirlo, pero yo no estoy muy de acuerdo con ellas. Cada cuerpo es distinto, tanto en dimensiones como en proporciones y rangos de movimiento, por lo que una vez aplicadas las normas básicas explica-



Marcel Zamora.

**Un buen par de ruedas aerodinámicas puede suponer una diferencia de entre 2 y 3 minutos en una contrarreloj de 40km frente a unas ruedas de radios con llanta sin perfil.**

das anteriormente, debe ajustarse la posición de forma individual, pero no midiendo ángulos, sino evaluando sensaciones y midiendo la potencia del ciclista.

Esto en cuanto a criterios biomecánicos. En lo que respecta a aerodinámica, que es el tema de este artículo, reducir la resistencia al mínimo pasa por aplicar estas normas básicas y después afinar en función de las características de cada uno. Este afinamiento es importante y sólo es posible optimizarlo en el túnel del viento o con rigurosos tests de campo.

#### La bicicleta

Por todo lo expuesto hasta aquí, el componente de la bicicleta más importante a la hora de mejorar la aerodinámica del conjunto ciclista-bicicleta es el ya mencionado manillar de triatlético. No tanto por la reducción de la resistencia que su diseño ofrece respecto a un manillar convencional (que existe y no es en absoluto despreciable), sino porque permite al ciclista adoptar una posición óptima, y como ya hemos dicho, el ciclista supone tres cuartas partes de la resistencia al avance provocada por el viento.

Pero el hecho de que la bicicleta suponga solo el 25% de la resistencia aerodinámica no implica ni mucho menos que sea un factor que deba descuidarse. En ciclismo las etapas contrarreloj se ganan o se pierden por diferencias de pocos segundos, mientras que en triatlón de larga distancia sin drafting la duración del segmento ciclista hace que una pequeña diferencia tenga el potencial de traducirse en varios minutos de ventaja.

Así pues, en los últimos años el desarrollo de material ciclista con cualidades aerodinámicas optimizadas ha dado un salto tremendo, tanto cuantitativo como cualitativo, y tanto los profesionales como el usuario medio se han vuelto mucho más exigentes en este aspecto. Prácticamente todas las marcas importantes del sector ofrecen ya material de este tipo, e incluso han surgido otras muchas nuevas especializadas. Aparte del mencionado manillar, los componentes básicos de la bicicletas son el cuadro y las ruedas, y de su diseño depende no sólo el comportamiento y manejabilidad de la bici sino la resistencia que ofre-

cen al viento y por tanto la velocidad que permiten obtener y mantener.

En el apartado de cuadros, la ventaja de uno con tubos perfilados respecto a otro con tubos redondos convencionales se estimó ya hace años por John Cobb y Jim Martin, observando que oscilaba entre 30 segundos y dos minutos en 40km a 50km/h. Hoy en día los diseños han mejorado mucho más allá de dar forma a los tubos, e incluso existen diferencias significativas entre los modelos específicos de las principales marcas del sector. La diferencia entre los cuadros con mayor y menor resistencia, de ese estudio, se traduce en casi 8 minutos en 180km.

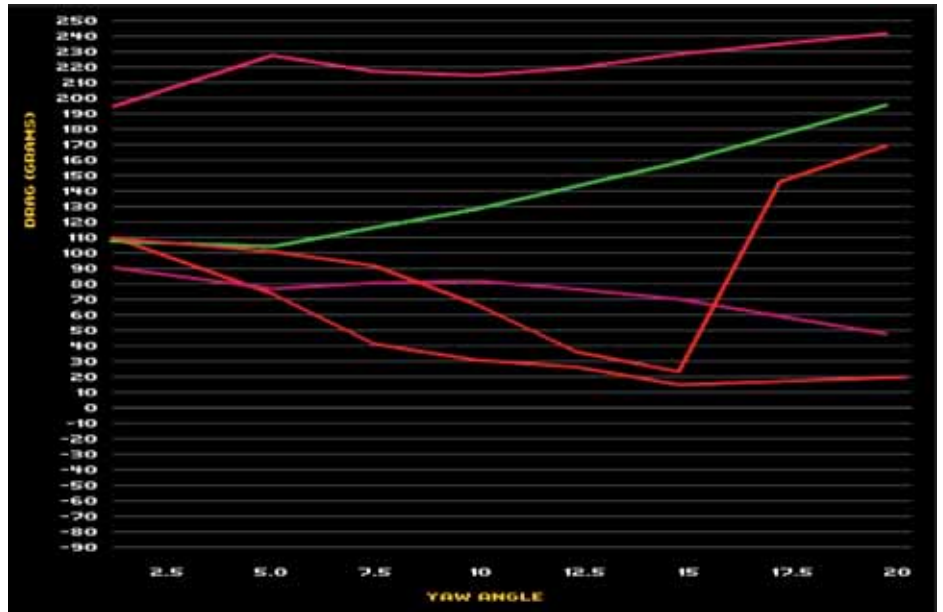
Evidentemente estamos hablando de diferencias importantes y significativas, que hacen más que recomendable investigar qué marcas invierten en investigación y desarrollan sus cuadros utilizando

ensayos en túnel del viento y cuáles se dejan llevar por criterios de diseño y moda. Que un cuadro parezca aerodinámico no significa que lo sea, y si lo que nos importa es el rendimiento por encima de la estética es buena idea informarse bien antes de comprar.

En lo que respecta a ruedas, la cosa se complica por dos motivos: por una parte, porque afectan a la conducción y a la manejabilidad de la bicicleta en función de la intensidad del viento; y por otra, porque la rueda óptima es distinta en función de las condiciones de viento y las características del circuito.

Un buen par de ruedas aerodinámicas puede suponer una diferencia de entre 2 y 3 minutos en una contrarreloj de 40km frente a unas ruedas de radios con llanta sin perfil. Una vez más, en contra de la creencia general, la ventaja es mucho mayor a velocidades más lentas que más rápidas. La ventaja de una rueda con perfil ancho es generalmente mayor cuanto mayor es el ángulo del viento aparente, que es función de la velocidad, reduciéndose cuando ésta aumenta. Por tanto, el triatleta medio que realiza el parcial ciclista de un Ironman en 6 horas se beneficia más de una buena elección de ruedas que un ciclista profesional en una contrarreloj individual.

Como ya dije, la elección óptima de ruedas depende mucho de las condiciones de viento y del tipo de circuito. El comportamiento de unas y otras se ve influenciado



Gráfica 1.

do por el ángulo del viento aparente, que depende de nuestra velocidad, por lo que conviene estudiar bien el trazado y las condiciones que podemos encontrar en cada prueba. Por supuesto no todos podemos permitirnos tener un juego de ruedas para cada carrera concreta, pero una vez más un poco de investigación puede ayudarnos a optimizar la inversión.

El gráfica 1 ha sido extraído a modo de ejemplo de la web de HED ([www.hedcycling.com](http://www.hedcycling.com)), pionero en la investigación y desarrollo de ruedas aerodinámicas. En dicha página podemos encontrar una explicación mucho más detallada sobre lo que es el ángulo de viento aparente y cómo afecta a la elección y el comporta-

miento de nuestras ruedas en distintas condiciones. Allí podremos descubrir cosas muy interesantes y sorprendentes, como que por ejemplo una rueda lenticular es mucho más ventajosa cuando el viento es muy fuerte, o la rueda de mayor perfil no es siempre la mejor.

Realmente se trata de un tema complejo y apasionante, en el que es difícil dar recetas generales, y cada uno debe investigar y decidir en función de su caso particular. ●

Visita la página web de Álvaro Velázquez en: [www.planetri.com](http://www.planetri.com)

www.triwww.com

Asociación benéfica para ayudar a personas con discapacidad



TRi W.W.W.  
World Winners Way

The Way Beyond ... Able

Charity to support people with disabilities

www.triwww.com