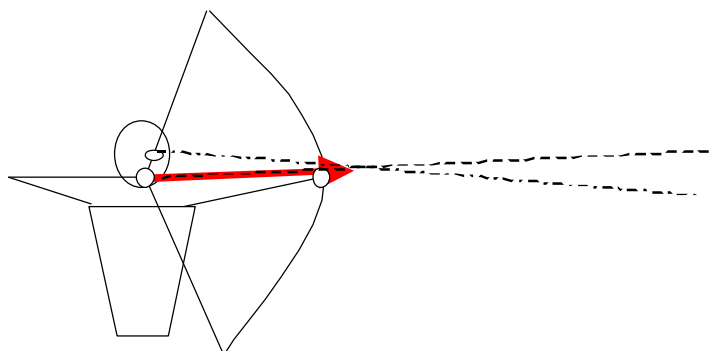


## ¿PORQUÉ SI ARRIBA, MÁS ARRIBA Y SI ABAJO, MÁS ABAJO?

Uno de los primeros consejos que se da a los arqueros en cuanto comenzamos a practicar el tiro en bosque, es que en los tiros hacia abajo, hay que apuntar bajo, y en los tiros hacia arriba, hay que apuntar alto. Lo cierto es que cuando lo ponemos en práctica resulta que es verdad, pero ¿Por qué?

Este artículo solo es una explicación técnica de este efecto, no pretendo polemizar sobre la forma de tirar, sobre la puridad o no del tiro instintivo, o sobre la forma de apuntar con un arco u otro. Lo cierto es que lo que veremos a continuación es válido para cualquier arma, tanto arcos como armas de fuego, solo es física aplicada. Aunque en nuestro caso la aplicaremos solo al tiro con arco.

Para poder avanzar en la explicación comenzaremos por establecer algunas definiciones.



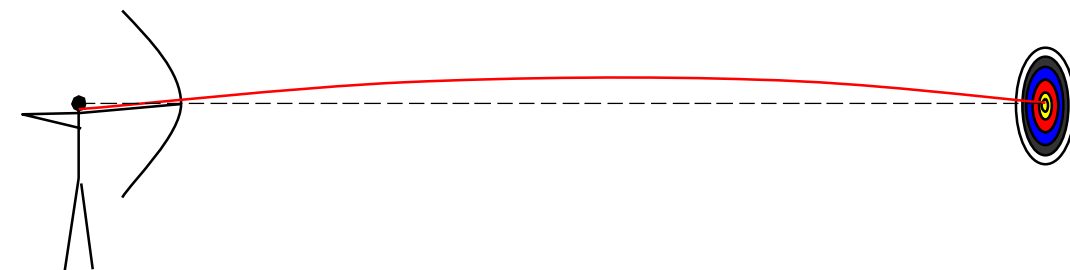
Llamaremos **visual** a la recta que desde el ojo que apunta, pasa por la punta de la flecha en los arcos desnudos, por el dioptero y el pin de puntería en los poleas, o por el alza y la mira en las armas de fuego.

**Trayectoria** es el recorrido que describe el proyectil,

flecha o bala. Siempre es una parábola.

**Línea de trayectoria** es la tangente a esta parábola en el momento del disparo, es la línea recta que prolonga la flecha justo antes del disparo, o la prolongación del cañón en las armas de fuego.

Por último llamaremos **rasante** a la distancia a la cual se consigue hacer blanco con una visual totalmente horizontal. La rasante es una cualidad distintiva de cada arma y distinta para cada una de ellas. También se nos ha explicado que con un arco de unas 50 libras, si colocamos la diana en la punta de nuestra flecha, acertaremos a un blanco que se encuentre a la altura de nuestros ojos a una distancia de entre 35 y 40 metros, dependiendo de la flecha que utilicemos, a esa distancia es a la que denominamos rasante de ese arco.



Lo que proponemos, y la física confirma que es así, es que cuando intentamos repetir el experimento con un blanco que aún estando a la misma distancia, se encuentre por debajo de la horizontal más de 10 grados, para menos el efectos es casi despreciable, la flecha se nos va a quedar alta, y si lo hacemos por encima de la horizontal, la flecha se nos quedará baja.

Solo es cuestión de física aplicada, y de un poco de matemáticas.

Lo primero que hay que constatar es que la visual y la línea de trayectoria forman diferentes ángulos con la horizontal, y el mismo ángulo entre ellas, o así debemos considerarlo, sea cual sea el tiro que realicemos, ver figura 1. Esto que siempre es cierto con las armas de fuego, es más difícil de asegurar con los arcos, con todos, ya que al tirar hacia arriba o hacia abajo, no siempre corregimos la posición del tronco, y por lo tanto el ángulo en cuestión puede sufrir ligeras variaciones. Pero como en todos los supuestos técnicos, hemos de partir de unas constantes fijas. Por lo tanto supondremos que el ángulo entre la visual y la línea de trayectoria se mantiene fijo y constante.

Solo es cuestión de resolver dos ecuaciones y encontrar el punto de intersección entre visual y trayectoria en función de cada ángulo de disparo.

La visual es una recta, cuya fórmula en función del ángulo es:

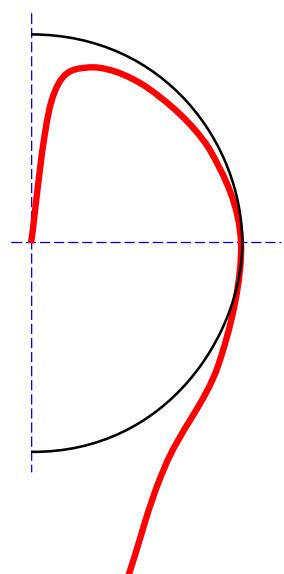
$$y = x \cdot \text{tang } \alpha$$

La trayectoria es una parábola, muy conocida en balística, en la que intervienen dos constantes para cada proyectil; su masa y la fuerza de la gravedad, pero que para este supuesto agruparemos en una constante que llamaremos C, quedando por tanto la ecuación:

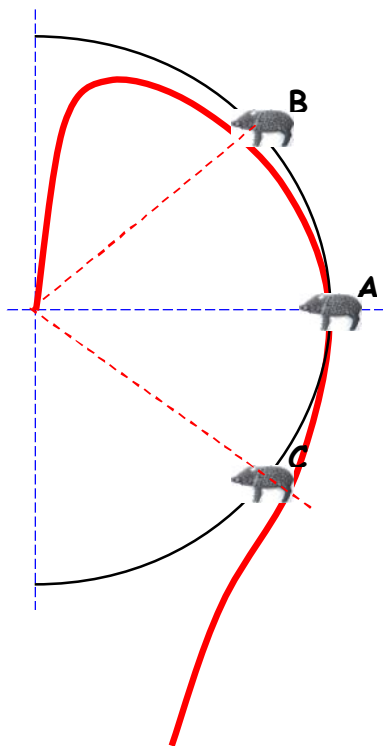
$$y = x \cdot \text{tang } \beta - x^2/C \cdot (1 + \text{tang}^2 \beta)$$

Por último, para poder resolver el sistema es necesario relacionar los dos ángulos,  $\alpha$  y  $\beta$ , pero ya hemos establecido que la diferencia entre ambos es constante, supongamos una diferencia de  $5^\circ$ , por tanto estableceremos que:

$$\alpha = \beta + 5$$

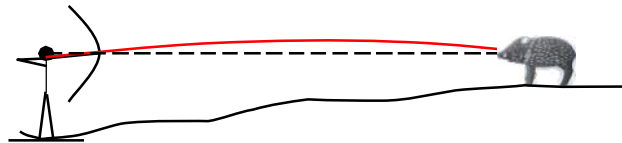


Si resolvemos el sistema de ecuaciones para diferentes ángulos, obtendremos una función resultante cuya representación es la línea roja de la figura 3, que al superponerla sobre una circunferencia ideal, con el mismo radio que la rasante, comprobamos como se acorta por encima de la horizontal y se alarga por debajo.

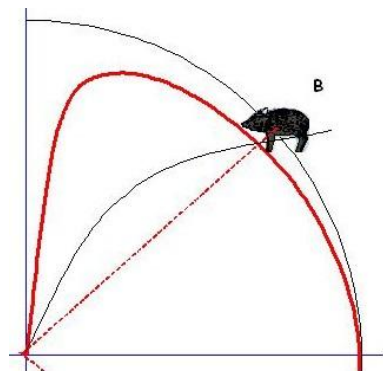


A la luz de lo que se ha explicado, analicemos cada una de las tres posibilidades de tiro que se proponen en la figura.

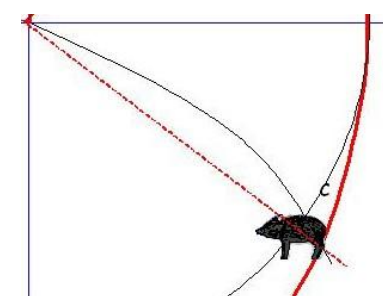
En el caso A, la diana está a la altura de los ojos, por tanto, la visual y la trayectoria coinciden en el blanco situado a la distancia de rasante del arco.



En el caso B, la diana está situada muy por encima de los ojos, ya hemos dicho que para ángulos menores de  $10^\circ$  el efecto es casi imperceptible, lo que determina la física es que si apuntamos igual que en el caso anterior, la trayectoria cortará la visual delante de la diana y por lo tanto el tiro se quedará corto. Por lo tanto deberemos hacer una corrección tirando por encima de la diana para poder acertar.



Lo contrario sucede en el caso C, en que el blanco se encuentra por debajo de los ojos, por lo tanto si apuntásemos con la misma visual que en el primer caso, la trayectoria cortaría la visual detrás del blanco y por lo tanto tendremos que bajar el arco para acertar.



Todo esto no es más que una rápida aplicación de la física a nuestro deporte y explica el título de este artículo;

**¿PORQUÉ SI ARRIBA, MÁS ARRIBA Y SI ABAJO, MÁS ABAJO?**