

CAPITULO III

EL CONTEXTO FUNCIONAL DE LA CAZA

En el Capítulo II quedó expresada la variabilidad de equipos y técnicas de caza con base en información etnográfica y etnohistórica, analizando además las relaciones entre las variables morfo-dimensionales que definen los diseños de los arcos y flechas. En este Capítulo se desarrolla la mecánica de funcionamiento de los sistemas técnicos de caza y la relevancia de las propiedades-físico mecánicas de las materias primas empleadas en sus manufacturas –rocas y maderas- para lograr diseños eficaces.

3.1. MECANICA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS TECNICOS

El funcionamiento mecánico de un sistema técnico determina su *performance*, es decir define sus alcances y limitaciones, constituyendo éstas últimas sus condicionamientos o limitantes *-constraints*. Como hemos mencionado -ver Capítulo I-, este aspecto interacciona con otras variables -ambientales, etológicas y sociales- que definen la configuración de una organización tecnológica particular, en este caso el de la caza.

Los equipos de caza son sistemas técnicos (*sensu* Bleed 1986) –ver Apéndice 1- que poseen una mecánica de funcionamiento específica, a los que podemos clasificar en función de su capacidad o no de almacenar energía. A saber:

- a) Sistemas con almacenamiento de energía:
 - Arco y flecha: la punta lítica es enastilada en un astil, conformando una flecha propulsada por arco.

- b) Sistemas sin almacenamiento de energía:
 - Lanza arrojada a mano: la punta lítica es enmangada en un dardo y propulsada mediante fuerza muscular.
 - Lanza arrojada con atlatl: la punta lítica es enmangada en un dardo y propulsada mediante fuerza muscular mediante el uso de un propulsor.
 - Armas de mano penetrantes: la punta lítica es enmangada en un mango y penetra al blanco sin ser propulsado.

Obsérvese que los cinco tipos de sistemas técnicos, cuentan con puntas líticas enmangados. Sin embargo, tan sólo las flechas y las lanzas arrojadas a mano con o sin *atlatl* son realmente proyectiles. Estos son los que sufren cargas de choque y/o impacto y responden a las Leyes Físicas de la cinemática sobre trayectoria de proyectiles. La honda y el bumerang también lo son; pero se diferencian por golpear su blanco, no por penetrarlo. En cambio, las armas de mano no realizan una trayectoria de vuelo antes de penetrar su blanco. Por lo tanto, a pesar que la morfología de las puntas puede no variar con respecto a las puntas de proyectil, no los transforma en *proyectiles*. Esto significa que están sometidos a Leyes Físicas no cinemáticas.

En resumen, puede plantearse que la mecánica de funcionamiento de los distintos sistemas técnicos es la base para comprender la interrelación entre los modos de lanzamiento, los tipos de trayectorias y las características del impacto de los proyectiles y los componentes que conforman un sistema técnico determinado. Diferenciar los sistemas técnicos arqueológicos sometidos a distintas leyes de la Física se constituye en un indicador importante para generar un modelo de asignación funcional de las puntas líticas arqueológicas –ver Capítulo V.

3.2. SISTEMAS TÉCNICOS SOMETIDOS A LAS LEYES DE LA CINEMÁTICA

Una forma de evaluar la *performance* del arco y flecha y de las lanzas arrojadas a mano, con o sin *atlatl*, es a través del alcance, eficacia de tiro y penetración con base en la mecánica newtoniana. Al respecto, se cuenta con información proveniente de fuentes diferentes: (a) estudios experimentales (Browne 1940, Peets 1960, Howard 1974, Odell y Cowan 1986, Frison 1989, Ratzat 1999, Martínez 1999, Shea *et al.* 2001); (b) utilización de fuentes etnográficas (Pope 1918, 1923, Thomas 1978, Churchill 1993, Shott 1993, Cattelain 1997); (c) recopilaciones generales (Dickson 1983, Blehr 1990, Knetch 1997 a, Muñoz Ibáñez 1999), y (d) trabajos teóricos (Ratto 1988, 1989, Cotterell y Kamminga 1990, Wilhelmsen 200, Schmitt *et al.* 2003). Cabe destacar que la mayoría de los autores, especialmente los que realizaron los primeros trabajos, no especifican las condiciones iniciales del experimento, dado que datos claves sobre las características del sistema técnico (largo, peso, tipo de madera, entre otros) no son suministrados. En la Tabla 3.1 se expresa el alcance, eficacia de tiro y penetración de la lanza arrojada a mano, con y sin *atlatl* y del arco y flecha. Asimismo, se ofrecen datos complementarios sobre su manufactura y rendimiento, cuando éstos están disponibles.

Autor	Sistema técnico	Alcance (m)	Eficacia de tiro	Penetración (cm)	Características del sistema
Browne	LANZA con	74	insegura	4	Dardos de largos diferentes

(1940)	ATLATL		(6 blancos sobre 36 tiros)	(tiro a 27m y blanco de madera)	manufacturados con madera dura
Hill (1948)*	LANZA con ATLATL	43	insegura	Sin dato	Dardos de "peso medio"
Peets (1960)	LANZA con ATLATL	57	Sin dato	Sin dato	Dardo pesado
Hobbs (1963)*	LANZA con ATLATL	35	insegura	Sin dato	Sin dato
Howard (1974)	LANZA con ATLATL	59	medio segura	Sin dato	Peso = 166 gr . Largo = 193 cm..
Spencer (1976)*	LANZA con ATLATL	46-55	Sin dato	Sin dato	Sin dato
Palter (1976)*	LANZA con ATLATL	108 Dato etnográfico	Sin dato	Sin dato	Peso promedio 250 gr.
Odell y Cowan (1986)	LANZA con ATLATL	4-5 (Distancia preestablecida)	insegura	X : 15.03 s : 6.08 N : 34 Blanco: perros muertos	Dardo con intermediario. Largo total 2 m
Frison (1989)	LANZA con ATLATL	20 (Distancia preestablecida)	medio segura (efecto hooking)	22-27 Blanco: elefantes adultos y juveniles Angulo de penetración: 9-11 grados	Dardo: Largo = 200 cm, Diámetro = 14-16 mm, Peso = 365-950 grs intermediario y cabezal: Largo = 22-27cm Diámetro = 26-33 mm Peso = 30-69 grs Madera = Arbusto liviano y de alta resistencia
Cotterell y Kamminga (1990)	LANZA con ATLATL	90-125 Dato etnográfico	medio segura (efecto hooking)	Angulo de penetración teórico: 5-10 grados	dardo: 250 grs. Velocidad: 31 m/seg energía cinética: 170 Joules.
Churchill (1993)	LANZA con ATLATL	X: 39.6 s: 5.5 N: 9 Dato etnográfico	Sin dato	Gran poder de penetración	Sin dato
Cattelain (1997)	LANZA con ATLATL	Tiro preciso: 20-30 m Dato etnográfico	Menos segura que arco y flecha	Sin dato	Largo: 140-300 cm Peso: 150-600 grs.
Howard (1974)	LANZA de MANO	32	insegura	Sin dato	Peso = 166 grs Largo = 193 cm
Cotterell y Kamminga (1990)	LANZA de MANO	35-60 -Tasmanianos-	insegura -efecto hooking-	Angulo de penetración teórico: 5-10 grados.	Dardo: 600 grs. Velocidad: 22 m/seg Energía cinética: 240 Joules.
Churchill (1993)	LANZA de MANO	X: 7.8 s: 2.2 N: 14 Dato etnográfico	insegura	Sin dato	Sin dato
* citados en Dickson (1983)					
Continúa					
Viene de página anterior					
Autor	Sistema técnico	Alcance (m)	Eficacia de tiro	Penetración (cm)	Características del sistema
Pope	ARCO Y	Tiro libre: 140:	segura	11	Arco: 40 libras, 1,14 m de largo.

(1918,1923)	FLECHA	Tiro efectivo: 27		(paja compacta y hule)	Flecha: Largo: 74cm, Diámetro: 9mm, Peso: 28gr
Browne (1940)	ARCO Y FLECHA	27 (Distancia preestablecida)	segura (31 blancos sobre 36 tiros)	3,6 (Blanco de madera)	Sin dato
Odell y Cowan (1986)	ARCO Y FLECHA	10-12 distancia preestablecida	segura	X: 10,75 s: 6,56 N: 55 Blanco: perros muertos.	Arco: 45 libras Draw weight: 71 cm
Cotterell y Kamminga (1990)	ARCO Y FLECHA	Grandes distancias	segura	gran poder de penetración	Arcos indígenas: 200 Newton Draw: 700mm
Blehr (1990)	ARCO Y FLECHA	Tiro libre: 68-82 Tiro efectivo: 27 máximo: (Esquiimales)	segura	Sin dato	Sin dato
Churchill (1993)	ARCO Y FLECHA	X: 25,8 s: 2.4 N: 25 Dato etnográfico	segura	Menor que la lanza propulsada con <i>atlatl</i>	Sin dato
Cattelain (1997)	ARCO Y FLECHA	Limite tiro seguro: 45 m	segura	Sin dato	Largo flecha: 43-110 cm Peso flecha: 15-30/40 grs. No considerados casos amazónicos
Wilhelmsen (2001)	ARCO Y FLECHA	Sin dato	segura	18-24 recopilación bibliográfica	Sin dato
X = promedio s = desviación standard N = número de casos					

Tabla 3.1 - Datos bibliográficos sobre alcance, eficacia de tiro, penetración y otras características de los sistemas técnicos.

La Tabla 3.1 refleja una gran variabilidad en las observaciones realizadas y los datos relevados. La variable eficacia de tiro fue consignada en forma cualitativa; en cambio, el alcance y la penetración se consignan sobre base cuantitativa, aunque cambia la resistencia de los blancos y esto dificulta la comparación. Muchos de los trabajos citados en la tabla no deben clasificarse como experimentos. Esto es porque no especifican las condiciones iniciales del mismo -peso, largo, diámetro del arma utilizada, materias primas utilizadas en su manufactura, entre otras, debiéndolos considerar como experiencias. A pesar que lo expuesto puede ser una primera explicación en la variabilidad de los datos recogidos sobre alcance y penetración de los sistemas técnicos -Tabla 3.1-; también puede considerarse que la variabilidad responde a una razón de orden Físico. En la Tabla 3.2 se brindan los rangos de variación obtenidos para las variables alcance y penetración. Esto le dará al lector una imagen general de la situación y permitirá plantear con mayor claridad el desarrollo del tema desde el plano de la Física, que se realizará en la próxima sección.

SISTEMA TECNICO	ALCANCE (m)	PENETRACION (cm)
LANZA arrojada con ATLATL	Tiro libre: 35 - 74 Tiro efectivo: $39 \pm 5,5$	4 - 27
LANZA arrojada a MANO	Tiro libre: 32 Tiro efectivo: $7,8 \pm 2.2$	15 ± 6.08
ARCO y FLECHA	Tiro libre: 140 Tiro efectivo: $25,8 \pm 2.4$	$10.75 \pm 6,56$

Tabla 3.2 - Alcance y penetración de los sistemas técnicos -extraídos de Tabla 3.1.

Es importante plantear la diferencia entre alcance libre y efectivo. El primero es la distancia que recorre el sistema técnico, desde su lanzamiento hasta que cae al terreno. Su trayectoria de vuelo se representa por una parábola. En cambio, el alcance efectivo representa la distancia en la que el proyectil tiene energía suficiente para impactar un blanco, ya sea penetrándolo o tumbándolo. Ello es debido a que la acción de la resistencia del aire le hace perder energía (Staricco 1967, Cotterell y Kamminga 1990, Wilhelmsen 2001) y por lo tanto poder de impacto. La fricción del aire actúa sobre el sistema técnico hace que la energía disminuya en función de la distancia recorrida, perdiendo en consecuencia, poder de penetración. Por lo tanto, el alcance libre, producto de un tiro libre, no es representativo para describir acciones de caza.

El alcance efectivo de los sistemas técnicos es mejor evaluado a través de registros etnográficos donde realmente se reflejan acciones de caza. En esos casos, puede accederse al tipo, tamaño y edad de la presa cazada (Churchill 1993). La resistencia conjunta del cuero y la masa muscular varía en relación a la especie y la edad de los individuos (Frison 1989, Miller y Karmas 1985, Angelinetti y Eguens 1985). Además, esa coraza ejerce una fuerza contraria que actúa sobre los componentes de la punta lítica, esté enastilada en astil o en dardo. Por lo tanto, la penetración que logra un proyectil depende de (a) su energía al momento del impacto y (b) de la resistencia del blanco.²²

²² El cuero y masa muscular de los animales es su *blindaje*. Lamentablemente no existen estudios sistemáticos para evaluar la resistencia mecánica de los cueros de los camélidos sudamericanos silvestres. Sin embargo, una estimación teórica del problema es posible de realizarse a través de la distribución y disposición de las fibras de colágeno, ya que de éstas dependen de las propiedades mecánicas del cuero. El *corium* del cuero de los animales está compuesto por una mezcla de fibras de colágeno agregadas que oscilan entre 20-200 micrones de diámetro, subdivididas en fibras y fibrillas de menor tamaño (Dillon *et al.* 1962). Existe evidencia experimental para afirmar que el colágeno incrementa su estabilidad con el avance de la edad del animal, produciendo diferencias significativas en el cuero de animales neonatos y adultos. Esto se debe a que los espacios interfibrilares, rellenos de aire y característicos de los cueros de animales muy jóvenes, son reemplazados y ocupados por fibras de mayor

La eficacia de tiro depende de los limitantes propios de cada sistema técnico y de la pericia del tirador . A su vez, de éstas dependen el alcance y la penetración desarrollados por el proyectil. Los limitantes son todas aquellas restricciones del sistema técnico ocasionadas por su diseño, incluido las materias primas empleadas en la manufactura, la mecánica de su propulsión y su estabilidad durante la trayectoria de vuelo. La habilidad del tirador se refiere al control que tiene el hombre sobre su sistema técnico, por ser uno de los medios por el que captura energía y hace a la supervivencia del grupo. La evaluación de la eficacia de tiro de un sistema es uno de los principales problemas en los trabajos experimentales. Las pruebas son realizadas por deportistas de tiro con arco y/o jabalina, situación que permitiría clasificarlos como tiradores competentes. Sin embargo, no consideramos válido, ni prudente, realizar una relación de analogía directa con situaciones del pasado. La pericia de tiro de un cazador del pasado es difícil de evaluar.²³ Por otro lado, las observaciones etnográficas constituyen un medio más confiable para evaluar la eficacia de tiro de un sistema técnico. Los datos obtenidos dan cuenta tanto de su contexto de uso -tipo de ambiente, tamaño y etología de la presa cazada-, como de sus características técnicas -materias primas utilizadas, peso, diámetro y largos. Los datos relevados pueden ser tanto de tipo cuantificados como cualitativos. Este hecho es crucial para contrastar modelos arqueológicos. Por lo tanto, para estimar la eficacia de tiro y su alcance y penetración, el análisis debe centrarse en los limitantes propios del sistema técnico: diseño, mecánica de propulsión y trayectoria de vuelo. Este tema será tratado en la próxima sección.

3.2.1. Diseño, mecánica de propulsión y trayectoria de vuelo de los proyectiles

El cazador, al diseñar y adoptar un equipo de caza, conoce cuál es la fuerza de impacto necesaria para penetrar y/o tumbar a las presas. De esta forma, la resistencia del cuero y masa muscular del animal pasan a ser parámetros dentro de la investigación. Al cazador se le presentan las siguientes alternativas:

- a- incrementar la masa del sistema técnico, o
- b- incrementar su velocidad

Cotterell y Kamminga (1990) compararon la mecánica de funcionamiento de distintos sistemas técnicos: lanza arrojada a mano, lanza arrojada con *atlatl*, bumerang, honda y arco y flecha. Los sistemas técnicos con puntas

diámetro. Por lo tanto, a mayor edad del animal la estructura del cuero se presenta más densa y compacta (Miller y Karmas 1985). Por debajo de las capas que conforman la estructura del cuero -epidermis, grano, corium-, se encuentra la masa muscular.

²³ Miles de años de empiria y de relación directa entre el hombre y su ambiente dificultan sensiblemente su evaluación actual. Esto es como aprender a conducir un auto en un circuito cerrado, y al día siguiente, con el mismo auto, circular un día laborable por el centro de la ciudad de Buenos Aires al mediodía. Con este ejemplo quiero expresar, que en los estudios experimentales el gran ausente es el escenario de uso de los sistemas técnicos, que en definitiva es el que plantea las presiones.

líticas presentan relaciones diferentes de masa, velocidad inicial y energía de propulsión del proyectil. Estas diferencias responden a sus diseños específicos y formas de propulsión. A su vez, estos determinarán trayectorias de vuelo disímiles, especialmente contraponiendo la lanza, independientemente de la utilización o no del *atlatl*, a la flecha.

Desde la perspectiva mecánica, la masa otorgada al sistema técnico es una de las principales variables que hacen a su diseño. La masa está principalmente conformada por el astil y/o dardo, según el sistema en cuestión, siendo la masa de la punta lítica no significativa dentro del conjunto general. Por lo tanto, el largo, diámetro y peso específico de la madera utilizada en su manufactura son los que determinan su masa. En general, la masa puede equipararse al peso del sistema. Asimismo, la forma de propulsión se relaciona con la división realizada entre sistema con y sin almacenamiento de energía –ver más arriba. La energía aplicada es la que le otorga una velocidad de salida inicial al proyectil. A modo de estudios comparativo, se calculó la energía potencial diferencial de los arcos fueguinos –ver Apéndice 1. Si el sistema técnico no almacena energía, como en el caso de las lanzas arrojadas -con o sin uso de propulsor-, la energía potencial la aporta la musculatura humana. La energía potencial se convierte en energía cinética en el momento que la flecha o dardo es liberada.

La literatura etnográfica ofrece ejemplos para visualizar las diferencias planteadas. En la Tabla 3.3 se presenta la relación entre masa, velocidad y energía de diferentes sistemas técnicos. Obsérvese la relación inversa existente entre la masa del proyectil y su velocidad inicial. En general, se acepta que la flecha obtiene su penetración por aumento de la velocidad y la lanza y/o dardo por aumento de la masa (Browne 1940, Brues 1959, Dickson 1983, Wilhelmsen 2001, entre otros).

En resumen, la masa y energía de propulsión del sistema técnico, determinarán su alcance y poder de penetración. Pero, una vez que el proyectil es lanzado entran en juego dos nuevas variables: (a) la resistencia ofrecida por el aire, y (b) el tipo de trayectoria de vuelo y las fuerzas de impacto generadas.

SISTEMA TECNICO	GRUPO ETNOGRAFICO	MASA grs.	ENERGIA joule	VELOCIDAD m/seg
Lanza arrojada a mano (50 m)	Tasmanianos *	600	240	22
Lanza arrojada con <i>atlatl</i> (100 m)	Australianos *	250	170	31
Flecha propulsada por arco de 200N –equivale a 20 kgm.	Etnias de EEUU **	30	168	148,5

Flecha propulsada por arcos de 17.5 kgm (prom) ***	Selk'nam	17	147	130
		35	147	91
Flecha propulsada por arcos de 11.8 kgm (prom) ***	Yámana	17	94	105
		35	94	73

Tabla 3.3 - Masa, energía de propulsión y velocidad inicial de proyectiles etnográficos

Referencias: * = Cotterell y Kamminga (1990) ** = Pope (1918) *** = Ratto (1989)

Joule = kgm/seg².m N = Newton = kgm/seg²

3.2.1.1. Aerodinámica de los proyectiles

En aerodinámica, la resistencia del aire sobre un proyectil se conoce con el nombre de *DRAG* (D)²⁴ -arrastre. Todo proyectil sólido al realizar su trayectoria de vuelo se mueve dentro de un fluido –aire, agua- (Staricco 1967, Cotterell y Kamminga 1990, Wilhelmsen 2001). La acción del fluido se manifiesta de dos formas: (a) el proyectil al desplazarse arrastra parte del fluido, cediéndole energía cinética, y (b) en el rozamiento con la superficie de contacto del proyectil. Esto trae como consecuencia que el proyectil ceda energía durante su trayectoria de vuelo, reflejándose en una disminución de su velocidad, y como consecuencia, menor poder de penetración a mayor distancia recorrida.

La resistencia que un fluido opone al movimiento de un sólido es proporcional al valor de su superficie, al cuadrado de su velocidad, a la densidad del fluido y a un coeficiente de corrección *k*., llamado también coeficiente de forma²⁵. En el Figura 3.1 se visualiza la variación del valor *k*, según las diferentes formas de los sólidos, observando que disminuye proporcionalmente con la sección de la estela turbulenta. Asimismo, el caso *f* de la Figura 3.1 es el que mejor grafica la forma de las puntas de los sistemas técnicos arrojados, presentando el menor valor de *k*.

Otro aspecto a considerarse es la circulación del fluido a través del contorno del proyectil. Este aspecto tiene relación con la eficacia de tiro del sistema técnico, dado que las formas simétricas, respecto a un eje longitudinal, garantizan la circulación del fluido sin descomposición de las fuerzas. En cambio, las formas

²⁴ $DRAG (D) = 1/2 \rho v^2 S k$. Donde:

ρ = densidad del aire (1.23 kg/m³)

v = velocidad del proyectil

S = superficie del proyectil

k = coeficiente de corrección, también llamado "coeficiente de forma", debido que varía en relación a los contornos de los sólidos de igual sección máxima.

²⁵ El valor del coeficiente de forma es diferente para sólidos de igual sección máxima y en idénticas condiciones, dado que varía con relación a los contornos de los sólidos.

asimétricas originan la descomposición de las fuerzas actuantes, provocando la desviación del proyectil y consecuentemente una menor eficacia de tiro –Figura 3.2. En el caso de la lanza arrojadiza, la masa del dardo es la que determina el tipo de trayectoria del proyectil; en cambio, en la flecha ésta la rige el cabezal.

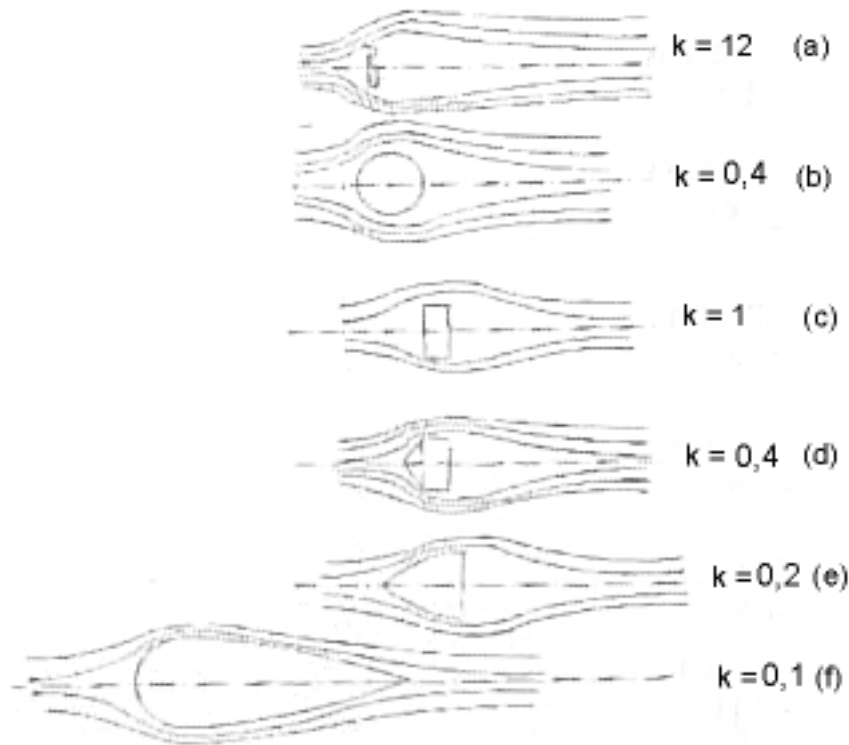


Figura 3.1.

Valores de k -coeficiente de forma-

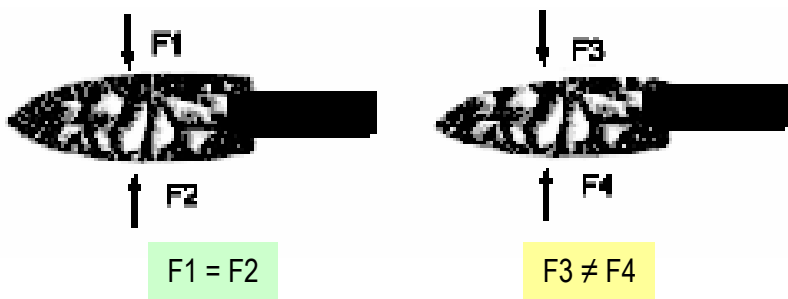


Figura 3.2.

Circulación del fluido a través de formas simétricas y asimétricas

3.2.1.2. Trayectoria de vuelo y fuerza de impacto de los proyectiles

Respecto al tipo de trayectoria de vuelo, ésta puede ser estable o inestable. Las propiedades tecnológicas de las maderas usadas en la manufactura de astiles y/o dardos tienen incidencia en este aspecto.

A través de los estudios etnográficos se conoce la importancia de las maderas en la selección para uso y manufactura de los sistemas técnicos. Algunas citas como las que siguen revelan esto.:

- a) "...Escudriñaba minuciosamente el bosque en busca de un tronco sano de *Nothofagus antarctica* o *betuloide* ..." (Gusinde 1982:214).
- b) "Hay que tener buen ojo para encontrar el tronco adecuado, pues debe ser impecable si se desea confiar plenamente en el arma -pequeño arpón de los yaghanes" (Gusinde 1982:454).
- c) Metraux (1949) informa que los Incas organizaban y realizaban partidas especiales dentro del bosque chaqueño para la búsqueda y obtención de madera adecuada para la construcción de arcos, dado que en su territorio no contaban con la madera adecuada para su manufactura.

Los enastilantes deben ser rectos y las maderas elegidas para su manufacturas, resistentes y flexibles (Frison 1989, Cotterell y Kamminga 1990, Wilhelmsen 2001). De lo contrario, se afecta la eficacia de tiro del proyectil, provocando trayectorias de vuelo inestables. Por ejemplo, en el caso de las lanzas, las vibraciones no absorbidas por la rigidez del enastilante y el *efecto hooking*²⁶ son las principales causas de tiros malogrados (Howard 1974, Frison 1989, Cotterell y Kamminga 1990, entre otros). Una trayectoria de vuelo inestable, ocasiona que el proyectil se desvíe de su dirección rectilínea, provocando problemas en la penetración al blanco. La emplumadura de la flecha favorece una trayectoria de vuelo estable permitiendo que el proyectil rote. La de tipo recta le imprime dirección a la flecha y disminuye la resistencia del aire, logrando el mayor alcance posible; mientras que con la de tipo helicoidal el movimiento de rotación es mayor, aumentando la dirección a la flecha pero disminuyendo su alcance. Esto se debe a que a mayor rotación de la flecha se produce una mayor resistencia aerodinámica. En general, las emplumaduras rectas favorecen la dirección y el alcance, mientras que con las helicoidales se obtiene mayor dirección pero menor alcance (Vozzi 1974, Prieto 1987).

El éxito de la penetración de un proyectil a su blanco, depende, en gran parte, de su trayectoria de vuelo. Si ésta es estable, la fuerza de propulsión se transmite al sistema y le permite mantener su dirección. Esto provoca que el ángulo de impacto sea de 0 grado. Por lo tanto, no se registra una descomposición de la fuerza. Este, en general, es el caso de la flecha propulsada por arco. En cambio, con trayectorias inestables, la dirección del sistema no se mantiene. Esto provoca ángulos de impacto mayores a 0 grado, que oscilan entre 1 y 10 grados (Cotterell y Kamminga 1990), con la consiguiente descomposición de fuerzas. Cabe

²⁶ El "*efecto hooking*" se produce cuando la lanza se desploma durante su vuelo. Esto se debe a que no posee la flexibilidad correcta. El efecto es generado por la acción de una alta velocidad angular durante la fase final del lanzamiento, momento en que su extremo se tira hacia abajo.

destacarse que la punta lítica es la parte del sistema técnico sometido en forma directa a las fuerzas de impacto y/o choque. Por lo tanto, las consecuencias son un aumento en los riesgos de fracturas de la punta y/o de rebote al blanco. Este es el mayor inconveniente de la lanza arrojada a mano y/o por *atlatl*. Al respecto, Odell y Cowan (1986) registran que la mayor cantidad de tiros malogrados en su experimento, debido a rebotes al blanco, se presentaron con la lanza. Las razones que dan son: (a) intermediarios imperfectos que desviaron la dirección del proyectil; (b) dificultad en adquirir eficacia de tiro con la lanza arrojada con *atlatl*, y (c) la corta distancia desde la que el sistema técnico fue arrojado. A los efectos de ilustrar lo expuesto, se analizan dos casos hipotéticos a modo de ejemplo.

El primer caso considera que si la fuerza de impacto es perpendicular -normal- a la superficie de choque - Figura 3.3-, se observa que la fuerza (F) se transmite a través del material sin existir descomposición de la fuerza de impacto. El ejemplo da cuenta de la trayectoria estabilizada y ángulo de penetración logrado por una flecha propulsada por arco. En este caso la tensión máxima que sufre el cabezal está con relación directa a la superficie del área mínima, la que se localiza en el ápice. Por lo tanto, éste está expuesto a mayor riesgo de fractura y/o rotura.

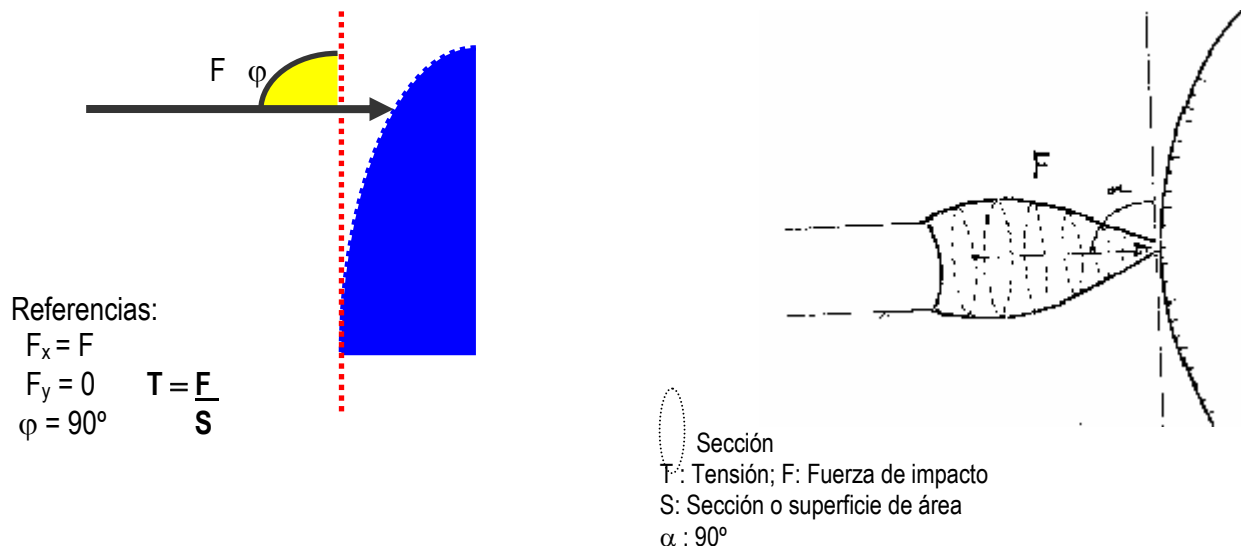


Figura 3.3. Fuerza de impacto perpendicular a la superficie de choque

En el otro caso si la fuerza de impacto no es perpendicular a la superficie de choque, la consecuencia es que (F) se descompone en dos fuerzas, una normal (F_x) y la otra tangencial (F_y), conformándose un ángulo mayor a 90° con respecto al eje tangencial del blanco -Figura 3.4. El funcionamiento mecánico de las lanzas arrojadas a mano presenta alta probabilidades de causar este tipo de impacto, debido a que generalmente no logran una trayectoria de vuelo estabilizada debido al llamado *efecto hooking*. La fuerza normal (F_x) lleva la dirección del proyectil, en cambio la fuerza (F_y) actúa desplazando al proyectil de su dirección de trayectoria dada por (F). En los casos que (F_y) sea mayor a (F_x) no se obtendrá la penetración del proyectil al blanco. Además, el accionar de dos fuerzas de sentidos contrarios (F_x y F_y) puede ocasionar la fractura de la punta lítica antes de lograr la penetración al blanco.

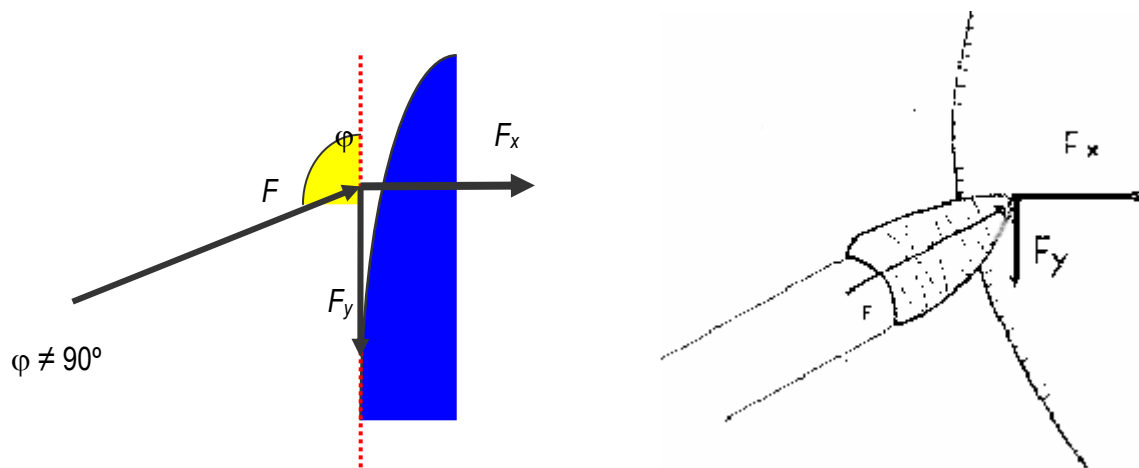


Figura 3.4 - Fuerza de impacto oblicua a la superficie de choque

3.2.1.3. Diseño de artefactos y las propiedades físico-mecánicas

Los modos en que se producen las fuerzas de impacto en las situaciones ejemplificadas, generan la pregunta de qué opciones tiene el artesano para disminuir los riesgos de fractura de la punta lítica. Esto es más importante cuando la fuerza de impacto al blanco genera la descomposición de la fuerza, como lo presentamos en el segundo caso –Figura 3.4. Una posibilidad es diseñar una punta cuyas secciones tiendan a ser circulares dado que esta forma permite una distribución homogénea de las tensiones, producto de los esfuerzos, ofreciendo una resistencia simétrica respecto al eje longitudinal del artefacto lítico -Figura 3.5.

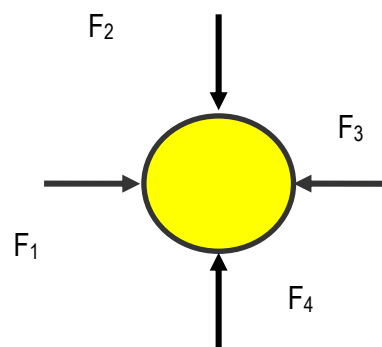


Figura 3.5. Distribución de tensiones en sección circular

La situación planteada se traduce en una variable del diseño dada a la punta lítica, donde las propiedades físico-mecánicas de la materia prima lítica cumplen un papel relevante. Dichas propiedades presentan variabilidad en las rocas, dependiendo de los procesos de solidificación, con base a gradientes de presión y temperatura diferenciales, los que dieron origen a diferentes estructuras, tamaños de cristales,

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

formas de ligazón, entre otras propiedades –ver más adelante. Por lo tanto, es importante conocer cuál es la relación entre el diseño dado a una punta lítica y las propiedades físico-mecánicas de la roca usada en su manufactura para inferir el tipo de esfuerzo al que puede ser sometida. Pero para responder a esta pregunta primero debe profundizarse en el conocimiento de diversidad y variabilidad interna de las distintas clases de rocas usadas en la manufactura de artefactos sometidos a fuerzas de impacto y/o choque –ver más adelante.

Respecto a las maderas usadas para la manufactura de mangos, astiles, arcos, sucede algo similar a lo comentado anteriormente. También poseen una estructura interna que las diferencia entre sí, lo que caracteriza sus propiedades físico-mecánicas, dependiendo éstas de la disposición interna, la forma y dimensión de sus fibras, fibrotraqueidas y vasos componentes. Además, son las que le otorgan a cada madera un peso específico, flexibilidad, rigidez y dureza propias y características –ver más adelante. Del tipo de madera utilizada para la manufactura de mangos o astiles dependerá el modo de propulsión del sistema técnico, ya que existen diferencias significativas si éste impacta su blanco por aumento de la masa o de la velocidad. A su vez, los esfuerzos mecánicos del cabezal también están en relación con el *efecto pandeo*, refiriendo con este nombre a la oscilación que realiza el astil o mango de materia prima vegetal, respecto a su eje longitudinal, luego de la penetración al blanco. Los mayores esfuerzos se producen en el área de empuje, siendo directamente proporcionales a la masa del enastilante. De acuerdo a lo expresado anteriormente, el *efecto pandeo* actuará diferencialmente en función del sistema técnico. Por lo tanto, causará esfuerzos mecánicos menores en cabezales enastilados en astiles y mayores en aquellos enastilados en mangos. Esto también traerá aparejado la presencia de fracturas diferenciales en las puntas líticas de uno u otro sistema técnico.

Por último, no debe dejarse de lado la resistencia ofrecida por el blanco, es decir la superficie donde actúa la fuerza de impacto, dado que el cuero, grasa y masa muscular del animal constituyen el *blindaje* que debe ser vencido para matar a la presa. La resistencia del cuero aumenta con la edad del animal, dando como

consecuencia que los animales adultos ofrecen mayor resistencia a la penetración que los neonatos o jóvenes –ver nota 22.

Con base en lo expuesto, luego de la próxima sección, se desarrolla en detalle las propiedades físico-mecánicas de rocas, maderas y cueros, dado que constituyen variables relevantes en el momento del diseño de los sistemas técnicos utilizados en la caza.

3.3. SISTEMAS TÉCNICOS NO SOMETIDOS A LEYES CINEMÁTICAS

Este es el caso de las armas de mano penetrantes que no realizan una trayectoria de vuelo para tal fin. Por lo tanto, son sistemas técnicos pero no son proyectiles: Su mecánica de funcionamiento presenta otros limitantes diferentes de aquellos. La penetración se logra por aumento de la masa, utilizándose maderas pesadas -peso específico alto- y rígidas. El ángulo de ataque a la presa es *corregido* por el cazador, produciéndose los llamados momentos flexores (Staricco 1967). Por lo tanto, la relación cazador-presa es directa, mediando tan sólo el sistema técnico portado por el primero.

3.4. PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS LITICA

3.4.1. Propiedades tecnológicas de las rocas

No todas las rocas son igualmente aptas para cumplir las mismas funciones, dado que presentan propiedades físico-mecánicas intrínsecas, a nivel microscópico, que las hacen aptas para cumplir con determinadas funciones, como cortar, raspar, moler e impactar (Ratto 1991b, 1993, 1994, Ratto y Nestiero 1994, entre otros). Por lo tanto, se asume que existe una elección de determinadas rocas, y no de otras, aplicada a la confección de un artefacto con relación a su uso. Dentro de las variables que intervienen en el diseño de una punta lítica, las propiedades físico-mecánicas de las rocas merecen un tratamiento especial, ya que se sostiene que el diseño final depende de la tenacidad de la roca utilizada en su manufactura para soportar esfuerzos de choque o impacto.

Más allá de la potencialidad de esta vía de análisis para el estudio de los conjuntos líticos artefactuales (Ratto y Kligman 1992, Ratto y Williams 1995, Ratto y Belardi 1996, Ratto y García 1996, entre otros), esta sección

se centra en el estudio de las propiedades físico-mecánicas de las rocas como una vía para conocer su relación con el diseño de los artefactos utilizados para capturar energía mediante prácticas de caza. En resumen, se sostiene que la *estructura interna* de las rocas a nivel microscópico, representada a través de sus propiedades físico-mecánicas, incide en el diseño y función de los artefactos líticos manufacturados.

3.4.2. La calidad como propiedad estructural de las rocas

Las propiedades físico-mecánicas de las rocas dependen de las existentes en los minerales que las componen. Estos dieron origen a distintas calidades de rocas, las que son producto de los procesos de solidificación sufridos bajo diferentes gradientes de presión y temperatura (Kittl 1942, 1945, Salinas 1982, Tyrrell 1982, entre otros). La calidad de una roca depende de: (a) su composición química y mineralógica; (b) el estado de su conservación de los minerales; (c) el tamaño de los cristales; (d) el tipo de ligazón entre cristales, y (e) la forma de orientación de los cristales -planos de debilidad efectivos y virtuales. La interrelación entre estas variables define la estructura interna de cada roca, que se manifiesta a través de las propiedades físico-mecánicas –dureza,²⁷ cohesión,²⁸ compactación,²⁹ y tenacidad.³⁰ Estas propiedades están relacionadas dado que derivan de la naturaleza mineralógica y de las características texturales del material, pudiéndose observar en:

- el grado de cohesión o adhesión granular que es producto de numerosos factores, interviniendo la dureza de los minerales, su hábito cristalino y su posible milonización, incidiendo éstos sobre su resistencia a desmenuzarse,
- el tipo de unión intercristalina que determina la fuerza que oponen los materiales a disgregarse,
- los planos de discontinuidad que generalmente suponen superficies de debilidad que afectan también a la cohesión de la roca,
- la compactación que repercute no sólo en la existencia de huecos sino también en la presencia de microfisuras en materiales tectonizados, y
- la tenacidad que depende del tipo, tamaño, forma y disposición de los elementos constitutivos de la roca, teniendo gran importancia la existencia de superficies de mínima cohesión -pequeñas vetas, planos de micro-estratificación o de esquistocidad.

²⁷ Señala la resistencia que ofrece un mineral a ser rayado, expresado habitualmente mediante la escala de Mohs. En una roca se refiere a la resistencia a la penetración.

²⁸ También llamada adhesión granular, refleja la resistencia a la disgregación mecánica de los cristales y agregados minerales. Hace referencia al tipo de ligamiento entre cristales.

²⁹ Se refiere a la presencia o ausencia de huecos (cavidades) en las rocas.

³⁰ Expresa la resistencia que ofrece una roca a la fragmentación mediante impacto.

A partir de la valoración de las características estructurales de las rocas se infiere su 'funcionalidad potencial'. Este es definida como la aptitud que presenta la materia prima lítica para cumplir con determinadas acciones -corte, raspado de superficie de diferente tipo, abrasión, entre otras.

Por lo expuesto, lo óptimo es obtener criterios cuantitativos empíricos que expresen en forma directa las propiedades físico-mecánicas de las rocas, especialmente su tenacidad. De acuerdo con la hipótesis de trabajo, ésta tiene implicancia directa en el diseño de las puntas líticas enmangadas en los sistemas técnicos. Para ello, una vía de análisis es realizar ensayos mecánicos sobre muestras de materias primas líticas utilizadas en la manufactura de conjuntos líticos artefactuales (Ratto y Nestiero 1994)³¹, a los efectos de calcular la tenacidad de la roca; como así también discutir las implicancias arqueológicas de los comportamientos mecánicos diferenciales.

3.4.3. Ensayos cuantitativos y cualitativos para determinar las propiedades físico-mecánicas de las rocas

La tenacidad de una roca es una consecuencia directa de su elasticidad. El trabajo absorbido por una roca desde su proceso de deformación hasta su rotura, será mayor cuanto mayor sea su resistencia, obteniéndose así la *tenacidad* -propiedad de absorber energía. Por lo tanto, la tenacidad de una roca expresa su resistencia a ser fragmentada mediante la aplicación de una fuerza. La fractura se produce cuando el esfuerzo externo que se aplica es superior a la fuerza de cohesión interna (Kittl 1945, González y Palazón 1967, Salinas 1982, Kirsh 1980, Dana y Ford 1986, entre otros). Puede decirse que la tenacidad de la roca expresa su resistencia al impacto. La hipótesis de trabajo establece que la tenacidad depende del tipo, tamaño, forma, ligazón y disposición de los minerales que la conforman. Son de importancia las superficies de mínima cohesión, planos de estratificación, etc., que se constituyen en planos de debilidad efectivos y/o virtuales (Salinas 1982, Ratto 1991 b).

Al realizar un experimento para calcular la tenacidad se deben especificar cuáles son sus condiciones iniciales, ya que, la tenacidad variará según el tipo de fuerza aplicada, la temperatura y la forma de la pieza (González y Palazón 1967). De las cuatro propiedades físico-mecánicas de las rocas expresadas anteriormente, la tenacidad es la que presenta mayores dificultades e imprecisiones para su estimación por vía manual. Según las normas dadas por Salinas (1982) se debe aplicar a la muestra un golpe con una masa

³¹ En trabajos anteriores (Ratto 1991 a y b, Ratto y Kligmann 1992, Ratto 1994, entre otros) se utilizaron criterios cuali y cuantitativos para establecer las propiedades físico-mecánicas de las rocas. Los criterios cualitativos eran del *tipo empírico*, realizados sobre muestras líticas a las que se aplicaban los criterios dados por Salinas (1982) que fueron detallados y aplicados por Ratto (1991 b). En cambio, los criterios cuantitativos eran del *tipo teórico*, ya que provenían de los resultados de los ensayos realizados en Vialidad Nacional sobre muestras de rocas provenientes de distintas regiones del país (Kittl 1942, 1945). Cabe aclarar que ambos tipos de datos son de tipo empírico, pero se utiliza el término teórico para reflejar aquellos datos que provienen de ensayos realizados por terceros.

de 1/2 kg. de peso. De esta forma, se clasifica a la tenacidad de la roca mediante una escala ordinal en baja, media, elevada y muy elevada. El inconveniente de este método es que las muestras ensayadas manualmente tienen características muy disímiles, debido a que presentan formas y volúmenes muy diferentes. Por lo tanto, es fundamental lograr un *espesor uniforme* de las muestras, antes de realizarle los ensayos mecánicos. De esta forma, se garantiza que los resultados obtenidos puedan ser interrelacionados con mayor grado de confiabilidad. Para ello, se ha desarrollado una metodología que permite acceder a valores cuantitativos estandarizados. Estos son considerados más objetivos que los cualitativos no normalizados, es decir, aquellos que se obtienen mediante la aplicación de ensayos manuales.

Por lo expuesto, se consideró fundamental realizar ensayos físico-mecánicos sobre muestras de rocas de aplicación arqueológica. Al respecto, en el Apéndice 2 se presenta en detalle la metodología aplicada para el ensayo mecánico de 44 rocas, presentándose también el análisis estadístico y los resultados obtenidos para el cálculo de la *Tenacidad Omega*. El análisis estadístico realizado, análisis de varianza –ANOVA-, indica que las diferencias entre las medias de los grupos de rocas son significativas. Por lo tanto, que las rocas amorfas, básicas, ácidas, silicificadas y metamórficas se comportan mecánicamente en forma diferente. En la Figura 3.6 se presenta la mediana, rangos intercuartiles y *outliers* de los casos que componen cada familia de rocas definida.

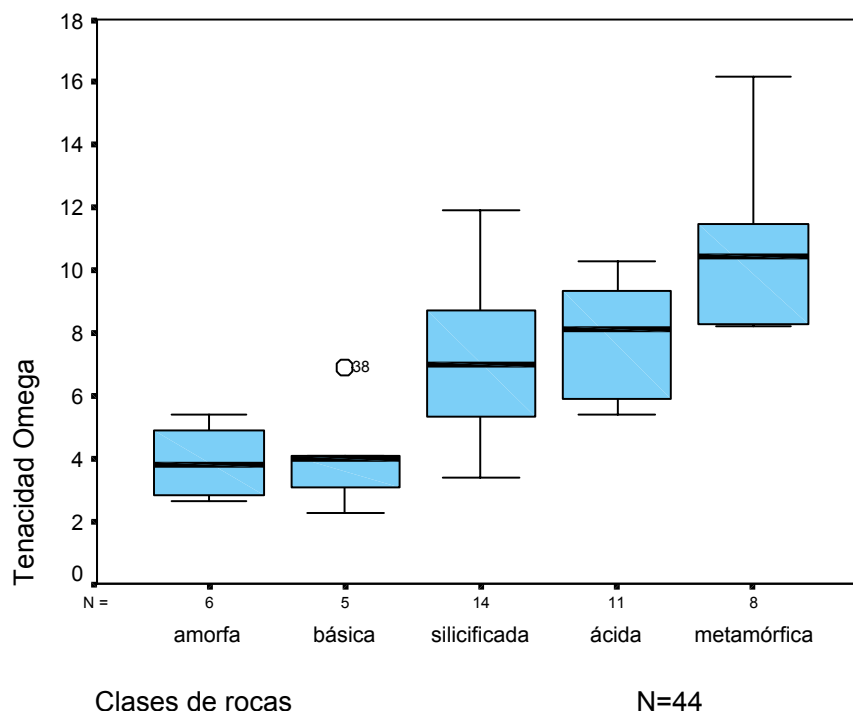


Figura 3.6. Variación de la *Tenacidad Omega* por familia de rocas

Con base a lo desarrollado en el Apéndice 2 y el Figura 3.6 puede afirmarse que las tenacidades medias de los grupos de rocas presentan las siguientes características:

- amorfas y básicas se comportan mecánicamente en forma similar, presentando las menores tenacidades.
- ácidas y silicificadas tienden a presentar un comportamiento mecánico intermedio, aunque las silicificadas presentan mayor variabilidad.
- metamórficas tienden a ser las más resistentes y presentar mayor tenacidad.

En el Apéndice 2 queda demostrado que la tenacidad de la roca depende de la interrelación de diferentes variables, como son el tamaño de los cristales, su disposición, texturas, entre otras. En la Tabla 3.4 se presenta el rango de variación del comportamiento mecánico de los grupos de rocas, en función de sus características texturales y tamaño de cristales.

Tipo De Roca	Comportamiento Mecánico	Observaciones
Amorfa de tipo vítrea	muy débil	Sin textura.
Amorfa de tipo opalítica	débil	Reforzada por textura <i>fantasma</i>
Volcánica básicas con pasta vítrea	muy débil a débil	Disminuye con el menor tamaño de cristales
Volcánicas básica Con pastas meso y holocristalina	débil a intermedio.	Disminuye con alteración de minerales y aumenta con el tamaño de los cristales
Volcánicas ácidas	intermedio	Disminuye con alteración mineral.
Silicificadas de cualquier tipo	intermedio	Disminuye y/o aumenta con el tamaño de los cristales
Metamórficas	fuerte a muy fuerte	Favorecida por el fuerte entramado de cristales.

Tabla 3.4 – Tendencia del comportamiento mecánico de las rocas con base en los ensayos mecánicos –ver Apéndice 2.

Se espera que el comportamiento mecánico diferencial de las rocas se refleje en el diseño de los artefactos líticos. En especial aquellos sometidos a fuerzas de choque y/o impacto que forman parte de sistemas técnicos con trayectorias de vuelo inestables, como son las lanzas. Por lo tanto, la tenacidad diferencial de las rocas se constituye en una variable relevante para plantear un modelo de asignación funcional de los sistemas técnicos para la caza –ver Capítulo V.

3.5. PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LAS MADERAS

3.5.1. Propiedades tecnológicas de las maderas

Las maderas se comportan mecánicamente en forma diferente a las rocas o metales, dado que:

- son materiales fibrosos, rígidos y esencialmente anisótropos.
- presentan resistencia mecánica diferencial a esfuerzos paralelos o transversales a las fibras.
- la humedad modifica su volumen y por lo tanto variará su peso específico,³²
- a diferencia de las rocas, que presentan un peso específico constante, en las maderas varía con relación a las condiciones de crecimiento y el lugar de extracción de la muestra.

En base en lo expuesto, el peso específico y la humedad relativa constituyen las variables más significativas para evaluar las propiedades físico-mecánicas de las maderas (Tortorelli 1946, Castiglione 1972, Labate 1972, Galante 1981). La relevancia del peso específico³³ radica en su incidencia en la configuración de las propiedades mecánicas de la madera. En la Tabla 3.5 se presenta la clasificación de las maderas argentinas en función del peso específico aparente.

Tipo	Peso específico en kg/dm ³
Muy livianas	Hasta 0,350
Livianas	0,351 a 0,550
Semipesadas	0,551 a 0,700
Pesadas	0,701 a 1,000
Muy pesadas	Mayor a 1,000

Tabla 3.5 – Clasificación de maderas argentinas en función del peso específico aparente

El peso específico varía dentro de una misma especie con relación a la forma de cultivo o de procedencia, dado que si un árbol se ha desarrollado en terrenos bajos y húmedos su madera será más floja y liviana. En cambio, si procede de lugares altos ocurre lo contrario, dado que al crecer más lentamente, el agrupamiento de sus fibras darán como resultado una madera más compacta y pesada. Por su parte, el contenido de humedad incide tanto sobre las propiedades físicas como mecánicas de la madera.

³² Esto determina que los ensayos mecánicos realizados sobre maderas con diferentes grados de humedad no son comparables. En general, se ensayan con un 15% de humedad relativa.

³³ El peso específico aparente –densidad- es el que interesa para los fines del trabajo, ya que expresa la relación entre el peso de la madera y su volumen.

Las propiedades mecánicas de la madera más significativas son: (a) elasticidad; (b) dureza; (c) tenacidad, y (d) resistencia. A través de la realización de ensayos mecánicos se accede a su conocimiento (Tortorelli 1946, Castiglione 1972, Labate 1972, Tinto 1977, Galante 1981).

- a) *Elasticidad*: Permite la curvatura de la pieza trabajada sin producir roturas y/o agrietamientos. Se define como la propiedad que permite a la madera deformada por la acción de una carga recuperar su forma y dimensiones originales una vez que deja de actuar la fuerza. Las maderas de fibras largas, estructura homogénea y textura fina a mediana son las más flexibles. En cambio, las maderas de tonos oscuros, resinosas, tánicas y de peso específico elevado son poco flexibles. La *cota de flexión*³⁴ permite clasificar la elasticidad de las maderas en: (i) elevada (20-25); (ii) media (15-20), y (iii) baja (10-15).
- b) *Dureza*: Esta propiedad guarda estrecha relación con el peso específico. En la práctica se reconoce por la resistencia opuesta a ser trabajada por las herramientas. Se clasifican en: (i) blandas –cargas hasta 300 kg/cm²; (ii) semiduras –cargas entre 301 a 600 kg/cm²-, y (iii) duras –cargas mayores a 600 kg/cm².
- c) *Tenacidad*: Es la propiedad que le permite al material soportar esfuerzos considerables sin sufrir mayores deformaciones.
- d) *Resistencia*: Esta propiedad también está relacionada con el peso específico, que a su vez depende de las condiciones de crecimiento. Por lo tanto, las maderas de duramen provenientes de árboles de crecimiento lento resultarán más resistentes, debido a la mayor proporción de madera tardía en los anillos anuales.

3.5.2. Propiedades físico-mecánicas de las maderas y sistemas técnicos

El ambiente físico y natural es el que actúa como limitante para la elección de un sistema técnico, restricciones que se superan por medio de las organizaciones socio-políticas de las sociedades del pasado -comercio, intercambio, explotación de diferentes pisos ecológicos, entre otras.

En este Capítulo se ha fundamentado que los sistemas técnicos están sometidos a esfuerzos de choque y/o impacto. Por lo tanto, el astil o mango enastilante de una punta lítica, como así también el armazón de los arcos, cumplen un papel fundamental con relación al funcionamiento del sistema técnico, ya que:

- los astiles de flecha y los mangos de lanzas arrojadas requieren de rectitud y resistencia a la compresión. La primera característica influye tanto en la transmisión de la fuerza de salida del proyectil como en su trayectoria de vuelo, especialmente relacionado con la aerodinámica del sistema. La segunda actúa en el momento del impacto con la finalidad de evitar su rotura.
- los armazones de arcos requieren que la madera utilizada en su fabricación reúna determinada cota de flexión, como así también, un módulo de elasticidad que incidirá directamente en la energía potencial almacenada por el arco –ver Apéndice 1.

³⁴ La fórmula para el cálculo de la cota de Flexión es $F/100xD$, donde F (módulo de rotura o carga –kg/cm²-); D (peso específico aparente).

De la información etnográfica recopilada –ver Capítulo II- se conoce que las materias primas vegetales eran especialmente seleccionadas en función de las características de los equipos de caza. Asimismo, la información presentada en este Capítulo, referida a la mecánica de funcionamiento de los sistemas técnicos –Tabla 3.1- indica que para la manufactura de astiles, dardos o arcos se selecciona materias primas vegetales con diferentes propiedades físico-mecánicas. Desgraciadamente, los ensayos mecánicos experimentales se realizan sobre maderas con potencial uso comercial, situación que ocasiona que no existan datos referenciales para los arbustos (Tortorelli 1946, Castiglione 1972, Labate 1972, Tinto 1977, Galante 1981). A modo de ejemplo, puede decirse que de las diferentes especies fueguinas de *Nothofagus sp.*, el *N. betuloides* presenta mayor módulo de elasticidad - 81.900 kg/cm²-, con peso específico que entra dentro de la categoría de maderas moderadamente pesadas y blandas.

3.6. COMENTARIO GENERAL

Los sistemas técnicos, con o sin almacenamiento de energía, son artefactos compuestos, cuyos diseños no son azarosos, ni caprichosos –ver Apéndice 1. Estos diseños están sometidos a las leyes de la Física, aprehendiéndolas los artesanos por diferentes procesos de transmisión cultural. Asimismo, requieren la selección de materias primas apropiadas a los fines a cumplirse, dado que un diseño ineficaz se traduce en fracaso para la captura de energía y pone en peligro la supervivencia del grupo. Esto significa que puede llegar a afectar el *fitness* de sus portadores, medido a través de su éxito reproductivo. Esto le permite a Leonard y Jones (1987) plantear que un diseño ineficaz no se reproduce dentro de la sociedad por no poseer 'éxito replicativo'.³⁵

Las diferencias en la eficacia de tiro de los sistemas analizados generan relaciones específicas entre el cazador y la(s) presa(s), dependiendo, en gran parte, de la etología del animal incluidas las variabilidades observadas dentro de su ciclo vital –ver Capítulo IV. Asimismo, a través de la mecánica de funcionamiento de los sistemas técnicos, se logra una mayor comprensión de las estrategias de caza etnográficas anteriormente comentadas -ver Capítulo II. Los blancos *compactos*, las cacerías comunales, la explotación de topografías para colocar las presas en situación de desventaja, el tamaño de las presas, entre otras, responden a las

³⁵ Todos los rasgos, materiales o conductas que tienen distribuciones en el tiempo y en el espacio, se llaman éxito replicativo o persistencia diferencial a través del tiempo. El éxito replicativo de un rasgo particular puede o no afectar el éxito reproductivo de sus portadores. Los que lo afectan pueden considerarse funcionales, y los otros, que no tienen importancia selectiva, son llamados estilísticos o neutrales (Leonard y Jones 1987).

limitaciones propias de cada sistema técnico. El desafío consiste en conocer qué síntomas de las diferentes mecánicas de funcionamiento quedaron fosilizados en las puntas líticas de los sistemas técnicos, habiendo analizado cómo pueden variar los diseños en función de las tenacidades diferenciales de las rocas para minimizar las fracturas de los artefactos. Antes de encarar este desafío se analizará el contexto ecológico de la caza en el próximo Capítulo.