

Extracto del libro

« **Ergonomía para diseñadores** »

Antonio Bustamante

Editorial MAPFRE, Madrid, 2008

© antonio bustamante

## 6.1 Anatomía del usuario

Es de mucho interés para el diseñador conocer la anatomía del usuario, ya que todos los diseños, en definitiva, serán utilizados por éste (el usuario), desde y por ésta (su anatomía), y será ella la que disfrutará o sufrirá las consecuencias del diseño, así que cuanto más anatomía se conozca, mejor sabremos para quién estamos trabajando.

El término anatomía viene de la palabra griega "anatomos", utilizada por primera vez por Aristóteles y que quiere decir "disección", estudio de las estructuras que conforman a los seres vivos.

Para organizar este estudio es habitual, en el ámbito de la medicina convencional, hablar de los diferentes sistemas, entendiendo como tales un conjunto de órganos o tejidos que se relacionan de manera ordenada para realizar una función. Por ejemplo, el sistema digestivo, sistema circulatorio, etc.

En relación al diseño de objetos, hay sistemas que se deben tener especialmente en cuenta ya que están directamente relacionados, éstos son: el sistema esquelético, el sistema circulatorio, el sistema muscular, el sistema nervioso y los órganos de los sentidos.

### La posición anatómica

Para hablar del cuerpo humano con precisión, se utilizan unas coordenadas definidas a partir de una posición que llamamos anatómica. La posición anatómica es la que adopta un sujeto en bipedestación, es decir: parado sobre los dos pies, mirando al frente, con los pies ligeramente separados y los brazos relajados a lo largo del cuerpo, las palmas de las manos mirando hacia delante. Las referencias que se utilizan son siempre las del sujeto observado, es decir, la derecha es su derecha y no la del observador que pueda estar frente a él.

Podemos referir el cuerpo humano a estos tres ejes ortogonales, ejemplificados aquí sobre la imagen de la venus de Willendorf:, figura 6.1.1

El eje sagital, que va de atrás hacia delante, es el anteroposterior o ventral – dorsal.

El eje transversal: va de un lado a otro, es el medial – central

El eje longitudinal o vertical: de arriba hacia abajo, superior inferior

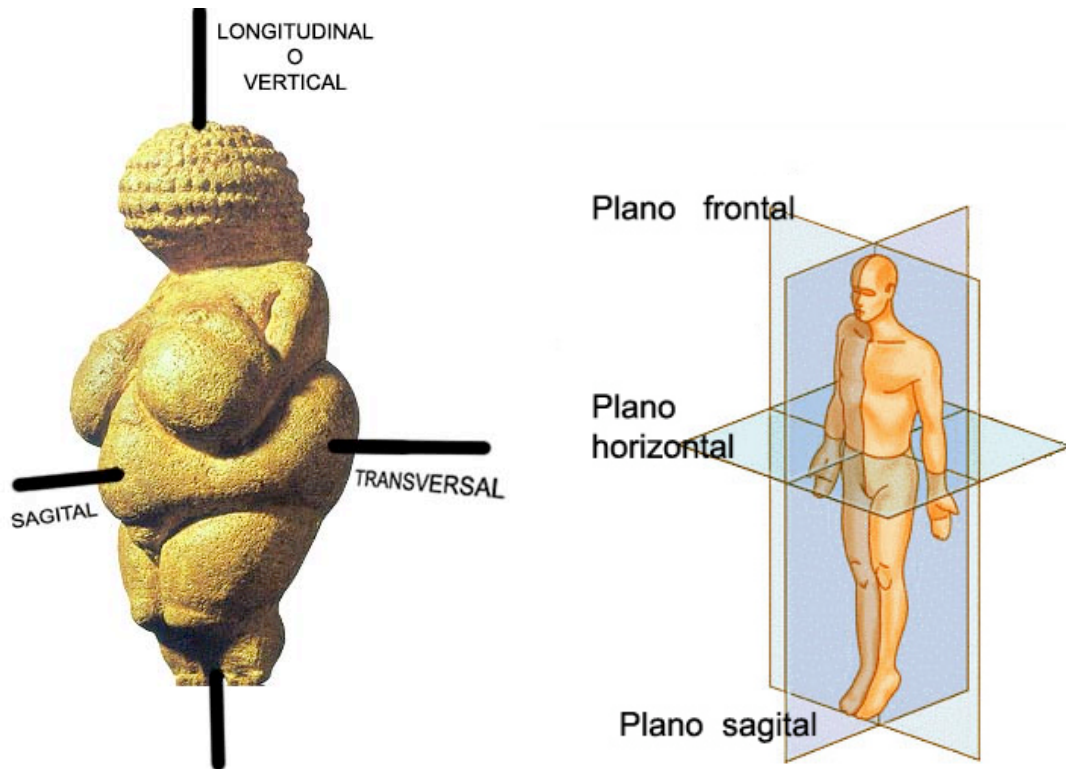
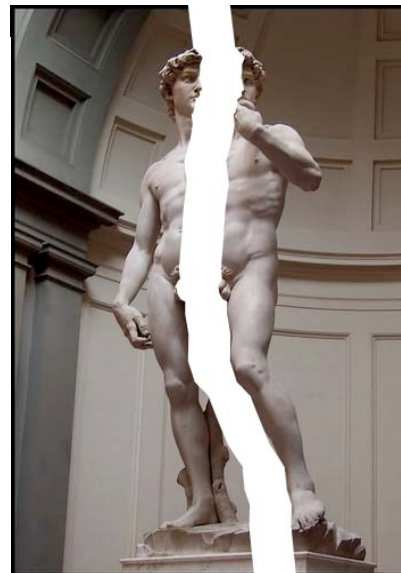
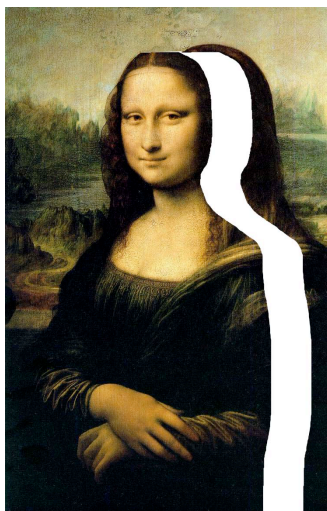


Figura 6.1.1.- Ejes y planos anatómicos

También podemos referir el cuerpo humano a tres planos del espacio:

Frontal, transversal y sagital, que se han representado partiendo en dos a la Gioconda, la Victoria de Samotracia y al David de Miguel Ángel, respectivamente figuras 6.1.2, 6.1.3 y 6.1.4.



Figuras 6.1.2, 6.1.3 y 6.1.4. Gioconda frontalmente, Victoria transversalmente y David sagitalmente divididos.

Movimiento abducción es el que provoca la separación de un segmento corporal respecto al plano sagital del cuerpo; los músculos que colaboran se llaman

abductores. Si el movimiento provoca un acercamiento del segmento corporal a dicho plano sagital, el movimiento se llama de aducción y los músculos correspondientes, aductores.

## El sistema óseo

Está compuesto por los diferentes huesos, que se relacionan mecánicamente entre sí a través de las articulaciones. Los huesos son las partes duras del sistema; forman el esqueleto que guarda una fuerte simetría entre el lado derecho y el izquierdo. Tenemos 208 huesos aunque la cifra no es constante en todos los seres humanos.

Los huesos tienen función de sostén: hacen de armazón en el interior de nuestro organismo y constituyen el esqueleto que colabora a dar forma y dimensión a nuestro cuerpo; permiten, con ayuda de otras estructuras, la marcha y el movimiento; protegen órganos delicados (huesos planos de la cabeza) y representan una reserva de minerales.

El hueso es un tejido orgánico, vivo (figura 6.1.5) que se renueva constantemente y varía a lo largo de toda la vida, tiene la capacidad de crecer y de regenerarse. El hueso está innervado y vascularizado por venas y arterias tanto en el interior como en el exterior.

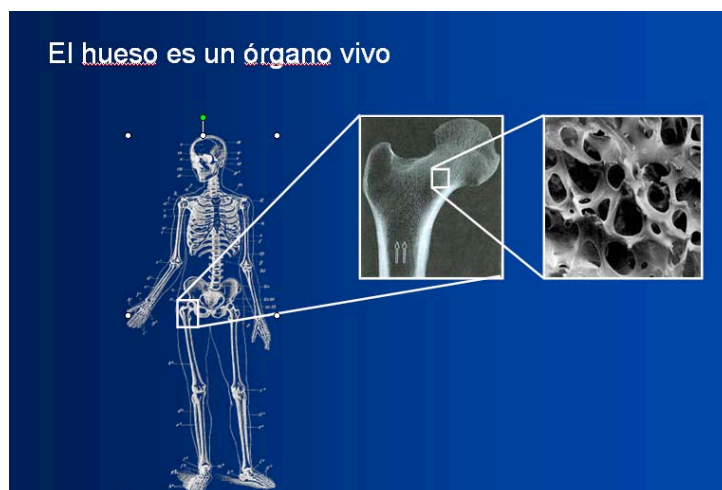


Figura 6.1.5

El tejido de los huesos, a nivel microscópico, se compone de células especializadas denominadas osteoblastos, responsables de generar más tejido óseo para favorecer el crecimiento y reparar posibles fisuras. Los osteoblastos (figura 6.1.6) generan una matriz de fibras de colágeno y material amorfo que constituye la sustancia osteoide. En ésta, se van depositando minerales de calcio y fósforo que se van distribuyendo alrededor del osteoblasto hasta "atraparlo" y volverlo inactivo, pasando a llamarse osteocito. La sustancia osteoide se dispone en láminas concéntricas alrededor de un conducto llamado canal harvesiano por el que pasan vasos sanguíneos y nervios, estas conformaciones tienen el nombre de trabéculas y según se dispongan, forman el tejido óseo compacto (más duro) o el tejido óseo esponjoso (más poroso).

Llamamos la atención sobre la existencia de células nerviosas en el interior del hueso: esta "sensibilidad" de la materia que forma el cuerpo humano será tomada en cuenta por la moderna posturología.



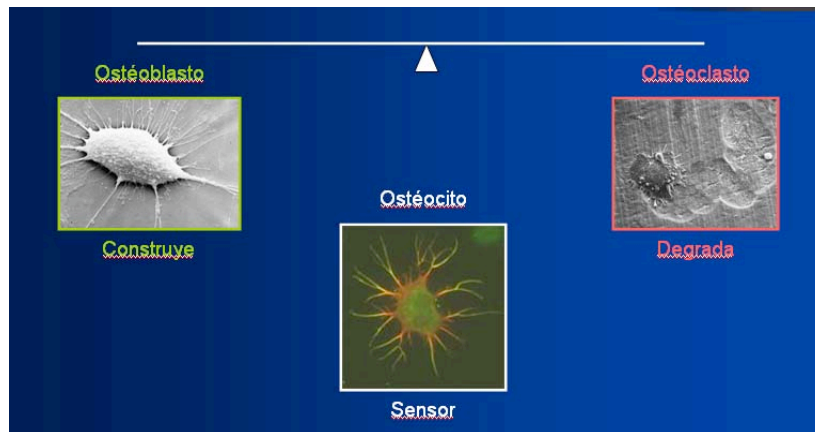


Figura 6.1.6

### Morfologías óseas

Existen varios tipos de hueso, con formas características que corresponden a diferentes funciones:

Huesos largos: su parte central recibe el nombre de diáfisis y sus extremos epífisis. Su capa más externa y dura es el periostio.

Huesos cortos: su forma es variada aunque tienden a conformaciones cúbicas o cilíndricas, son de tejido esponjoso rodeado de una fina capa de tejido compacto; el calcáneo es uno de ellos.

Huesos planos: suelen ser anchos, formados por dos capas de tejido compacto que rodean tejido esponjoso. La mayoría tiene función de protección de estructuras blandas, como el cráneo que envuelve al cerebro, frente a contusiones o agresiones externas.

### Articulaciones

Las articulaciones son partes blandas del sistema músculo-esquelético que, situadas entre los diferentes huesos como puntos de contacto, confieren movimiento y flexibilidad, en unos casos, y en otros, actúan como puntos de unión.

El cuerpo humano tiene más de 200 articulaciones que se agrupan en varios tipos, desde la "bisagra" del codo a la "silla de montar" que articula el primer metacarpiano con su correspondiente hueso del carpo. Algunas sólo permiten desplazamientos sobre superficies articulares planas: son las articulaciones móviles, que suavizan el contacto de dos huesos para facilitar el movimiento. Para mejorar esta función, los extremos de los huesos tienen una delgada capa de tejido elástico denominada cartílago articular, que evita el roce directo y por tanto el desgaste.

Para reforzar el conjunto de elementos que permiten la articulación existe una cápsula articular, que evita que los huesos se desplacen ante la fuerza ejercida, y un ligamento que confiere aún mayor resistencia. Algunas articulaciones móviles, están sometidas a fuerzas tan importantes, como es el caso de la rodilla, que necesitan de cartílagos para crear una mayor superficie de contacto; estos cartílagos reciben el nombre de meniscos.



Figura 6.1.7 Andrea Vesalio, *De Humani Corporis Fabrica*, 1543.

### Sistema muscular

Está compuesto por músculos de diferentes formas y tamaños que tienen diversas funciones relacionadas con el movimiento. Pueden ser de tres tipos: esqueléticos o voluntarios, lisos o involuntarios, y cardíaco.

Los músculos que funcionan según nuestra voluntad nos permiten movernos, mantener posturas y contribuir a la producción del calor que precisa nuestro cuerpo; son estriados.

Los involuntarios trabajan automáticamente, como son los que accionan sobre estómago e intestinos.

Algunos músculos esqueléticos funcionan sin que tengamos conciencia de su actividad, por ejemplo, los que mantienen nuestra cabeza erguida; aunque sean voluntarios no precisan de la orden consciente que reciben los que se encargan de levantar nuestro brazo. Cuanto más alejado está el músculo del eje del cuerpo, más consciente es su funcionamiento.

No se puede obviar un comentario sobre la buena relación existente entre la forma y la función de los elementos que entran a formar parte de la articulación: el sistema muscular distribuye tensiones al sistema óseo, con admirable armonía, para mover los segmentos corporales o mantenerlos en una postura determinada. Esta operación, que se realiza a las órdenes del sistema nervioso, necesita de una energía que le llega a través del sistema circulatorio.

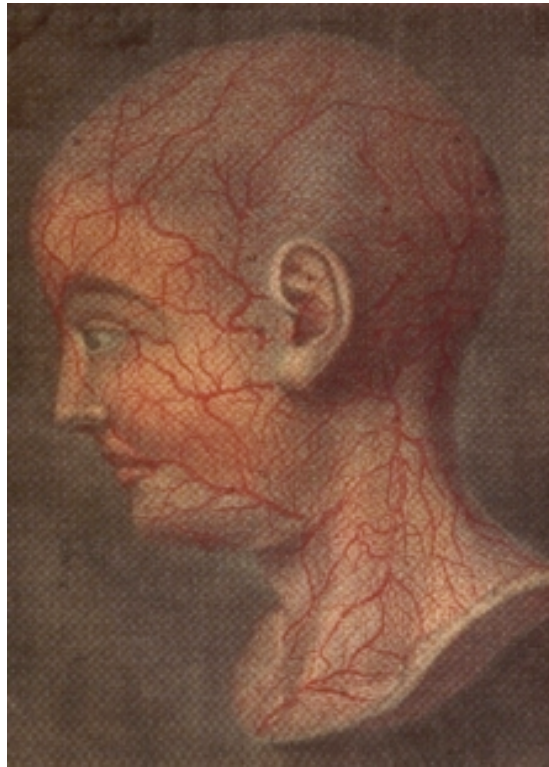


Figura 6.1.8.- Ramificación de los vasos sanguíneos en la cabeza.



6.1.9.- El miocardio.

### **Sistema circulatorio**

El sistema circulatorio forma un circuito de transporte y recogida de elementos vitales para las células, que es activado por un mecanismo de bombeo denominado miocardio. Desde el miocardio, que se contrae involuntariamente, se impulsa hasta cada unidad celular, mediante presión -que los expertos llaman positiva- a través de las arterias, sangre oxigenada que contiene nutrientes. Una vez consumidos estos aportes, las células devuelven los restos y desechos del metabolismo a las venas que retornan al corazón gracias a la presión -que los expertos llaman negativa- que se genera en el bombeo.

El miocardio (figura 6.1.9 )<sup>1</sup> es el músculo que forma el corazón; este órgano es el motor del sistema, tiene el tamaño de un puño y bombea rítmicamente. En su interior existen cuatro cámaras separadas por válvulas, las superiores se llaman aurículas y las inferiores, ventrículos. La sangre circula en el interior del corazón, en un único sentido, de manera que en la contracción la sangre sale únicamente hacia la arteria aorta y no refluye gracias a las válvulas que separan cada cavidad.

Las arterias transportan la sangre oxigenada desde el corazón a las células. Son conductos que deben soportar la presión positiva del bombeo y conservarla para favorecer el transporte sanguíneo, por ello estos conductos tienen gran rigidez. Las arterias están situadas en capas más profundas que las venas, ya que necesitan mayor protección ante cortes que, si llegan a interesar una arteria, producen una pérdida de sangre rápida a causa de la presión positiva a la que están sometidas.

Las venas devuelven la sangre "usada" al corazón. Para ello, se constituyen como conductos flexibles dotados de válvulas que impiden el retorno. Las venas son más superficiales que las arterias, y su rotura no provocaría una pérdida de volumen de sangre tan rápida como en el caso de la arteria. La imagen de Jacques Fabien Gautier (figura 6.8.1) es de 1748 y ya muestra la extraordinaria ramificación de los vasos sanguíneos en la cabeza, si bien en realidad, la red venosa es todavía más espesa que lo que muestra este admirable grabado.



Figuras 6.1.10 (encéfalo) y 6.1.11 (médula espinal).

---

<sup>1</sup> Esta estampa en color, realizada probablemente hacia 1720 ha sido atribuida a Le Blon, si bien algunos expertos reconocen la técnica de Jan L'Admiral. Véase "Anatomie de la couleur", editado por la Bibliothèque Nationale de France y el Musée Olympique de Lausanne, bajo la dirección de Florian Rodari, en 1996.

## **Sistema nervioso**

Rige nuestras actividades voluntarias y también las automáticas, es responsable de las relaciones que mantenemos con el entorno y de la percepción de nosotros mismos.

Las células nerviosas son las responsables de que sintamos las sensaciones.

Distinguimos tres partes del sistema nervioso: central, periférico y autónomo o vegetativo.

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo (figura 6.1.10) y la médula espinal (figura 6.1.11). En él residen todas las funciones superiores del ser humano, tanto las cognitivas como las emocionales. Está protegido en su parte superior por el cráneo y en su parte inferior por la columna vertebral. El encéfalo está constituido por lo que hay "dentro de la cabeza" según la etimología griega de la palabra. El cerebro es una de las partes del encéfalo.

El sistema nervioso periférico constituye el tejido nervioso que se encuentra fuera del sistema nervioso central, como son los nervios periféricos que inervan los músculos y los órganos.

El sistema nervioso periférico comprende el sistema nervioso somático y el sistema nervioso autónomo o vegetativo.

El sistema nervioso somático está compuesto por nervios espinales y nervios craneales. Los primeros salen de la médula espinal (figura 6.1.11). Son importantes para el control del sistema músculo-esquelético y, por lo tanto, para la postura.

Los craneales envían al sistema nervioso central información de la musculatura del cuello y la cabeza, que es musculatura esquelética o responsable del mantenimiento de la postura. De los doce pares de nervios craneales, la posturología moderna presta especial atención al trigémino, que concentra funciones motoras del ojo, del maxilar superior, del maxilar inferior y de la lengua.

El sistema nervioso autónomo o vegetativo es el encargado de regular las funciones internas del organismo con objeto de mantener el equilibrio fisiológico. Controla la mayor parte de la actividad involuntaria de los órganos y glándulas, tales como el ritmo cardíaco, la digestión o la secreción de hormonas. La función del sistema nervioso autónomo es de capital importancia para la postura, pues muchos músculos trabajan para mantener una postura sin que el sujeto sea consciente de este trabajo muscular.

## **Evolución del encéfalo**

Paul Mac Lean, en la segunda mitad del siglo pasado, desarrolló una clasificación de las partes del cerebro que pone orden en las funciones de este complejo órgano. El cerebro propuesto por MacLean es uno y trino: lo divide en tres partes, según su orden de aparición en el encéfalo.

El primero es el cerebro reptil, hecho para actuar. No sabe pensar, reflexionar, clasificar ni analizar, pero brilla en la acción, la agresividad, el sexo y la violencia. Es útil para la defensa del territorio y los bienes personales.

El cerebro aparecido inmediatamente después es el límpico o paleomamífero. Desde un punto de vista filogénético, es más joven que el reptil y lo envuelve. Es un cerebro propio de los mamíferos, de ahí su nombre. Es la casa de las emociones, tristezas y alegrías, amores y miedos: es el cerebro afectivo de los mamíferos, que caen en depresiones, melancolías y miedos cuando algo falla en este órgano de gestión afectiva que funciona tanto para el perro como para su amo. Hay aves de compañía que también caen en depresión a la muerte de su amo; hay que suponer que también estos no-mamíferos disfrutaban de su cerebro paleomamífero en mayor o menor grado.

La última capa del cerebro, su corteza más reciente, se llama neocorteza y es la que ha permitido la aparición del *homo sapiens*. Es la que produce los procesos intelectuales superiores: el lenguaje simbólico, la lectura, la escritura, la capacidad de abstracción que podemos observar en otros mamíferos superiores, aunque posiblemente con menos capacidad que en el *sapiens*, si bien el enorme tamaño de cerebros como el del delfín, animal inteligente, invitan a pensar que sin manos ni fonación no se llega muy lejos en la filogénesis.

Sobre un dibujo de Leonardo se han croquizado los perfiles de cada uno de estos tres cerebros (figura 6.1.12). Obsérvese cómo Leonardo ya veía las ramificaciones del sistema nervioso, dirigidas en todas direcciones y centralizadas en el encéfalo. Puede observarse la atención que ya Leonardo prestaba a la relación de los dientes y el sistema nervioso; esta relación ha sido fuertemente puesta de manifiesto por la moderna posturología.

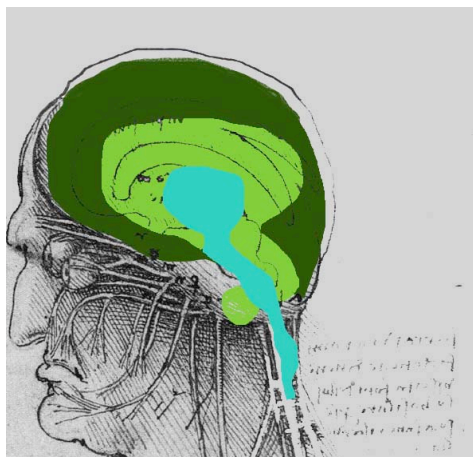


Figura 6.1.12

### Las cadenas musculares

El concepto de cadena muscular es funcional y tiene su origen en la observación de cómo trabajan los músculos, formando parte de una estructura músculo-esquelética que, a su vez, se combina con el sistema circulatorio y que funciona a las órdenes del sistema nervioso. La complejidad es patente.

Los estudiosos de la postura han distinguido diversas cadenas musculares, más o menos largas; nosotros presentaremos las cinco cadenas propuestas por Clauzade, Marty y Castaing.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Clauzade MA - Marty JP -. Castaing Y, 1996 "L'homme debout" (Eds M Lacour, PM Gagey & B Weber) Vidéo cassette VHS.



Las asociaremos a los elementos de un objeto con aspecto de marioneta, imaginando que tuviéramos que construirlo con dos materiales: uno de consistencia y elasticidad parecidas a las de los huesos y otro con las características semejantes a las de los músculos: uno duro y resistente a la compresión y el otro blando, fibroso, capaz de contraerse y, por lo tanto, resistente a la tracción. Este último, de color amarillo, se colorea de rojo cuando está sometido a tracción y de azul cuando está sometido a compresión. El material duro, de color negro, se nos presenta en trozos de tamaño variado -como los huesos a los que imita; con ellos componemos un elemento lineal enganchando los elementos duros con el material de características análogas a las de los músculos. Resulta un objeto alargado y esbelto en esta primera etapa. Este objeto lo mantenemos en vertical anclándolo en unos pies hechos a tal efecto. También le añadimos un a modo de cabeza vacía.

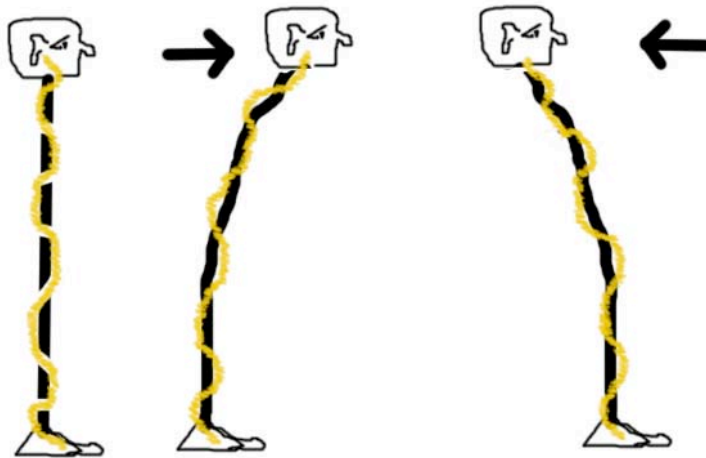


Figura 6.1.13

Supongamos que este extraño objeto sólo puede deformarse en el plano del papel: su equilibrio será precario y, si sopla el viento, se curvará fácilmente. Para que no se deforme bajo la acción del viento de frente, con el material amarillo blando fabricamos una cuerda que hacemos solidaria con el elemento lineal que se doblaba bajo la presión del viento de frente; el objeto así resultante no se dobla ante este viento frontal porque la capa de materia de tipo muscular resiste porque ha entrado en tracción (y al hacerlo se ha vuelto de color rojo). Mientras sopla ese viento, la parte ósea estará comprimida y la parte elástica, traccionada.

Pero si el viento cambia de dirección y viene de espaldas, el monigote se doblará hacia adelante y la última capa blanda añadida se verá solicitada a compresión: para esa sollicitación el material blando no tiene resistencia y se doblará volviéndose azul. El maniquí, en esta segunda etapa, sólo resiste a uno de los dos vientos.



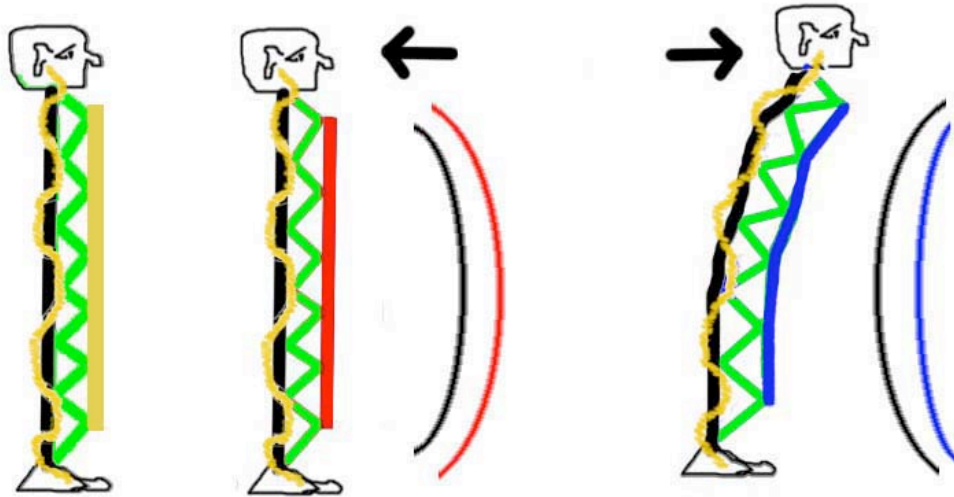


Figura 6.1.14

Para que no lo doble ninguno de estos dos vientos, elaboraremos otra capa de material "muscular", simétrica a la anterior con relación al eje de la primera etapa. En estas condiciones, el maniquí no se curvará bajo ninguno de los dos vientos, al trabajar a tracción una u otra de las capas "musculares" anterior y posterior que le hemos fabricado.

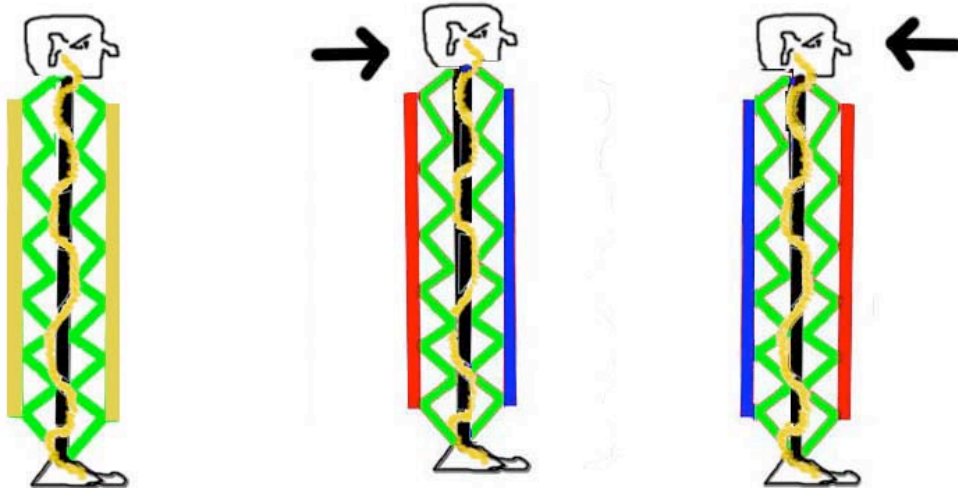


Figura 6.1.15

Si en esta fase le añadimos a la marioneta un sistema nervioso que le permita decidir por sí misma cuándo desea inclinarse hacia delante (flexión) o hacia detrás (extensión), sin vientos que la fuercen, ésta podrá hacerlo con sólo contraer la "musculatura" anterior o la posterior.

Si a estas tres capas de materia muscular las llamamos cadena posterior, cadena central y cadena anterior, podemos admitir que sus funciones son groseramente parecidas a las que realizan las respectivas cadenas musculares del cuerpo

humano. Cada músculo de una cadena está relacionado con los demás músculos de la misma cadena, más fuertemente que con los de las otras cadenas.

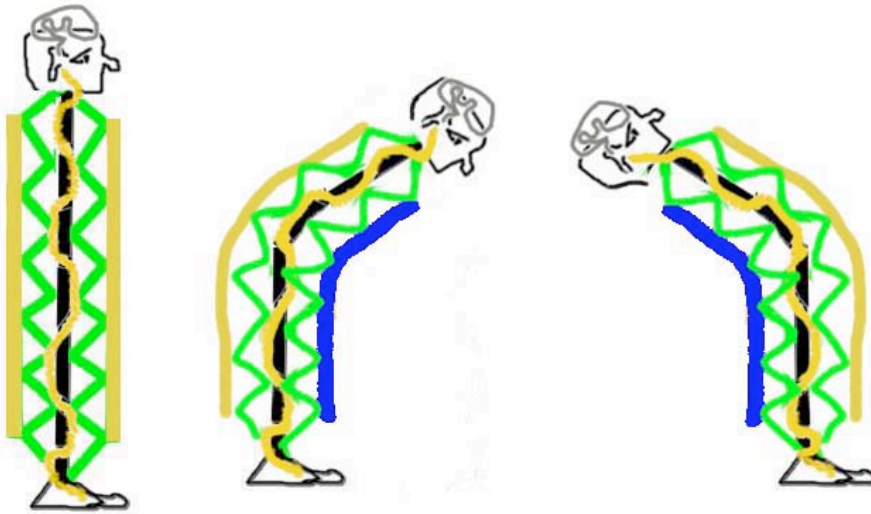
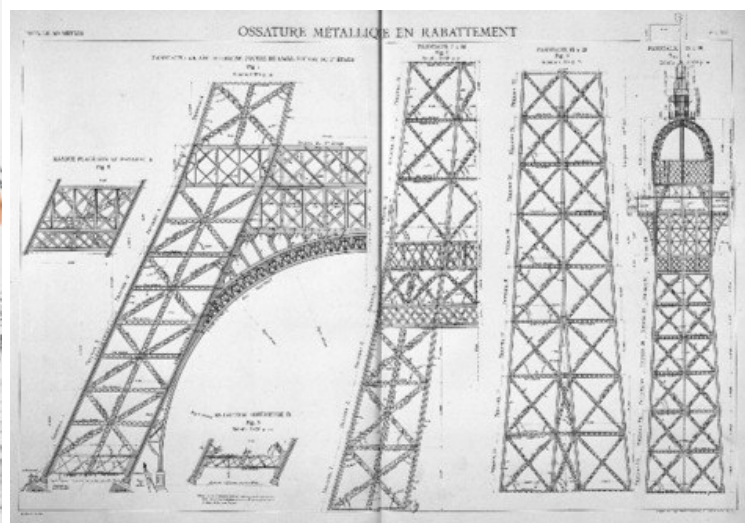


Figura 6.1.16

Las tres cadenas musculares antero-posteriores se complementan con dos cadenas laterales, anterior y posterior, cuyo recorrido puede verse sobre la imagen de Andrea Vesalio, de 1543. Las cadenas se cruzan en cruz de san Andrés, como en los elementos resistentes, en celosía, de la torre Eiffel.



Figuras 6.1.17 (cadenas musculares) y 6.1.18 (detalle de la estructura de la torre Eiffel).

Hace tiempo que los especialistas se han dado cuenta de que no tiene sentido considerar la función de los músculos aisladamente, sin relación con la cadena a la que pertenecen. Esto significa, por ejemplo, que si estamos diseñando una herramienta manual, hemos de saber que la parte del usuario que opera con la herramienta no es sólo la mano. Que si diseñamos un zapato, no sólo nos ha de interesar el pie.

## 9 Posturología

Como bien dice el doctor Bernard Bricot, no basta con ocuparse de la ergonomía del puesto de trabajo; no olvidemos la ergonomía del cuerpo: nuestro equilibrio postural.

Vamos a tratar de la disciplina que se ocupa de explicar los diversos mecanismos que producen la postura en un ser vivo. Entendemos por gesto motor el mecanismo biológico que mueve a un ser vivo o a alguna de sus partes; podría entenderse como la postura en movimiento: ésta es estática, aquél es dinámico.

A principios del siglo XX Charles Bell se preguntaba: ¿Cómo un hombre mantiene una postura inclinada contra un fuerte viento? En la respuesta a esta aguda cuestión se encerraría lo que la posturología puede aportar al conocimiento. ¿Cuáles son los mecanismos que hacen que el cuerpo del que sufre un fuerte viento se mantenga en equilibrio con el aire que le empuja con una fuerza variable y que en nada depende del sujeto? Aun con el viento en calma, podemos preguntarnos cómo hace el cuerpo para mantenerse en bipedestación mientras nuestro cerebro no presta ninguna atención a la postura. Observemos al profesor que, parado ante el encerado, escribe en él difíciles fórmulas: toda su atención consciente está puesta en el razonamiento que está escribiendo, pero no presta atención alguna al cálculo que alguien está haciendo constantemente para que el centro de gravedad de su cuerpo, sus vestimentas y la tiza, caiga dentro del polígono de sustentación que delimitan las suelas de sus zapatos (figura 9.1).

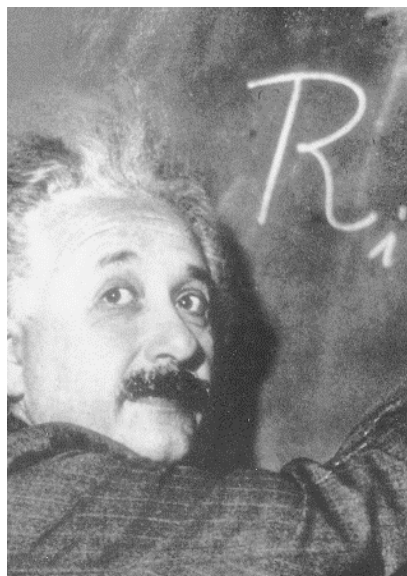


Figura 9.1 - Alguien está aguantando de pie al Einstein que está pensando en sus fórmulas

Ese "alguien" podemos imaginarlo como una parte del sistema nervioso que sabe tomar las decisiones oportunas para dar las órdenes correctas al sistema muscular. En cada músculo hay fibras estructurales y fibras posturales Y las decisiones las toma basándose en la información que le envían los captosres posturales.

Podríamos decir que ese "alguien" es el sistema postural: un todo estructurado, con entradas múltiples y diversas funciones que se complementan entre sí:

- oponerse a la gravedad y mantener una estación erecta;
- oponerse a las demás fuerzas exteriores;
- situarnos en el espacio-tiempo estructurado que nos rodea;
- equilibrarnos en el movimiento, orientarlo y reforzarlo.

Los captosres que colaboran en el mantenimiento de la postura erecta se investigaron durante el siglo XIX. En 1890 ya existía una escuela de posturografía en Berlín. Flourens estudió la importancia del aparato vestibular, Romberg profundizó en el papel de los ojos, Longet en el de la propiocepción de la musculatura paravertebral y Schérington en el "sentido muscular".

Conceptos poco conocidos como el de "sentido muscular", o la relación del aparato masticador con la postura, están actualmente enriqueciendo el oficio de muchos profesionales de la sanidad.

En la percepción de nuestro entorno intervienen exteroceptores y propioceptores:

Los exteroceptores nos sitúan con relación al entorno (tacto, temperatura, visión, audición ...).

Los propioceptores sitúan las partes de nuestro cuerpo con relación al todo, en una postura dada. Si ponemos una mano detrás de nuestra propia espalda, aunque no la veamos, ni la toquemos, ni la oigamos, sabemos dónde está gracias a la propiocepción.

Los centros superiores procesan los datos de estas dos fuentes y gobiernan, en función de ellos, el sistema músculo-esquelético.

### **Captosres del sistema postural**

Consideramos cuatro captosres fundamentales: los pies, los ojos, el aparato vestibular y el aparato masticador. Dos de estas entradas dominan: el pie y el ojo, que son a la vez exocaptosres y endocaptosres. En efecto, el pie capta las irregularidades del suelo y también responde a los desequilibrios que originan las asimetrías del cuerpo del sujeto. El ojo tiene un papel exteroceptivo importante para la postura, en relación con la visión periférica, y un papel propioceptivo ligado a la relación que los músculos oculares guardan con los músculos del cuello y los hombros.

Si el oído interno se desajusta raramente, el pie y el ojo se desajustan con frecuencia, y un ligero defecto de convergencia ocular o una asimetría podal pueden provocar un desequilibrio de las cadenas musculares posturales, haciendo aparecer patologías que son la consecuencia y no la causa del desajuste.

El aparato vestibular, que se encuentra en el oído interno, es uno de los instrumentos que tiene el cuerpo humano para orientarse en el espacio y, pese a ser el más conocido, no es el único; uno de los aportes de la moderna posturología ha consistido en poner de relieve la importancia de otros captosres a los que no se prestaba la debida atención.

El aparato masticador es también co-responsable de la postura del sujeto. Esta circunstancia, desconocida por muchos profanos y algunos dentistas, tiene un interés que no es fácil de entender a pesar de su importancia.

### **El pie**

Al hablar del pie como captor postural, hay que considerar la piel, la musculatura y las articulaciones, incluido el tobillo. La planta posee abundantes exteroceptores gracias a las terminaciones nerviosas que la sensibilizan. La red neuromuscular de la musculatura del pie y los receptores articulares de las numerosas articulaciones que contiene, hacen del pie un endocaptor y, a la vez, un exocaptor de capital importancia para el sistema postural. Las informaciones que capta el pie son enviadas a los centros superiores y también a la musculatura a través de neuronas que estimulan o inhiben la contracción del músculo.

El pie es el final de trayecto de las cargas del cuerpo antes de llegar al suelo; hace de pivote, de entrega entre el cuerpo y el suelo. Por eso puede verse obligado a corregir los desajustes que vienen de arriba, deformándose él para que el conjunto mantenga un equilibrio: es el caso del pie llamado adaptativo. Cuando una mala formación del pie causa un desajuste en el equilibrio del sujeto, hablaremos de un pie causativo.

### El ojo

Las cámaras fotográficas funcionan como el ojo; éste, además, tiene un sistema de transmisión de la imagen a la conciencia a través del nervio óptico.

Los movimientos del ojo están gobernados por tres pares de músculos (figura 9.2) un par orientado verticalmente, otro par horizontalmente y el tercer par de forma oblicua. Pero estos músculos no sólo tienen por misión enfocar y orientar el ojo: también están en comunicación con los músculos del cuerpo, de manera que un desequilibrio en la musculatura ocular se transmite a la musculatura corporal y, por lo tanto, modifica la postura del sujeto. De ahí la importancia que tiene una visión bien equilibrada en el mantenimiento de una bipedestación sana.

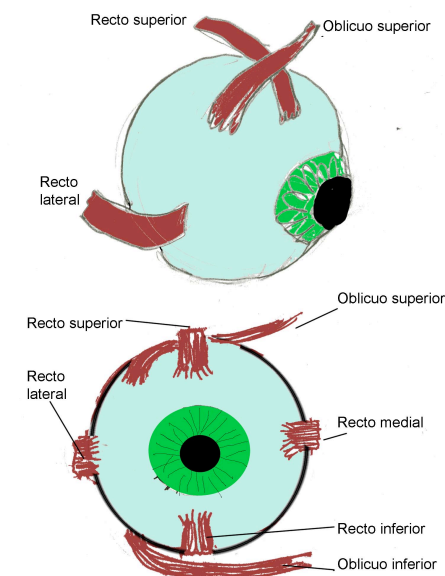


Figura 9.2 - Musculatura del ojo derecho

### El aparato vestibular



Los anatomistas han dividido el oído en tres partes: externo, medio e interno (figura 9.3). En el oído externo, el pabellón auditivo u oreja ayuda a captar ondas sonoras con su buena forma algo abocinada. En el oído medio las diferencias de presión del aire se transforman en sonido, al transmitirse la vibración del tímpano al martillo y al yunque; el estribo, conectado al yunque, transmite la onda al caracol, en cuyo interior existen unos cilios de dimensiones variadas que tienen cada uno una frecuencia propia de vibración diferente y que entran, o no, en resonancia con la onda que les llega si la frecuencia de dicha onda coincide con la del cilio. En el interior del caracol, pues, los impulsos mecánicos de cada frecuencia se convierten en eléctricos y por ese conducto, la percepción del sonido llega al cerebro.

Pero el oído interno contiene también otros órganos que no colaboran a la audición: el vestíbulo y los canales semicirculares que son captadores del sistema tónico postural.

Los tres canales semicirculares están orientados muy euclidianamente, son ortogonales entre sí y paralelos a los planos anatómicos. Al inclinar la cabeza, unos cilios sensoriales transmiten a células receptoras una presión que éstas convierten en señal eléctrica que envían al cerebro.

En el vestíbulo, el utrículo recibe los extremos de los canales semicirculares; debajo de él, el sáculo envuelve un líquido que contiene unos cristales calcáreos que al acelerarse el cuerpo del sujeto, actúan contra una membrana permitiendo que las células receptoras detrás de la membrana transmitan un impulso a las células neuronales que enviarán la corriente al cerebro.

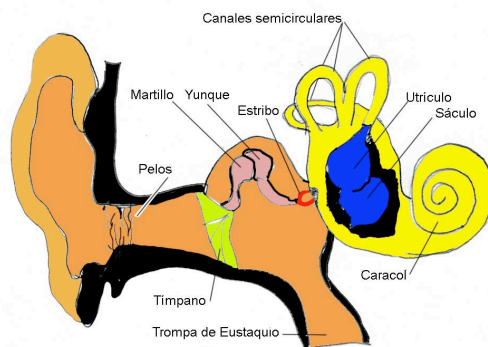


Figura 9.3

### El aparato masticador

Las células que forman los dientes tienen el mismo origen ontogenético que las células nerviosas. Eso significa que durante el desarrollo del feto existe un estado de la multiplicación celular en el que un mismo tipo de célula da lugar a células del tejido nervioso y a células que han de formar los futuros dientes. Por eso no es de extrañar que los dientes sean propioceptores.

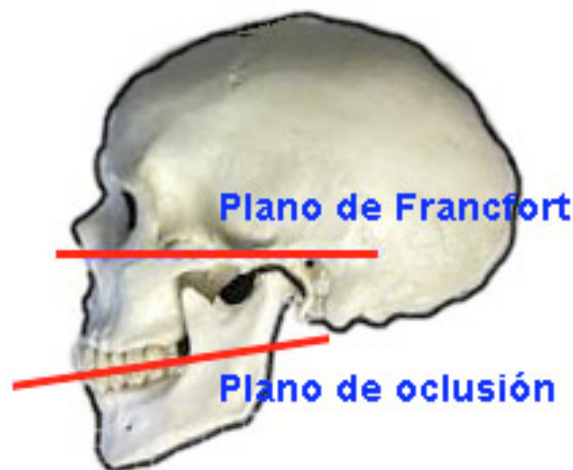


Figura 9.4

El plano de Francfort es un plano ideal que pasa por la parte superior del conducto auditivo y la inferior de la órbita ocular. La orientación que se considera normal para la cabeza es la que sitúa horizontal al plano de Francfort.

La oclusión, el encaje del arco dental superior con el inferior, ha de estar en un plano inclinado de  $4^{\circ}$  a  $6^{\circ}$  con relación al plano de Francfort (figura 9.4) en casos de dentadura normal. Cualquier malformación o desequilibrio en el aparato masticador es percibida por el sistema nervioso, a través del nervio trigémino. Algunos posturólogos se preguntan si el aparato masticador es un elemento regulador del sistema tónico postural o simplemente un elemento potencialmente perturbador del mismo. En lo que no existe controversia es en el concepto de que el aparato masticador tiene relación con la postura del individuo.

### La teoría del caos

El admirable Stephen Hawking, en su conferencia "¿Juega Dios a los dados?" cita la frase de Laplace: "si en un tiempo, conocemos las posiciones y velocidades de todas las partículas del universo, entonces podríamos calcular su comportamiento en cualquier otro tiempo, en el pasado o en el futuro". Hawking utiliza esta frase como punto de partida hacia el Principio de Indeterminación de Heisenberg del que hemos hablado en el capítulo 5.1. Muestra como, después del Principio de Indeterminación, la hipótesis laplaciana de una predictibilidad determinista está en desuso. Desde nuestro oficio deberíamos aprender que la predicción del uso de un objeto diseñado puede ser altamente indeterminada: la anécdota de la señora que revistió un asiento de Mies van der Rohe con un tapizado estampado que a Mies le pareció inaceptable, ilustra el principio de indeterminación del diseño: el maestro racionalista vio transformarse en ridículo un objeto que él ideó para ser sublime o, cuando menos, muy elegante. En nuestro oficio, algo parecido a este principio sucede con frecuencia; he aquí otro ejemplo: los diseños racionalistas de los años treinta del siglo pasado, que estaban hechos para abaratar la producción y para que las clases desfavorecidas accedieran a un mobiliario económico, se venden actualmente en tiendas elitistas, a precios no económicos. La moda aporta un ejemplo constantemente renovado: lo más "*inn*" tarda poco en transformarse en lo más "*out*"

y nadie puede predecir si lo mas *demodé* de hoy pueda mañana volver a hacer furor, o no.

Edward Albert Feigenbaum, investigador de la inteligencia artificial que se ha ganado el sobrenombre de "padre de los sistemas expertos", hacia el 1974 pasaba mucho tiempo observando las nubes en horas de trabajo, mientras en IBM le buscaban un nombre a los fractales, y Stephen Smale demostraba que los "atractores" podían ser "extraños". Un atractor es el conjunto hacia el que el sistema evoluciona después de un tiempo suficientemente largo; si este conjunto puede representarse por un punto, una línea o una superficie, decimos que el atractor es simple; en el caso de un péndulo, que con el tiempo se para siempre en el mismo punto, el conjunto atractor es un punto.

Si este conjunto no es una figura geométrica, si es topológicamente extraño, se le llama atractor extraño. La descripción de atractores de sistemas dinámicos caóticos ha sido uno de los grandes logros de la teoría del caos. Las representaciones de los atractores extraños suelen constituir bellos cuadros y esculturas de estilo abstracto; es de notar que cuando el arte elabora la abstracción, la ciencia matemática produce esas formas, claros ejemplos de abstracción como tendencia artística (figura 9.5). En la historia de la arquitectura occidental, el templo griego actúa como un atractor al que repetidamente vuelven los arquitectos, como si la construcción no pudiera pasar demasiado tiempo sin visitar el Partenón.

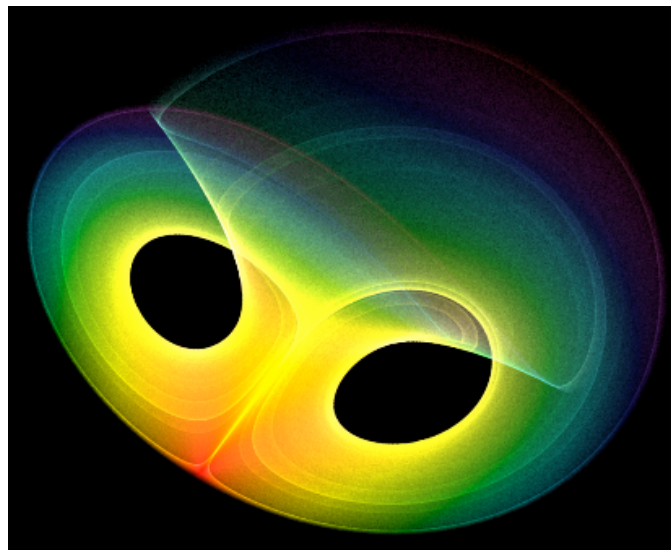


Figura 9.5 - Atractor extraño de Lorenz

## Serendipidad

Así se llama a la circunstancia en la que se producen hallazgos o ideas nuevas en el transcurso de la búsqueda de algo diferente a lo que se encuentra. El descubrimiento de un nuevo continente por parte de Colón cuando lo que buscaba era el continente de Indias, es producto de la serendipidad, como lo es el de la penicilina, que Fleming encontró por descuido de unas placas en las que había cultivado una bacteria llamada *Staphilococcus aureus*. El local donde las descuidó reunía las condiciones de temperatura y humedad precisas para el desarrollo de un *penicilium*, hongo que tenía la capacidad de segregar una sustancia que acababa con la bacteria: la penicilina. Fleming supo encontrar lo que no buscaba; Colón se

dio contra lo que no buscaba. En todo trabajo en que interviene la creatividad, puede estar presente la serendipidad. Cuando Feigenbaum observaba las nubes quizás buscara en su forma caótica inspiración para entender cómo funciona la inteligencia humana; si era así, Feigenbaum era un "serendípico" consciente y activo. Como Fleming, cualquiera de nosotros corre el riesgo, al trabajar en un proyecto, de encontrar soluciones a otros proyectos que quizás nadie nos ha solicitado y, si se presenta este caso, es conveniente tener en cuenta que nuestra inventiva trabaja más como una nube que como un polígono regular y que parte de nuestra tarea ha de ser la de poner orden en el "caos" de ideas y posibles soluciones que hemos sido capaces de imaginar. Y no todas las soluciones que juzgamos inoportunas para el problema que estamos tratando han de ser inútiles. No hagamos como el protagonista de aquel chiste en el que dos amigos salen a buscar setas y uno de ellos, de repente da un grito de alegría y se agacha a recoger un hermoso reloj de oro que encuentra en el suelo. Gozoso, se lo tiende a su compañero; éste lo coge, lo mira y ve que se trata de un reloj de marca, carísimo. Hace un mohín de disgusto y lo tira, riñendo a su amigo:

- Mira que te lo tengo dicho: ¡cuando vamos a setas, setas, y los relojes cuando vayamos a relojes!

### **Zen, I Ching y teoría del Caos**

Uno de los hexagramas del libro de adivinación chino *I Ching* es *HSIAO CH'U*; su título es "El domesticador o el poder de lo pequeño".

Reza un dicho zen: el batir de un ala de mariposa mueve las estrellas. Llama la atención que el contenido de ese hexagrama del rancio libro de adivinación y el antiguo proverbio zen sea el mismo que el del moderno "efecto mariposa" de la teoría del Caos: ¿puede el aleteo de las alas de una mariposa en Japón desatar un huracán en Florida? Este curioso efecto lo puso de manifiesto Edward Lorenz en los años sesenta del siglo pasado, al tratar de establecer fórmulas matemáticas que permitieran predecir la meteorología. Se dio cuenta de que haciendo dos suposiciones previas casi totalmente idénticas, la pequeña diferencia entre ambas podía dar lugar a enormes diferencias en la predicción de las condiciones meteorológicas de un futuro no muy lejano: como si una diferencia tan liviana como el aleteo de una mariposa pudiera ocasionar un huracán que no hubiera existido sin ese leve aleteo.

Los posturólogos de la bipedestación han tomado el efecto mariposa como agua de mayo y nos dicen que un pequeño desajuste en un pie, en un diminuto músculo ocular o en una muela, puede tener efectos catastróficos en el sistema músculo-esquelético de un sujeto (figura 9.6). En efecto, supongamos que al sujeto en buena bipedestación (1) le sobreviene un pie izquierdo varo; esta circunstancia hará que el tobillo descienda un poco, lo cual arrastrará una leve caída de la parte izquierda de la cadera, antes normalmente horizontal. La espina dorsal, antes vertical, se inclinará y, aunque el ángulo sea pequeño, el desplazamiento de la cabeza ya no será tan insignificante y, para recuperar la posición primitiva de los ojos, el sujeto corre el riesgo de producirse una escoliosis en la espina dorsal (3), pues lo que no sucederá es que se quede en la postura 2.

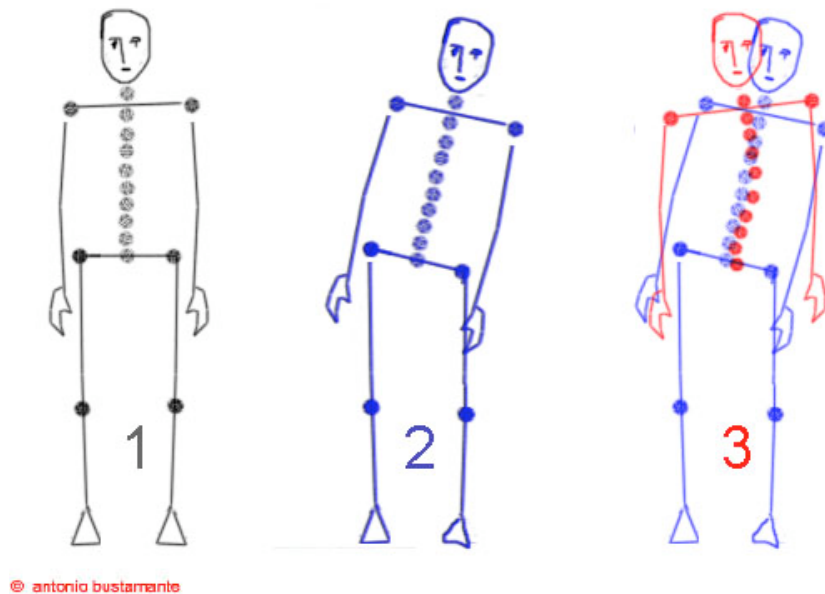


Figura 9.6

En este caso, los hombros y la pelvis han basculado en sentidos opuestos: es lo que sucede cuando el captor inicialmente perturbado es el pie.

Si basculan en el mismo sentido, la causa inicial es un desajuste en la vista (figura 9.7). Podemos entender hasta qué punto el efecto mariposa es relevante en posturología si tenemos en cuenta que un problema de visión al que el oculista no otorga mayor importancia puede ser la causa de una deformación postural grave. Aquí el posturólogo descubre la importancia de lo que para el oculista es pequeño, como en el hexagrama del I Ching.

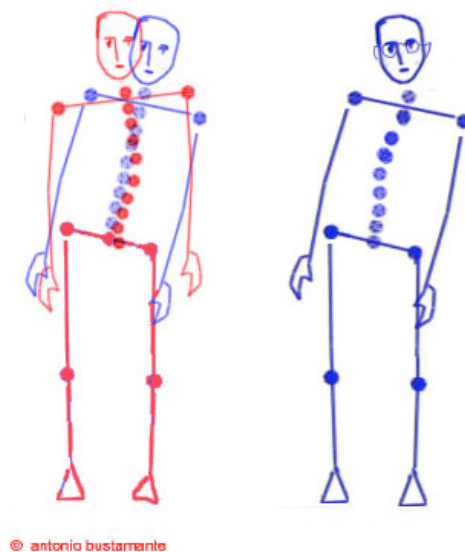


Figura 9.7

## Responsabilidad del diseño en la patología postural

El impacto de un desajuste en el diseño puede tener consecuencias graves en la salud postural del usuario: un pequeño detalle en el diseño de un lavabo puede obligar al usuario a adoptar posturas que sobrecargan inútilmente la columna vertebrada. En el capítulo 7 hemos visto la inconveniencia, desde un punto de vista biomecánico, de hacer reverencias, así como las connotaciones negativas que, desde un punto de vista emocional, tiene la postura del que se cierra sobre sí mismo.

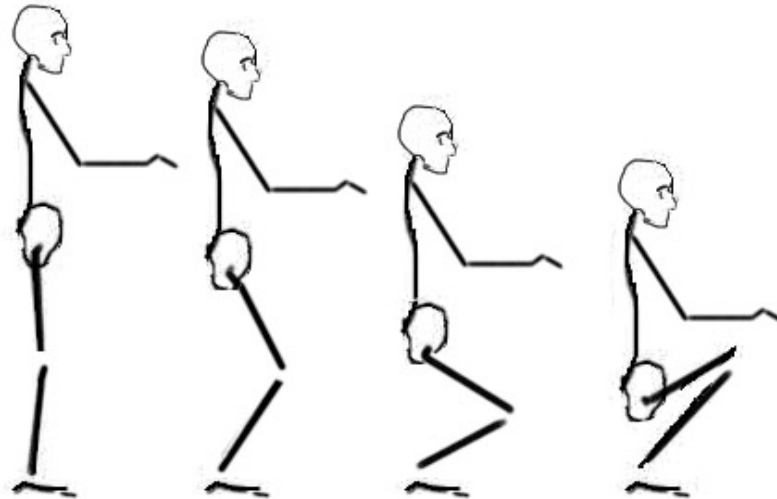


Figura 9.8

En la figura se representa el esquema de cómo se debe hacer bajar el nivel de los ojos: flexionando las piernas; todo objeto que tenga que colaborar a una actividad del usuario y que le impida bajar de esta manera la altura de los ojos para ver o de las manos para acceder, obligándolo a adoptar posturas patógenas, es un objeto inconveniente: en el lavabo de la figura 9.9, el usuario se ve obligado a adoptar las posturas patógenas de la reverencia (capítulo 7).



Figura 9.9



## Paradología y sedentología



Figura 9.10 - "Me paro en una mano", fotografía de Diego Carrejo Murillo

En la figura 9.10 podemos admirar la capacidad de la mano como captor postural en el caso infrecuente de un sujeto en estación "monomanual". El diálogo postural entre el muchacho y el suelo, se vale de la vista, del aparato vestibular y de la propiocepción muscular, pero la palma de esa mano-apoyo, además de transmitir el peso del cuerpo al pavimento, le habla al cuerpo y le dice cómo tiene que orientar sus partes para mantenerse en equilibrio. Este atlético muchacho compone con su cuerpo una construcción audaz, y quizás sea lo que tiene de constructivamente audaz esta postura inverosímil lo que atrajo la atención del autor de la foto: el arquitecto colombiano Diego Carrejo Murillo. Los pies del chico boca abajo parecen mantener el apelotonado suburbio que trepa por la ladera, echando ramas que engarzan al barrio y aparecen como buqués verdes entre el amasijo de casas.

Así que si Charles Bell, a principios del siglo XX se preguntaba cómo un hombre mantiene una postura inclinada contra un fuerte viento, un siglo más tarde podemos preguntarnos cómo este muchacho mantiene una postura vertical contra toda lógica, con una orientación de sus segmentos corporales que ensancha el concepto de verticalidad humana. Y es que la bipedestación, o estación bípeda, no es más que un caso particular de la postura humana, y otros casos particulares son el de la estación sedente o el de nuestro atleta colombiano, cuya imagen se titula "Me paro en una mano". En castellano peninsular traduciríamos este título por el de "Me pongo de pie sobre una mano", que es una expresión absurda, o por "Me pongo de mano", que tampoco tiene mucho sentido. La ciencia posturológica, con todo el interés que tiene, es una disciplina que estudia mayormente el estar parado -o de pie, en castellano peninsular-. No pueden negarse sus exitosas aplicaciones al deporte de élite, pues al ser el gesto la postura en movimiento, perfeccionando la postura se perfecciona el gesto motor, pero la posturología de la estación sedente, la sedentología, es una disciplina que debería interesarse por la postura inducida por objetos ajenos al cuerpo del hombre, y cuando la biomecánica del ser humano trabaja con un objeto que es ajeno a su cuerpo, los captos del sujeto han de ocuparse del sistema hombre-objeto y en estas condiciones pueden verse desbordados por la importancia excesiva del papel de ese objeto con el que actúan. En la figura 7.7 hemos visto la imagen de un niño escribiendo; observemos el detalle

de la lengua que saca, de la anormal inclinación de la cabeza, con la insana diferencia de distancia entre la plumilla y cada uno de sus dos ojos. Saca la lengua porque está forzando el dedo pulgar, que pertenece a la cadena muscular lingual, y se inclina en esa forma porque está como auto-hipnotizado, absorto en su tarea. La postura de este muchacho es la del sistema niño-pluma: todo él está puesto en la punta de la plumilla y su postura hay que estudiarla desde la sedentología y no desde la paradología.

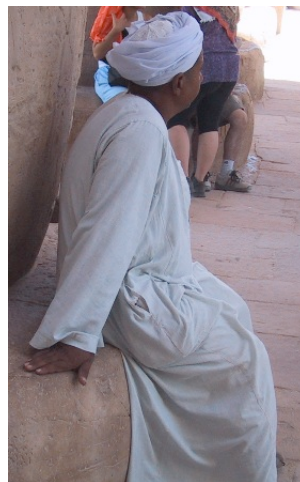


Figura 9.11

### **Nociones elementales de sedentología**

En cualquier postura de descanso, en la que el sujeto se apoya en un objeto para reposar, hay que tener en cuenta unos pocos conceptos básicos aplicables a la infinidad de casos posibles.

Si la postura inducida por el objeto reposador implica la verticalidad del tronco, convendrá mantener las curvas naturales de la columna vertebrada -que son propias de la bipedestación- en la postura sedente. En las figuras 9.12 y 9.13 vemos dos formas de sentarse pertenecientes a una misma cultura; en la primera, el sujeto ha perdido sus curvas naturales de la espalda; en la segunda el sujeto descarga a través de los brazos buena parte del peso del tronco, el cual presenta una forma más parecida a la de una correcta bipedestación. Nótese que este último tiene la cabeza menos hundida entre los hombros que el sujeto anterior.



Figuras 9.12 y 9.13

En la figura 5.3.11 hemos visto dos perfiles completamente diferentes de dos posturas aparentemente muy semejantes: como en el efecto mariposa, una pequeña

diferencia en la forma del asiento da lugar a una diferencia enorme en la salubridad de la postura.

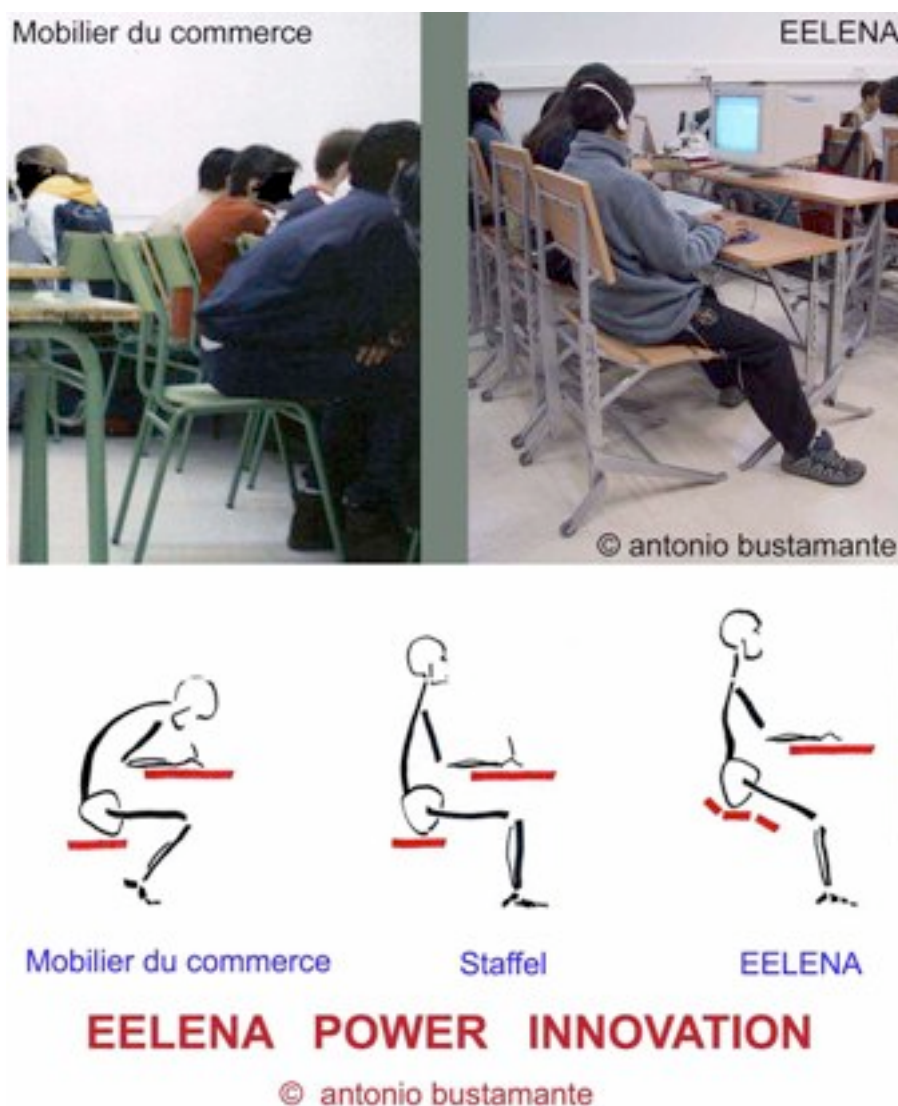


Figura 9.14

En la figura 9.14, arriba, vemos unos escolares sentados en el mobiliario patógeno que inunda nuestras escuelas y otros que utilizan un mobiliario que induce posturas que no deforman la espina dorsal. En la parte de abajo se esquematiza la postura deforme de la sedestación moderna, la postura propuesta por el doctor Staffel en la Alemania de 1884 y la propuesta por mi asiento que trata de inducir en el sedente la postura del astronauta, de la que ya se habló en el capítulo 5 como postura-diana saludable <sup>3</sup>.

El objeto reposador debe facilitar el cambio de postura, permitiendo un mínimo masaje de las áreas del cuerpo en contacto con el objeto: la rigidez es insana, incluso en posturas convenientes.

---

<sup>3</sup> Véase: Antonio Bustamante "Mobiliario Escolar Sano", editorial Mapfre S.A., Madrid 2004.

Como es frecuente que el sujeto sedente realice una actividad durante la sedestación, tendremos en cuenta que lo que está delante de él va a determinar su postura más que lo que está detrás y debajo de él: que la mesa es más determinante postural que el asiento. La actividad toma el mando de la postura, como en el muchacho de la figura 9.11.

La vista insuficiente o una posición defectuosa de las gafas pueden inducir posturas patógenas en la persona sentada que realiza una actividad.

Si la actividad a realizar es la de ingerir alimentos, procuraremos no comprimir el estómago sobrecargándolo con tensiones innecesarias, como el sujeto de la figura 9.15



Figura 9.15

Las mujeres embarazadas deberán evitar los asientos en ángulo recto y procurar sentarse con un ángulo tronco-fémur lo más abierto posible (figura 9.16).



Figura 9.16

Al adoptar cualquier postura de reposo será bueno no perder las curvas naturales de la espalda durante largos periodos de tiempo. La diferencia entre las dos imágenes de un mismo sujeto sentado en asiento patógeno moderno y reposando en asiento que cumple las condiciones apuntadas, puede apreciarse en la figura 9.16.

## **La ayuda del mobiliario a la postura sana y la formación postural**

Si antaño los médicos recomendaban la musculación como remedio a los males derivados de malas posturas, hogaño los posturólogos hacen más hincapié en la formación que en la musculación, como si hubieran descubierto que más vale maña que fuerza. Por eso se debe prestar especial atención al desarrollo y la formación en las primeras etapas de la vida. Proveer al escolar de un mobiliario no patógeno y de una formación postural parece algo sensato y de evidente necesidad, pero el horror al cambio y otras razones de índole más económica que ergonómica se oponen constantemente a esta mejora, con la excusa de que hay que demostrar que el cambio vale la pena, y preguntan: ¿es posible evaluar fiablemente la conveniencia de una modificación del mobiliario para la docencia en las escuelas?

Primero: hay que definir "la conveniencia",  
segundo: concretar la manera de evaluarla, y  
tercero: demostrar que la evaluación es fiable.

### **Definición**

Diremos que un mobiliario escolar "A" es más conveniente que otro "B", cuando "A" provoca menos trastornos que "B" en la salud de sus usuarios.

### **Evaluación**

Evaluar la influencia del mobiliario escolar en la salud del alumnado usuario, requiere la definición previa de a qué tipo de influencia nos referimos. Admitiremos que el único efecto del mobiliario escolar en la salud del alumnado es el causado por la postura que el mobiliario induce en el cuerpo del usuario. Prescindiremos así de la posible toxicidad de los materiales, del efecto no neutro de la calidad estética del mobiliario, del efecto psicológico que los colores provocan en el usuario y de las circunstancias ajenas al mobiliario en sí que constituyen acciones no directamente dirigidas a la salud del alumno, pero con repercusiones sobre ella, en bien o en mal. Si prescindimos de controlar estas variables es porque no nos es posible controlarlas.

Para medir, con las restricciones citadas, el efecto del mobiliario escolar sobre sus usuarios, podríamos establecer el seguimiento de un gran número de alumnos que, habiendo utilizado durante todo el periodo escolar el mobiliario experimental, fueran observados durante toda su vida por equipos médicos que pudieran opinar -cada vez que el sujeto presentara alteraciones de la salud- sobre la posible relación entre la alteración observada y el mobiliario de la etapa escolar del sujeto.

Otro grupo de un gran número de alumnos que hubiera utilizado durante todo el periodo escolar un mobiliario no experimental sería seguido y controlado durante toda su vida por los mismos equipos médicos, con los mismos criterios de control empleados con el grupo experimental.

Antes de continuar el examen del pliego de condiciones del experimento, parémonos a sopesar las dificultades más evidentes:

Si bien está claro a qué nos referimos cuando hablamos de "mobiliario experimental", no lo está al referirnos a "mobiliario no experimental": éste debería ser un mobiliario igual para todo el grupo de referencia y el experimento sólo sería válido para comparar estos dos tipos de mobiliario. La realidad es que en los centros docentes conviven varios tipos de mobiliario y no podemos establecer con la

seriedad requerida el concepto de "mobiliario no experimental", por la incapacidad que tenemos de definirlo.

El equipo médico debería trabajar en la observación de las dos poblaciones desde el principio de la primera escolaridad de éstas hasta -por lo menos- el año de la defunción del escolar observado más longevo: los médicos que comenzaran la experiencia no podrían albergar la esperanza de ver su final.

Si esta experiencia se hubiera iniciado en los años 70, la llegada del ordenador a las aulas hubiera significado un cambio imprevisible en la manera de utilizar el mobiliario; esto hubiera obligado a reiniciar la experiencia no antes de los años 90.

Los grupos de observación y de referencia habrían de ser lo más homogéneos posible, desde el punto de vista social, económico y cultural. Y cada grupo habría de ser cuanto más numeroso, mejor: una clase de 30 alumnos sería ampliamente insuficiente para nuestro caso. Si los grupos de observación y de referencia se reclutan en un solo centro, se precisarían no menos de diez promociones de alumnos para justificar la fiabilidad de la experiencia.

Suponiendo que los inconvenientes ya citados se superaran, no podríamos medir las consecuencias del "efecto protagonista" que padecerían los alumnos del grupo de observación, efecto que no depende del mobiliario experimental, sino que está inducido por él. Y también los alumnos del grupo de referencia padecerían del inevitable "efecto protagonista" con consecuencias difícilmente previsibles. Es atractiva la idea de conjeturar sobre la influencia del "efecto protagonista" en esta posible experiencia: es atractiva pero inútil, porque la experiencia no es posible: es imposible. Esto no nos impide conjeturar que no es posible evaluar fiablemente la conveniencia de una modificación del mobiliario para la docencia en las escuelas, con talante científico.

### **Evidencia de que la evaluación no es fiable, o Principio de incertidumbre de casi todo lo que tiene interés**

La evaluación que proponemos no es fiable, pues no podemos pretender realizar un razonamiento con talante científico sobre una experiencia que nos es imposible llevar a cabo.

La imposibilidad de demostrar lo que nos parece evidente es una fuente de angustia, tanto mayor cuanto más importante nos parezca el asunto indemostrable. Pero hemos de aceptar que es mejor no tratar de engañar -bajo la excusa de que el fin justifica los medios- porque con esta regla del juego puede llegarse a estar convencido de poseer la verdad, la exclusividad del bien y a disculpar cualquier crimen. Así que nos limitaremos a manifestar "a mí me parece que ..." o "apuesto a que ..." en vez de "tal como queda demostrado ..." Esto nos permite llegar a conclusiones de precisión ambigua como la que dice: algunos hombres y mujeres calzados del siglo XX tenían unas medidas corporales parecidas a las que aparecen en la ilustración del capítulo dedicado a la antropometría en este texto: no es un concepto de enorme importancia, pero no es falso ni pretende un rigor que no tiene.

Este remedo del principio de incertidumbre de Heisemberg se me antoja un ejercicio espiritual de realismo que ayuda a aterrizar a quien ha echado a volar con el método científico y -sin darse cuenta- ha puesto a la Ciencia donde Moisés ponía a Yavé: fuera y por encima del hombre, y capaz, por lo tanto, de juzgar la coherencia de todo lo que tiene interés para el ser humano.



Para consolarnos del reconocimiento de tan triste situación, recordemos las palabras de Aristóteles que nos ayudarán a recentrar la cuestión:

"Nuestra aspiración, en efecto, no es saber qué es la fortaleza, sino ser fuertes; no saber qué es la justicia, sino ser justos, de la misma manera que deseamos estar sanos más bien que averiguar en qué consiste la salud, y gozar de buena constitución corporal más bien que averiguar en qué consiste la buena constitución corporal." <sup>4</sup>

### **Una manera de medir la influencia del mueble sobre la postura**

El posturólogo y profesor de educación física Marcel Plà ha llevado a cabo una experiencia de especial interés a lo largo de cinco años en su escuela de Carcasona (Francia). El interés principal de esta experiencia consiste en responder a la gran pregunta que en apartado anterior hemos dejado sin respuesta. Plà ha controlado durante cinco años a tres grupos de alumnos:

1. un grupo de referencia,
2. un grupo que utilizaba un mobiliario que induce la postura del astronauta, y
3. un grupo que utiliza el mobiliario del grupo anterior y que, además, recibe formación postural impartida por el propio profesor Plà (figura 9.17).

La influencia del mobiliario y la formación sobre el alumno se mide haciendo un control semestral del sentido del equilibrio del alumno<sup>5</sup>. Al ser mayor la ganancia de sentido del equilibrio en el grupo 3 y menor en el 1, se comprueba que la influencia del mobiliario y la formación educan posturalmente al alumno y, por lo tanto, hacen menguar *a fortiori* el riesgo postural.



Figura 9.17

El que se tenga que demostrar la evidencia de que el mobiliario escolar que en España no cesa de provocar malos hábitos posturales en la población escolar es

---

<sup>4</sup> Aristóteles. Ética a Eudemo.

<sup>5</sup> El sentido del equilibrio se evalúa con una plataforma de fuerzas, aparato que sitúa analítica y gráficamente el centro de gravedad proyectado sobre un plano horizontal.



peor que cualquier configuración de trabajo que tenga en cuenta la biomecánica del usuario, da una idea de la potencia de los intereses económicos que hay detrás de ese sector del mercado del mueble que, con escenografías de laboratorio científico pretenden hacer creer que un niño lleno de bombillas es garantía de una postura sana, cuando el niño está utilizando un puesto de trabajo paradigma de lo insano (figura 9.18). El alumno se familiariza más con el sistema tónico postural si se le proponen ejercicios de trabajos manuales que tengan por objetivo representar la complejidad de este sistema, interconectando sistema nervioso, músculo-esquelético, captadores y buen humor, como en la figura 9.19.

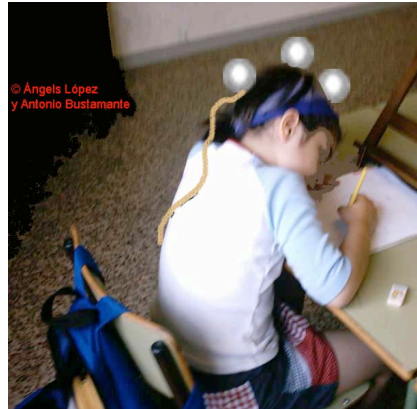


Figura 9.18 - Una escenografía aparatosa para una configuración desastrosa



Figura 9.19 - Ejemplo del autor sobre una propuesta de Marcel Plà para ejercicio de trabajos manuales y posturología