

Departamento de Dibujo
Facultad de Bellas Artes
UNIVERSIDAD DE GRANADA
2011

Diseño y evaluación de diagramas cualitativos y su aplicación al análisis de visualizaciones de la clasificación biológica.

TESIS DOCTORAL

Doctoranda: Paloma López Grüniger

Director: Dr. Manuel Vélez Cea

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Paloma López Grüniger
D.L.: GR 1167-2012
ISBN: 978-84-695-1191-6

Departamento de Dibujo
Facultad de Bellas Artes
UNIVERSIDAD DE GRANADA
2011

Diseño y evaluación de diagramas cualitativos y su aplicación al análisis de visualizaciones de la clasificación biológica.

TESIS DOCTORAL
Doctoranda: Paloma López Grüniger
Director: Dr. Manuel Vélez Cea

Esta investigación se ha realizado gracias a la beca recibida por el Schweizerischer Nationalfonds SNF, y llevada a cabo en la escuela de graduados “Imagen y Conocimiento” (Bild und Wissen) del eikones – NFS Bildkritik en Basilea, Suiza.

A mi director, Manuel Vélez Cea, por sus consejos y sugerencias, su paciencia y su inconfundible sentido de humor.

Al proyecto eikones – Bildkritik, y en especial a Gottfried Boehm, director del proyecto, por haberme dado la oportunidad de acceder a un mundo desconocido hasta entonces para mí. A Ludger Schwarte, director del Colegio de Graduados de eikones, y a mis compañeros del grupo “Bild und Wissen”, por el interés con el que acogieron mi proyecto.

A la Escuela Superior de Arte y Diseño de Basilea, y en especial a Michael Renner, director del Instituto de Comunicación Visual, a Nicolaj van der Meulen y a Helga Aichmaier, por las inspiradoras y productivas discusiones sobre investigación y diseño.

A Petra Mahon, por la traducción de los textos al inglés.

A mis padres, por su inquebrantable confianza en mí, y por haberme enseñado a luchar por mis sueños y a seguir mi intuición.

A Roman, por el apoyo incondicional y la paciencia con la que me ha acompañado a lo largo de estos años.

A mis amigos, aquellos que han aguantado mis interminables monólogos sobre el tema, y no se han cansado de animarme. Aquellos que con discusiones y preguntas han contribuido al progreso de este trabajo, los que me han ayudado a solventar algún problema técnico, los que han compartido conmigo su lugar de trabajo. Y a todos aquellos que en alguna ocasión me rescataron compartiendo un café y unas risas.

El presente trabajo se inscribe en el ámbito del diseño de información, y estudia de modo detallado la manera en la que los diagramas cualitativos forman su significado. Para ello, se analizan los diferentes tipos de códigos, tanto espaciales como gráficos, de los que dispone el diseñador cuando traduce el contenido al ámbito de lo visual. Se examina asimismo la manera en la que estas imágenes son interpretadas por el observador, describiendo los aspectos perceptivos, asociativos, y convencionales implicados en el proceso. A través de la yuxtaposición de variantes visuales se investiga además, de manera gráfica, los diferentes problemas que surgen cuando un observador afronta la descodificación del contenido de un diagrama. Estas dificultades se hallan con frecuencia relacionadas con las limitaciones propias del mismo medio en el que se expresa la imagen.

La metodología de análisis se aplica a una serie de diagramas ramificados de diferentes épocas, que juegan un papel central en la historia de la sistemática biológica. De este modo se consigue profundizar el conocimiento existente sobre la interacción que surge entre imagen y espectador. Al describirse en detalle la compleja situación comunicativa a la que se enfrentan estas visualizaciones, logra demostrarse que la asociación de significados fijos a una determinada tipología de diagrama cualitativo resulta poco conveniente.

ABSTRACT

This study falls within the field of information design, and takes an in-depth look at the way in which qualitative diagrams forge their meaning. To do so, the different types of spatial and graphic codes available to the designer when translating content to the realm of the visual are analysed. Likewise, the way in which these images are interpreted by the observer is examined, describing the perceptual, associative and conventional aspects involved in the process. Through the juxtaposition of visual variants, the different problems that arise when an observer decodes the content of a diagram are also graphically explored. These difficulties are frequently related to the inherent limitations of the medium in which the image is expressed.

The analysis methodology is applied to a series of branching diagrams from different eras, which play a major role in the history of systematic biology. This offers the opportunity to go deeper into existing knowledge on the interaction between image and spectator. The detailed description of the complex communication situation facing these visualisations shows that the association of set meanings to a given type of qualitative diagram proves to be inadvisable.

Índice

Introducción	17
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO	18
JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	20
METODOLOGÍA	22
CONTEXTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	24
Introduction	29
HYPOTHESIS AND OBJECTIVES	29
JUSTIFICATION FOR THE PROPOSAL	31
METHODOLOGY	32

CAPÍTULO 1

La visualización de informaciones: Contexto y principales tipologías	35
---	----

1.1 El diseño de información	37
1.1.1 DEFINICIÓN, DESARROLLO HISTÓRICO Y CAMPO DE APLICACIÓN	37
1.1.2 DISCIPLINAS RELACIONADAS	40
La arquitectura de la información	41
La visualización de conocimientos	42
La visualización de información	42
La visualización científica	44
Discusión	44

1.2	Diferenciación de las tipologías visuales	47
1.2.1	SEGÚN LA RELACIÓN QUE LA IMAGEN PRESENTA CON LA REALIDAD	47
1.2.2	SEGÚN EL NIVEL DE CODIFICACIÓN DE LA IMAGEN	49
1.2.3	SEGÚN EL NÚMERO DE VARIABLES QUE RELACIONA LA VISUALIZACIÓN	51
1.2.4	SEGÚN EL TIPO DE INFORMACIONES VISUALIZADAS	53
1.2.5	OTROS CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN	56
	Según la función que desempeña la imagen	56
	Según el público al que está destinada la imagen	57
	Según el medio en el que ha sido realizada la imagen	57
	Según los criterios formales a los que obedezca la imagen	57
1.2.6	RESUMEN: CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES ESTUDIADAS EN ESTE TRABAJO	58
1.3	El diagrama	59
1.3.1	DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA	60
1.3.2	REPASO HISTÓRICO A LAS PRINCIPALES TIPOLOGÍAS	61
1.4	La gráfica	63
1.4.1	DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA	63
1.4.2	REPASO HISTÓRICO A LAS PRINCIPALES TIPOLOGÍAS	67
	La visualización de la distancia	68
	La visualización del tiempo	71
	La visualización de aquello que no es ni tiempo ni distancia	79
1.5	El grafo	85
1.5.1	ORIGEN HISTÓRICO Y CAMPO DE APLICACIÓN	85
1.5.2	TERMINOLOGÍA	88
1.5.3	DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	89
1.5.4	PRINCIPALES TIPOLOGÍAS	92
	El árbol	92
	La red	95

Diseño e interpretación de diagramas cualitativos

97

2.1	La codificación del diagrama cualitativo	99
2.1.1	EL CONTENIDO Y SU RELACIÓN CON LA IMAGEN	99
2.1.2	LA ORDENACIÓN ESPACIAL	104
	Espacio de codificación total	104
	Espacio de codificación nula	105
	Espacio de codificación parcial	106
2.1.3	LA TRADUCCIÓN GRÁFICA	110
	Los elementos esenciales y las variables de color-textura	111
	Los elementos secundarios	113
2.2	La interpretación perceptiva	117
2.2.1	DEFINICIÓN DE PERCEPCIÓN VISUAL	117
	Percepción visual y diseño	119
2.2.2	LA ORGANIZACIÓN PERCEPTIVA	122
	Principios de la agrupación perceptiva	127
2.3	La interpretación convencional	137
2.3.1	DEFINICIÓN DE CONVENCION	137
2.3.2	LAS CONVENCIONES VISUALES	140
2.4	La interpretación asociativa	145
2.4.1	EL META-MENSAJE DE LA IMAGEN	145
	Mensaje denotado y mensaje connotado	146
	El mito	148
	La imagen canónica y el visiotipo	152

2.4.2	LA METÁFORA	157
	Max Black: La metáfora como interacción	157
	Lakoff/Johnson: La metáfora como mecanismo cognitivo	159
	Forceville: La metáfora pictórica	163
	La metáfora en la informática	167
2.4.3	DISCUSIÓN TERMINOLÓGICA	170

2.5	Análisis de casos ejemplares	177
2.5.1	PERSPECTIVA INFORMATIVA Y CONTEXTO	177
2.5.2	INTERPRETACIÓN DE LA DISTANCIA EN EL ESPACIO NO-CODIFICADO	182
2.5.3	INTERPRETACIÓN DEL ESPACIO VERTICAL NO-CODIFICADO (METÁFORA ORIENTATIVA)	191
2.5.4	INTERPRETACIÓN METAFÓRICA DE LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL	195
2.5.5	INTERPRETACIÓN METAFÓRICA DE LA TRADUCCIÓN GRÁFICA	199
2.5.6	INTERPRETACIÓN DE LOS CAMBIOS DE LENGUAJE GRÁFICO NO-CODIFICADOS	202
2.5.7	INTERPRETACIÓN METAFÓRICA DE LA ABSTRACCIÓN (METÁFORA ONTOLÓGICA)	204
2.5.8	INTERPRETACIÓN METAFÓRICA DE LA NITIDEZ	211
2.5.9	INTERPRETACIÓN METAFÓRICA DEL MEDIO GRÁFICO	216
2.5.10	LAS CONVENCIONES VISUALES	220
2.5.11	METÁFORA VISUAL Y COHERENCIA METAFÓRICA	225

La búsqueda del orden de lo natural y su expresión visual 211

3.1	La sistemática biológica	238
3.1.1	LAS TAXONOMÍAS POPULARES (FOLKTAXONOMY)	240
3.1.2	ARISTÓTELES Y LA CLASIFICACIÓN EN LA ANTIGÜEDAD CLÁSICA	241
3.1.3	LA DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO: BESTIARIOS Y HERBARIOS MEDIEVALES	243
3.1.4	LA IDENTIFICACIÓN DE LA CRECIENTE COMPLEJIDAD: LA CLASIFICACIÓN DESCENDENTE	245
3.1.5	LA ORGANIZACIÓN SEGÚN CRECIENTE PERFECCIÓN: LA SCALA NATURAE	252
3.1.6	LA BÚSQUEDA DEL SISTEMA NATURAL: LA CLASIFICACIÓN ASCENDENTE	256
3.1.7	LA REGULARIDAD DE LO NATURAL: LA MÍSTICA NUMÉRICA Y EL ORDEN PREDECIBLE	261
3.1.8	LA DESCENDENCIA COMÚN: LA RECONSTRUCCIÓN DE LA GENEALOGÍA DE LO NATURAL	263
3.1.9	LA SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA: LA APLICACIÓN DE MÉTODOS NUMÉRICOS	267
3.2	El diagrama ramificado en la biología	275
3.2.1	EL ÁRBOL BOTÁNICO DE AUGUSTIN AUGIER	276
3.2.2	LAS ESTRUCTURAS RAMIFICADAS DE DARWIN	288
	Boceto del Notebook B, página 36, 1837	288
	Boceto del Notebook B, página 26, 1837	296
	Diagrama publicado en «Origen de las Especies», 1859	299
3.2.3	LOS BOSQUES DE HAECKEL	312
3.2.4	LOS DIAGRAMAS EVOLUTIVOS HOY	322
	Los cladogramas: Constitución y significado	323
	Problemas interpretativos de los cladogramas	328
3.2.5	DISCUSIÓN: LA METÁFORA DE ÁRBOL	343

Conclusiones	347
CONCLUSIONS	353
Bibliografía	357
Índice de imágenes	379
Anexos	
ANEXO A: TRANSCRIPCIÓN DEL TEXTO ORIGINAL DE AUGUSTIN AUGIER	387
ANEXO B: TRANSCRIPCIÓN DEL TEXTO ORIGINAL DE CHARLES DARWIN	395

Introducción

Introducción

El papel que las imágenes han desempeñado a través de la historia a la hora de dar forma visual a teorías y conceptos abstractos es muy significativo. Mientras que en unos casos se trata de ilustraciones realizadas a posteriori, forman en otros muchos casos parte central del mismo proceso de investigación, en el que surge un diálogo entre la idea y su expresión gráfica.

Las visualizaciones pueden ser de diferentes tipologías, realizadas en distintos medios, tener su origen en los más diversos procesos: abarcan desde sencillos esquemas garabateados en un papel, hasta complejas estructuras visuales realizadas con el apoyo de las más modernas tecnologías. Pero todas ellas siempre implican un inconsciente e inevitable retrato de su propia época, siempre estarán sujetas a la mentalidad intelectual del momento, condicionadas por los conocimientos de los que parten, las ideologías y creencias que las rodean. Todo ello se refleja indirectamente en las imágenes.

No obstante, existe también un movimiento en sentido opuesto, en el que la visualización repercute en la sociedad de la que procede. La forma inmediata en la que comunican las imágenes puede facilitar la comprensión, pueden ser más convincentes y más clara que palabras o números. De este modo pueden influir de manera decisiva en la exitosa aceptación de una teoría y en su imposición popular.

Pero también pueden ocultar, falsear, disimular, dificultar e incluso impedir, ya sea de manera intencionada o inadvertidamente. No en vano se habla del poder de la imagen.

La relación entre idea y visualización en el campo científico, tanto en el ámbito del conocimiento privado (el proceso de investigación) como en el ámbito del entendimiento público (influencia de las imágenes científicas en la sociedad), se ha convertido en las últimas décadas con frecuencia en tema de estudio. Gran parte de los trabajos dedicados a esta temática proceden del ámbito limítrofe entre la historia de la ciencia (que estudia el desarrollo temporal de los conocimientos científicos y tecnológicos de las sociedades humanas, así como el impacto que la ciencia y la tecnología han tenido históricamente en la cultura, la economía y la política) y la historia del arte.¹

El presente proyecto propone indagar en esta temática relativamente joven, acercándose a la cuestión tanto desde el análisis teórico, como desde la perspectiva del diseño. Comprender el modo en el que los diagramas cualitativos (una tipología específica dentro del amplio espectro de visualizaciones) constituyen su significado es el objetivo principal. Para ello, se estudiará el modo en el que se codifican los contenidos, así como la manera en la que éstos son descodificados posteriormente por el observador. Los conocimientos alcanzados se emplearán entonces para analizar una serie de imágenes centrales en la historia de la clasificación biológica. De este modo se espera alcanzar un conocimiento profundizado sobre la interacción que surge entre imagen y espectador.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

Es habitual que se consideren a los diagramas cualitativos, de manera conjunta con las gráficas cuantitativas, como imágenes monosémicas, es decir, como imágenes que comunican de forma unívoca los contenidos que traducen al ámbito de lo

¹ VOSS 2007; BREDEKAMP 2002; DASTON 2005; JONES/GALISON 1998; PÖRKSEN 1997; entre otros.

visual. Se les atribuye un funcionamiento similar a aquél que presenta, por ejemplo, el lenguaje matemático, donde la relación entre la información a transmitir y los códigos empleados para su expresión visual se halla libre de toda ambigüedad.² Este trabajo pretende demostrar que la situación comunicativa a la que se enfrentan estas imágenes es mucho más complicada. La hipótesis de la que se parte es que el proceso de interpretación de los contenidos que transmiten los diagramas no sólo se rige según los códigos visuales establecidos por el diseñador, interpretando únicamente aquellos elementos y espacios que éste ha definido como significativos, sino que influyen igualmente de modo esencial aspectos perceptivos, convencionales y asociativos.

Es frecuente también que se asocien ciertas tipologías de diagrama a una serie de significados fijos.³ La segunda hipótesis que se plantea en este trabajo se opone decididamente a esta práctica, considerando la interpretación global de una determinada tipología como muy arriesgada. Se identifican dos factores para esta dificultad: la ya mencionada complejidad del proceso interpretativo, y la flexibilidad propia que caracteriza a los diagramas. Se estima que este segundo aspecto tiene su origen en el bajo grado de estandarización que presentan las diferentes tipologías, lo cual concede al diseñador una gran libertad a la hora de establecer los códigos que rigen la constitución del diagrama cualitativo. Es así posible que dos visualizaciones compartan una apariencia similar, aun cuando expresen contenidos muy diferentes, o, al contrario, presenten un aspecto radicalmente distinto, visualizando idénticos datos.

De acuerdo al planteamiento de estas hipótesis, se establecen los siguientes objetivos:

Con respecto a las imágenes estudiadas en el presente trabajo:

- Definir las propiedades que las caracterizan, para delimitarlas frente a otras visualizaciones.
- Clarificar el uso de la terminología que se utilizará en este proyecto para hacer referencia a ellas, dado que a primera vista no parece existir ninguna concordancia en su aplicación.

² BERTIN 1974.

³ DELEUZE/GUATTARI 2008; BREDEKAMP 2005; CLARK 2008; entre otros.

- Analizar el contexto en el que son generadas, haciendo especial hincapié en la disciplina en cuyo contexto se inscribe el proyecto: la del diseño de información.

Con respecto al diseño y la interpretación de los diagramas cualitativos:

- Estudiar el modo en el que se constituye el significado de la imagen a través de los procesos de codificación gráfica y espacial.
- Determinar los diferentes aspectos que, junto a la descodificación literal de la imagen, rigen la interpretación de los diagramas cualitativos. Con este fin se analizará el papel que desempeñan en este proceso tanto aspectos perceptivos, como convencionales y asociativos.
- Definir una terminología de trabajo, que permita hacer alusión precisa tanto a los diferentes elementos que componen a las visualizaciones, como a los fenómenos observados en el proceso de interpretación.
- Crear un repertorio de imágenes que ejemplifiquen de modo sencillo y claro los diferentes aspectos observados en el transcurso del estudio.

Con respecto a la relación entre tipología de diagrama y significado:

- Elaborar una selección de diagramas, tanto históricos como actuales, que pertenezcan a una misma tipología, y que sin embargo visualicen diferentes informaciones.
- Analizar en detalle el modo en el que los diagramas seleccionados presentan semejanzas y diferencias entre sí en cuanto a su contenido, su codificación y su interpretación.

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

En los últimos cincuenta años ha salido al mercado una amplia variedad de publicaciones que se dedican de modo explícito al estudio de las gráficas cuantitativas (aquellas imágenes que expresan relaciones de cantidad, como por ejemplo las gráficas de barras o las gráficas de pastel). En ellas suele prestarse especial atención al modo en el que estas visualizaciones pueden transmitir una visión distorsionada de la realidad, ya sea debido a los datos que se hayan elegido representar o por el

modo en el que éstos sean expresados gráficamente.⁴ No cabe duda que este interés radica principalmente en el creciente significado que es atribuido a los procesos estadísticos en la sociedad actual, en la que las gráficas ya no sólo desempeñan un papel central en la comunicación científica o económica, sino a nivel global.

Resulta sorprendente que apenas existan estudios equiparables dedicados al modo en el que funcionan los diagramas cualitativos (aquellas imágenes que expresan relaciones entre elementos de una misma variable), aunque también su uso va en aumento. Las discusiones de esta temática suelen reducirse generalmente a breves apartados o capítulos sueltos dentro de un contexto más general.⁵

La aplicación de una de las múltiples metodologías de análisis ya existentes al estudio de los diagramas resulta poco recomendable, pues la mayoría de estos métodos han sido desarrollados a propósito para un determinado tipo de imágenes: artísticas, publicitarias, de mass media, fotográficas, etcétera.⁶ Ninguno de estos sistemas logrará captar de modo conciso la problemática específica que se desarrolla en el diagrama, al diferenciarse éste de los habituales objetos de estudio por ser una visualización codificada y de carácter no-figurativo. Además, es habitual que estas metodologías centren su interés en una perspectiva específica (histórica, semiótica, perceptiva, social, etcétera), destacando a un determinado aspecto de la imagen. Los diseñadores gráficos, a quienes va dirigido este trabajo, poseen un interés no sólo en el análisis posterior de una imagen ya acabada, sino en adquirir además conocimientos sobre las consecuencias de las múltiples posibilidades que manejan a la hora de producir una nueva visualización.

Por ello, se deberá tener en cuenta para este estudio el mayor número posible de factores que intervengan en la constitución del significado del diagrama, ya que éste tendrá que funcionar a diferentes niveles simultáneamente. Así, deberán considerarse no sólo aspectos relacionados con la interpretación, sino también con la

⁴ CHEN/HÄRDLE/UNWIN 2008; HUFF 1954; KOSSLYN 2006; STRANGE 2007; TUFTE 1998; WAINER 1997; ZELAZNY 1992; entre otros.

⁵ BERTIN 1974; LIPTON 2007; WARE 2008; entre otros.

⁶ ABRIL 2007; ACASO 2006; KRESS/VAN LEEUWEN 1996; BARTHES 1986 y 1999; WARE 2004 y 2008; entre otros. Una interesante visión general de métodos y perspectivas de análisis visual se ofrece en LEEUWEN/JEWITT 2001.

producción de la imagen, es decir, con los problemas y las posibilidades propias del medio gráfico en el que ésta es realizada.

La falta tanto de un vocabulario fijo y conciso, como de un conocimiento detallado sobre los procesos a través de los cuales se constituye el significado, dificulta la comunicación y discusión especializada en torno a los diagramas cualitativos. Resulta por ello indispensable crear una metodología propia, adecuada a las necesidades específicas, que permita comprender el diagrama desde la complejidad misma que lo caracteriza. El enfoque de este trabajo, que tiene en cuenta aspectos relacionados tanto con el diseño como con la interpretación, espera realizar una contribución al establecimiento de una metodología propia para este tipo de imágenes.

METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo se estructura la investigación en tres capítulos.

Capítulo 1:

En este capítulo se analiza la visualización de informaciones a un nivel general.

En el primer apartado se aborda el concepto de *diseño de información*, dado que este área del diseño constituye el contexto en el que se inserta el proyecto. Se estudian las diversas definiciones que coexisten actualmente en la disciplina y se revisan los diferentes campos de aplicación. Finalmente se describen una serie de disciplinas relacionadas, cuyas actividades coinciden al menos en parte con aquellas del diseño de información.

El segundo apartado se dedica a delimitar al grupo de imágenes estudiadas en este trabajo frente a las demás imágenes informativas no-figurativas. Para ello se repasan una serie de criterios de diferenciación, que permiten definir las características de las visualizaciones de este proyecto. Seguidamente se estudian en detalle tres tipologías visuales: los diagramas, las gráficas cuantitativas y los grafos. Aunque el presente trabajo se dedica específicamente al primero de los tres grupos, se ha consi-

derado de interés el análisis de las otras dos tipologías, pues sus métodos, tanto a nivel conceptual como visual, se entrecruzan con cierta frecuencia.

Capítulo 2:

En el segundo capítulo se estudia tanto la codificación como la interpretación de diagramas cualitativos.

En el primer apartado se analizan las opciones gráficas de las que dispone el diseñador al traducir un significado específico a un diagrama cualitativo. Para ello se define primero la diferencia entre contenido y traducción visual. A continuación se describen las posibilidades de codificación de las que dispone una imagen: la ordenación espacial y la traducción gráfica. Se revisan a la vez las diferentes elementos que constituyen un diagrama.

En los siguientes apartados se identifican los diferentes sistemas que, en el proceso de interpretación, pueden interferir con los los códigos establecidos por el diseñador del diagrama. Estos sistemas se hallan arraigados en las múltiples experiencias, tanto físicas como culturales, que caracterizan nuestra existencia humana, dirigiendo de manera significativa el modo en el que entendemos aquello que percibimos en nuestro entorno. Se aborda en primer lugar la percepción visual, prestando especial atención a los principios de la agrupación perceptual. Seguidamente se describe el concepto de convención, y se plantean sus posibles aplicaciones al ámbito de lo visual. Finalmente se analiza el amplio campo de las asociaciones, donde se revisan dos conceptos centrales para la comprensión de los mecanismos comunicativos de la imagen: el metamensaje y la metáfora.

En el último apartado se examinan una serie de ejemplos gráficos, diseñados y seleccionados especialmente para explicar, a través de la yuxtaposición de variantes visuales, los diversos problemas interpretativos que surgen cuando un observador afronta la descodificación del contenido de un diagrama.

Capítulo 3:

En el tercer capítulo se estudia el papel que los diagramas cualitativos han desempeñado y aun hoy desempeñan en el ámbito de la sistemática biológica.

En el primer apartado se narra la historia de la clasificación biológica desde la perspectiva de la estructuración de la información. Se describen los distintos princi-

pios de organización que se han sucedido en la búsqueda del orden de lo natural, relacionándolos con sus correspondientes expresiones gráficas. La atención se centra en el modo en el que los diferentes modelos, tanto conceptuales como visuales, reaccionaban frente al rápido incremento de conocimientos. Las consecuencias que las diferentes clasificaciones supusieron para la agrupación concreta de los animales y las plantas no guarda interés para este trabajo.

En el segundo apartado se analizan de modo detallado cuatro diagramas o grupos de diagramas ramificados de diferentes momentos de la historia de la biología. Se examina el modo en el que éstos se hallan codificados y si la decodificación del contenido surge del modo intencionado. Se emplean para ello las pautas establecidas en el capítulo anterior. Se relacionan entonces las diferentes visualizaciones entre sí, estudiando de este modo si el uso de una misma tipología de diagrama implica un significado fijo o no, prestando especial atención al significado que la metáfora de árbol desempeña en esta discusión.

CONTEXTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente trabajo se ha desarrollado entre el Departamento de Dibujo de la Facultad de Bellas Artes *Alonso Cano* de la Universidad de Granada (España), y el National Centre of Competence in Research (NCCR) *eikones – Iconic Criticism* de la Universidad de Basilea (Suiza).⁷ El director de la tesis es el Prof. Dr. Manuel Vélez Cea, de la Universidad de Granada.

El Fondo Nacional Suizo otorgó a Paloma López Grüninger una beca por un período de tres años para desarrollar estudios de tercer ciclo en el contexto de la escuela de graduados de *eikones*, que se configuró bajo el título *Imagen y Conocimiento*. Dirigida por el Prof. Dr. Ludger Schwarte, se congregaron en ella a un total de trece doctorandos procedentes de diferentes disciplinas y nacionalidades.

⁷ Los NCCR son un instrumento del gobierno suizo para el fomento de la investigación. Para mayor información, véase: www.nccr.ch | Consultado el 1.10.11.

El proyecto *eikones – criticismo icónico* está estructurado en torno a la pregunta clave que estudia el poder y el significado de las imágenes.⁸ Organizado como proyecto interdisciplinario, reúne a investigadores de diferentes campos, creando conexiones entre las diferentes disciplinas y los diversos centros de estudios universitarios involucrados. El contexto teórico ofrecido por *eikones* constituyó sin duda un entorno fructífero para este proyecto, permitiendo acceder a múltiples enfoques que no forman parte del repertorio teórico habitual en el ámbito del diseño gráfico.

La presente tesis ha experimentado una serie de cambios significativos a lo largo de su desarrollo. El proyecto inicial pretendía crear una aplicación interactiva innovadora para la visualización de conocimientos de etimología y lingüística histórica. Pronto quedó sin embargo patente que no existía un vocabulario definido para los diagramas cualitativos, ni una metodología preestablecida que permitiera discutir este tipo de proyectos de manera fructífera.

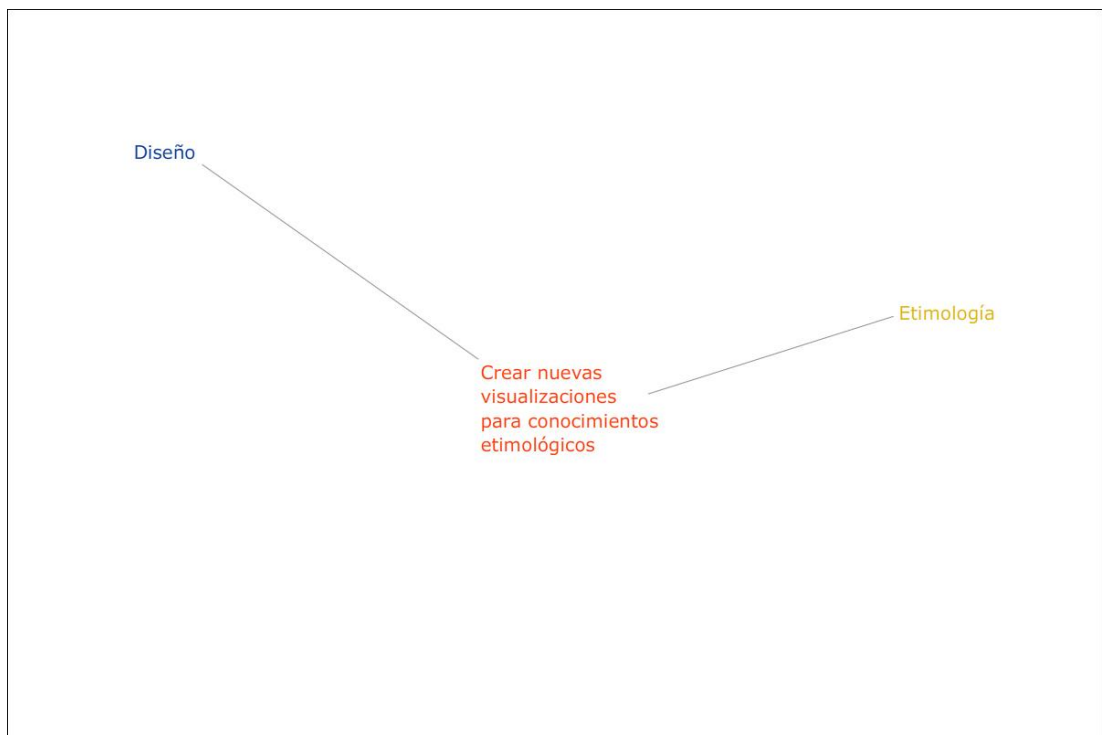


Fig. 1: Proyecto en su estado inicial.

⁸ Para mayor información sobre *eikones*, véase: www.eikones.ch | Consultado en línea el 1.10.11.

Dado que este aspecto iba a dificultar seriamente el análisis de los resultados generados, se decidió reorientar el proyecto, sin abandonar el campo disciplinario en el que éste se inscribía (el diseño de información). Así se dispuso centrar la atención en la cuestión básica y fundamental que subyace al problema mencionado: la falta de conocimiento sobre los modos en los que se constituye el significado en los diagramas cualitativos. Para averiguar más sobre esta temática se analizó en profundidad una amplia variedad de visualizaciones procedentes del ámbito de la clasificación biológica, y se estudiaron múltiples textos teóricos e históricos dedicados a la temática.



Fig. 2: Proyecto en su fase de expansión máxima.

Pero la reorientación del trabajo se halló sin duda también relacionada con los nuevos conocimientos y conexiones generadas en el transcurso del proyecto *eikones*. Lo que en un principio empezó siendo únicamente una interacción entre los conocimientos específicos del ámbito del diseño con las teorías de la etimología (fig. 1), se convirtió pronto en una amplia red de cuestiones conectadas temáticamente, procedentes del ámbito de la historia y la teoría del arte y de los medios, de la teoría y la filosofía de las ciencias, de la sociología y las ciencias cognitivas, y también de la

biología (fig. 2). Tras un período inicial de expansión fue necesario una labor de reducción (fig. 3), que dio origen a la tesis en su formato actual.

Este proceso no resulta especialmente sorprendente si se tiene en cuenta la situación específica en la que se halla la investigación en el diseño. La falta de un corpus teórico propio obliga a todo diseñador a buscar material y conocimientos en disciplinas próximas o relacionadas, lo cual conduce a que éste se mueva principalmente por disciplinas ajenas a su formación original y su experiencia laboral. Consecuencia de este fenómeno es que los trabajos adquieran generalmente un cierto carácter didáctico. La falta de una base común compartida por la comunidad de diseñadores hace que sea necesario explicar cada una de las teorías citadas de modo detallado, para garantizar así la accesibilidad del texto.

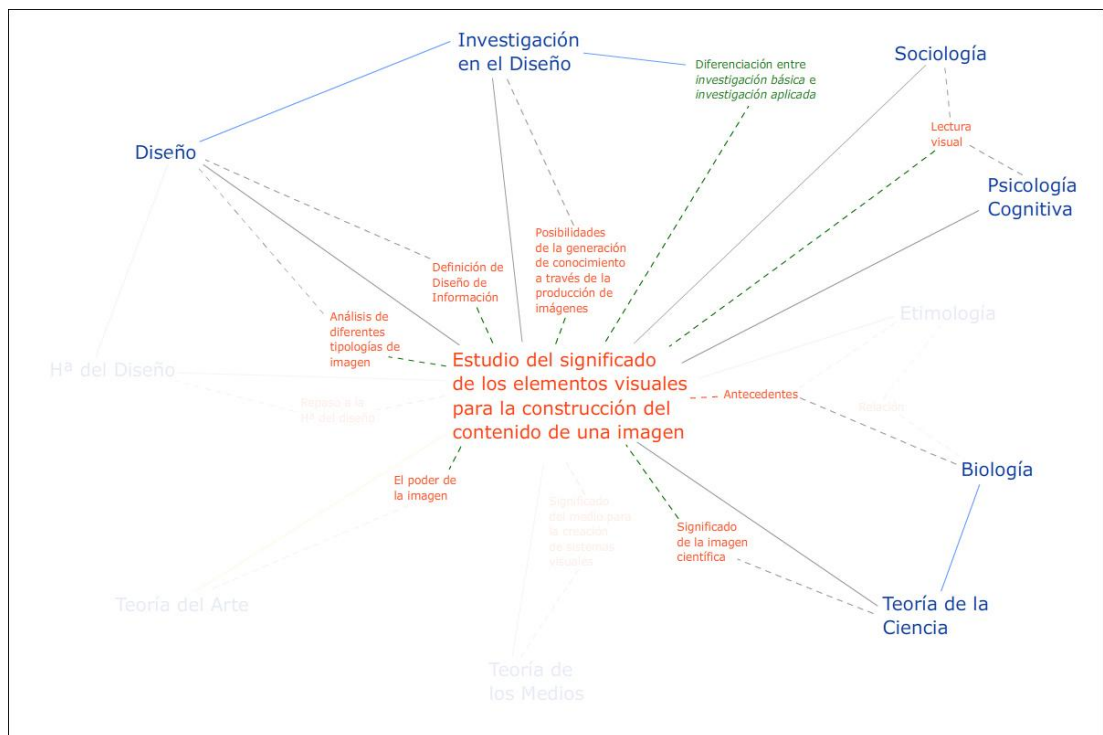


Fig. 3: Proyecto en su estado final.

El desarrollo de una tesis doctoral en el seno de un proyecto internacional, presenta, sin duda alguna, múltiples ventajas. No obstante, implica también ciertas dificultades prácticas. Así, la mayoría de los textos empleados en este trabajo se hallan escritos en lengua alemana o inglesa, y nunca han sido traducidos al castellano. Es por ello que aquellas partes de los diferentes textos que se han considerado

esenciales para el proyecto han sido traducidos al español por Paloma López Grüninger. Para salvaguardar la terminología original y evitar posibles malentendidos, se ha optado por reproducir en la nota a pie de página la cita literal en versión original.

Introduction

HYPOTHESES AND OBJECTIVES

It is common for qualitative diagrams, along with quantitative graphs, to be considered as monosemic images, i.e. as images which communicate their contents unambiguously. They are attributed a similar function to that of, for example, mathematical language, where the relationship between the information to be transmitted and the codes used for its visual expression is free of any ambiguity.¹ This project aims to demonstrate that the communicative situation facing these images is much more complex. The first hypothesis put forward in this project is that the process of interpreting the contents transmitted by diagrams is not only subject to the visual codes set by the designer, consequently merely interpreting those elements and spaces that the designer has defined as significant, but that perceptual, conventional and associative aspects also have a crucial bearing.

Certain typologies of diagrams are also often associated with a series of fixed meanings.² The second hypothesis raised in this project is resolutely opposed to this practice, considering the global interpretation of a given typology to be highly risky. This difficulty can be explained by two factors: the aforementioned complexity of the interpretative process, and the inherent flexibility of diagrams themselves. The origin of this latter aspect is considered to lie in the different typologies' low degree of standardisation, which gives the designer considerable liberty to set the codes that control the make-up of the qualitative diagram. Hence it is possible for two visual displays to share a similar appearance, even while expressing very different contents, or on the contrary, they may be radically different in appearance while visually displaying identical data.

¹ BERTIN 1974.

² DELEUZE/GUATTARI 2008; BREDEKAMP 2005; CLARK 2008; among others.

In accordance with these hypotheses, the following objectives were set:

With regard to the images studied in this project:

- To define the properties that characterise them, to clearly demarcate them as opposed to other visual displays.
- To clarify the use of the terminology that will be used in this project to refer to those images, given that, at first glance, there does not appear to be any consistency in their application.
- To analyse the context in which they are created, placing special emphasis on the subject of which this project forms part: information design.

With regard to the design and interpretation of the qualitative diagrams:

- To study the way in which an image's meaning is established through the processes of graphic and spatial coding.
- To determine the different aspects that, along with literal image decoding, dictate the interpretation of qualitative diagrams. With this purpose in mind, the role of perceptual, conventional and associative aspects will all be analysed.
- To define the working terminology that will allow for accurate reference to the different elements that make up the visual displays, as well as to the phenomena observed in the process of interpretation.
- To create a repertoire of images that clearly and simply illustrate the different aspects observed in the course of this study.

With regard to the relationship between diagram typology and meaning:

- To draw up a selection of historical and present-day diagrams that belong to the same typology, but which nevertheless display different information.
- To carry out an in-depth analysis of the way in which the selected diagrams show certain similarities and differences between them as regards their content, coding and interpretation.

JUSTIFICATION FOR THE PROPOSAL

Over the last fifty years, a wide variety of publications has been launched, all dealing explicitly with the study of quantitative graphs (those images that express relations of quantity, such as bar charts or pie charts). They usually pay particular attention to the way in which these visual displays can transmit a distorted vision of reality, whether due to the chosen data to be represented or to the manner in which that data is graphically expressed.³ There is no doubt that this interest lies mainly in the growing significance that is attributed to statistics in today's society, in which graphs not only play a central role in scientific or economic communication, but they do so on a global scale.

It is rather surprising that there are hardly any comparable studies into the functioning of qualitative diagrams (those images that express relationships between elements of the same variable), although their use is on the rise. Discussions around this subject usually come down to just brief sections or chapters within a more general context.⁴

The application of any of the analysis methodologies available in the study of diagrams is not particularly recommended, as most of those methods have been specifically developed for a given type of image: artistic, advertising, mass media, photographic, etc.⁵ None of these systems can provide a concise portrayal of the specific problems that are developed in diagrams, as the latter differs from the usual objects of study in that it is a coded and non-figurative visual display. Besides, it is common for these methodologies to focus their interest on a specific perspective (historical, semiotic, perceptual, social, etc.), emphasising a particular aspect of the image. Graphic designers, at whom this research is aimed, are not only interested in analysing a finished image, but they strive to discover the consequences of the

³ CHEN/HÄRDLE/UNWIN 2008; HUFF 1954; KOSSLYN 2006; STRANGE 2007; TUFTE 1998; WAINER 1997; ZELAZNY 1992; among others.

⁴ BERTIN 1974; LIPTON 2007; WARE 2008; among others.

⁵ ABRIL 2007; ACASO 2006; KRESS/VAN LEEUWEN 1996; BARTHES 1986 & 1999; WARE 2004 & 2008; among others. An interesting overview of visual analysis methods and perspectives can be found in LEEUWEN/JEWITT 2001.

numerous possibilities in their reach when it comes to producing a new visual display.

That is why this study needs to take into account the largest possible number of factors that intervene in the establishment of a diagram's meaning, as the diagram has to function on different levels at the same time. So we should not only consider aspects related to the interpretation, but also those related to image production, in other words, to the problems and possibilities inherent in the graphic medium in which it takes place.

The lack of a set, concise vocabulary, combined with the lack of detailed knowledge about the processes through which meaning is established, make communication and specialised discussion about qualitative diagrams difficult. Hence it is essential to create a proprietary methodology that is suited to the specific needs of the field, enabling the diagram to be understood in all its characteristic complexity. The focus of this work, which takes into account aspects related to design as well as interpretation, aims to contribute to the introduction of a proprietary methodology for this type of image.

METHODOLOGY

To meet the objectives of this project, the research was structured in three chapters.

Chapter 1:

The visualisation of information on a general scale is analysed in this chapter.

The first section deals with the concept of *information design*, given that this is the area of design under which this project falls. The varied definitions that are currently used in this subject are studied and the different fields of application are reviewed. Finally a series of related subjects is described, which entail activities that at least partially coincide with those of information design.

The second section deals with demarcating the group of images that are under study in this project as opposed to other informative, non-figurative images. To do

so, a series of differentiation criteria is examined, allowing us to define the characteristics of the visual displays in this project. Next, three visual typologies are studied in detail: diagrams, quantitative graphs and graphs. Although this work specifically deals with the first of the three groups, an analysis of the other two typologies was considered to be of interest, as their conceptual and visual methods frequently overlap.

Chapter 2:

In the second chapter, both the coding and interpretation of qualitative diagrams is studied.

In the first section, the graphic options that the designer has at his or her disposal when transferring a specific meaning onto a qualitative diagram are analysed. To do so, the difference between content and visual translation is firstly defined. Then the image's coding possibilities are described: spatial organisation and graphic translation. The different elements that make up a diagram are also reviewed.

In the following sections, the different systems that can interfere with the codes set by the diagram's designer, during the process of interpretation, are identified. These systems are deeply rooted in the multiple physical and cultural experiences that characterise our human existence, significantly governing the way in which we understand that which we perceive around us. It firstly deals with visual perception, paying particular attention to the principles of perceptual grouping. Following that, the concept of convention is described, putting forward its possible applications in the realm of the visual. Lastly, the broad spectrum of associations is analysed, in which two main concepts are reviewed which help to understand the image communication mechanisms: meta-message and metaphor.

The last section examines a series of graphic examples that have been specifically designed and selected to explain, using the juxtaposition of visual variants, the different problems that arise in the interpretation stage when an observer has to decode the content of a diagram.

Chapter 3:

In the third chapter, the role that qualitative diagrams have played, and still play, in the field of systematic biology is studied.

The first section narrates the history of biological classification from an information structuring perspective. The different principles of organisation that have followed each other in the search of the *natural order* are described, associating them with their corresponding graphic expression. The attention here is focused on the way in which the different conceptual and visual models reacted to the rapid increase in knowledge. The consequences facing the animals and plants group, in particular, as a result of the different classifications are not relevant to this work.

The second section offers a detailed analysis of four diagrams, or groups of branching diagrams, from different moments in the history of biology. The way in which they are coded, and whether the content is decoded in the intended manner, is examined. To do so, the guidelines set in the previous chapter are used. The different visual displays are then inter-related, and the question of whether or not the use of one type of diagram implies a set meaning is studied. Special attention is paid to the meaning that the tree metaphor plays in this discussion.

CAPÍTULO 1

La visualización de informaciones: Contexto y principales tipologías

1.1 El diseño de información

1.1.1 Definición, desarrollo histórico y campo de aplicación

El término *diseño de información*, abreviado a menudo con las siglas ID [Information Design], se ha convertido en las últimas décadas en un término de uso corriente. La definición que Robert E. Horn publicó en 1999, que lo describe como “*el arte y la ciencia de la organización de la información, de tal forma que ésta pueda ser usada por seres humanos con eficiencia y efectividad*”, goza de una aceptación generalizada, y es reproducida con frecuencia en diferentes contextos.¹

No obstante, la disciplina está lejos de poder presentar una posición común y definitiva. El desacuerdo principal parece girar en torno a la interpretación del concepto de *diseño*. Mientras que unos lo asocian a lo visual, y con ello al tradicional campo del diseño gráfico, lo comprenden otros como expresión de toda actividad planeadora y proyectual. Unos considerarán en consecuencia al *diseño de información* como una rama del diseño gráfico, mientras que otros lo valorarán como una disciplina propia, que abarca, entre otras áreas temáticas, al diseño gráfico. Del enfoque adoptado dependerá igualmente el campo de aplicaciones que se atribuye a la disciplina. La *Information Design Association* de Londres define sus tareas en el contexto del diseño gráfico tradicional, centrando su interés en aquellas actividades en las que una información relativamente compleja exija una comunicación clara y estructurada. Los artefactos que, según esta organización, produce el diseño de información son, por ejemplo, manuales de software, formularios de empresas, sistemas de señalización, material didáctico, páginas web y folletos informativos.²

¹ HORN 1999, p.15: «Information design is defined as the art and science of preparing information so that it can be used by human beings with efficiency and effectiveness.»

En STOCKER/WEBER 2008, pp.12-15, se encuentra una recopilación de diferentes definiciones de diseño de información.

² www.infodesign.org.uk/history | Consultado en línea el 01.10.11.

Siguiendo esta perspectiva prevalecen sin duda las actividades relacionadas con los productos impresos, centrándose en los conocimientos específicos de la disciplina del diseño: la comprensión del funcionamiento de lo formal, la percepción visual y la interpretación de material gráfico.

En la actualidad parece extenderse cada vez más aquella otra posición que comprende al *diseño de información* como disciplina independiente, de carácter multidisciplinario, la cual, abarcando diferentes medios, reúne el trabajo científico con el diseño.³ Así, implica este concepto otros campos temáticos, como la comunicación escrita, la psicología cognitiva, la ergonomía y la psicología ambiental. A parte de la vista, se tienen ahora en cuenta otros sentidos, como el oído, el tacto e incluso el olfato.⁴

El término *diseño de información* hizo su aparición en la década de los setenta del pasado siglo. Por una parte surgió de la mano de la empresa de diseño *Pentagram*, al publicar ésta un libro que, presentando a sus trabajos, agrupaba a éstos según diferentes temas. Uno de los capítulos se titulaba *information design*.⁵ Una divulgación más amplia la adquirió el término a partir de 1979, año en el que empezó a publicarse la revista arbitrada *Information Design Journal* (IDJ) en el Reino Unido. La *Information Design Association*, estrechamente relacionada con esta revista, no se fundó hasta 1991, aunque le habían precedido una serie de conferencias internacionales, que habían sido organizadas para adquirir material para dicha publicación. Desde 1986 existe además el *International Institute for Information Design* (IIID), fundado para fomentar la investigación y la práctica del diseño de información. En la actualidad existe gran número de páginas web destinadas a la divulgación de esta temática.⁶

Al igual que no existe una definición exacta de la disciplina, tampoco hay una definición precisa de la profesión que la ejerce, ni una metodología generalizada para su enseñanza.⁷ En muchos casos se imparte una asignatura individual dedi-

³ ERLHOFF/MARSHALL 2008; pp.202-203; LIPTON 2007; WEBER 2008.

⁴ SIMLINGER 2008, p.55.

⁵ PENTAGRAM 1972.

⁶ <http://benjamins.com/#catalog/journals/idj> | www.informationdesignassociation.org | www.iiid.net | www.informationdesign.org | Consultados en línea el 01.10.11.

⁷ SIMLINGER 2008.

cada a la temática del *diseño de información* en el contexto de los estudios de comunicación visual. Otras veces se consideran a disciplinas específicas, como el *diseño de interacción*, el *diseño de interfaces* o el *diseño de la comunicación*, como representantes de este área. En los últimos años han surgido varias titulaciones de grado en esta disciplina. Actualmente existen dos centros de investigación especializados en esta temática: el *Centre for Information Design Research*, basado en la Universidad de Reading, Reino Unido, estrechamente relacionado con el departamento tipografía y comunicación gráfica, y el *Parsons Institute for Information Mapping* (PIIM), asociado a la Parsons New School for Design de Nueva York, Estados Unidos.⁸

Resulta difícil trazar la historia del *diseño de información* de manera precisa, pues, aunque la disciplina como tal se originó hace menos de medio siglo, cuentan algunas de sus aplicaciones con una larga tradición. Determinadas tipologías comparten el camino recorrido con el diseño gráfico en su vertiente más funcional y menos artística, remontándose así hasta los orígenes mismos de la comunicación visual.⁹ A falta de una historia general del *diseño de información*, se observa en la actualidad la publicación de múltiples historias de tipologías específicas, que narran, por ejemplo, la historia de los mapas o la visualización del tiempo, o se dedican a describir los logros de autores individuales.¹⁰ No obstante, lo que más abunda siguen siendo las colecciones de ejemplos, que carecen habitualmente de un fundamentado estudio histórico.¹¹

El ejemplo gráfico más antiguo conocido del ámbito específico de la *cartografía* procede de la región de Anatolia en Turquía, y se calcula que fue realizado en torno al año 6200 a. C.¹² También la historia de la *escritura* y la *tipografía*, que se originó en torno al 4000 a. C. en Mesopotamia, pueden considerarse como tempranos ejemplos de la historia del diseño de información.¹³ La *ilustración técnica*, que explica la construcción o el funcionamiento de una máquina, así como la *ilustración científica*,

⁸ www.reading.ac.uk/cidr | www.piim.newschool.edu | Consultados en línea el 01.10.11.

⁹ MEGGS 2000.

¹⁰ ROSENBERG/GRAFTON 2010; AKERMAN/KARROW 2007; PLAYFAIR 2005; entre otros.

¹¹ INSTITUTE FOR INFORMATION DESIGN JAPAN 2005; BRÜCKNER 2004; entre otros.

¹² <http://datavis.ca/milestones> | Consultados en línea el 01.10.11.

¹³ HARTMANN 2008.

con significativos representantes como la *ilustración botánica*, tuvieron un origen más tardío, conservándose magníficos ejemplos medievales y renacentistas.¹⁴

Las necesidades de las nuevas sociedades industrializadas fueron contribuyendo otras áreas de actividades al diseño de información. El análisis de datos cuantitativos dio origen a las primeras *gráficas cuantitativas* en torno al siglo XVIII.¹⁵ Los trabajos de Otto Neurath y su *International System of Typographic Picture Education* (ISOTYPE) a principios del siglo XX representan un momento clave en la historia de esta disciplina, pues supuso el inicio de lo que hoy se denomina *infografía*. Surgieron también nuevos campos como la *señalética* (la orientación en espacios públicos y edificios), y las *ilustraciones explicativas* o *didácticas* en general, así como el diseño de informaciones complejas. De hecho, gran parte de las actividades que hoy se atribuyen al diseño de información se resumían entonces bajo el nombre de *gráficas informativas* [information graphics].

Con las nuevas tecnologías ha continuado el crecimiento de los posibles campos de aplicación para esta temática. La visualización de grandes sets de datos, el diseño de páginas web complejas, el desarrollo de sistemas de búsqueda en bases de datos, el diseño de la interacción con la máquina, son sólo algunas de las posibles aplicaciones.

1.1.2 Disciplinas relacionadas

Además del diseño de información, existen otras disciplinas que se dedican a la organización y la expresión visual de informaciones, y que también estudian el modo en el que accedemos a los conocimientos transmitidos. La clara delimitación entre unas y otras no resulta sencilla, dado que todas comparten una serie de planteamientos comunes.

¹⁴ VERDUIJN/DEKKER 2001.

¹⁵ TUFTE 1997.

Fue Richard Saul Wurman quien dio origen a este término a mediados de los años setenta del siglo XX. Wurman optó por hablar de *arquitectura* y no de *diseño* porque había observado que la palabra *diseño* suscitaba la idea de lo estético y la superficie, y no era asociada a la creación de significado y entendimiento. Su definición de *arquitectura de información* se centra en el desarrollo de principios sistemáticos, estructurales y organizativos que permitan que algo informe o transmita su contenido de manera eficaz.¹⁶

La eclosión de las llamadas *empresas punto com* a finales del pasado siglo supuso el punto de partida para la profesión del *arquitecto de la información*. La necesidad de organizar el creciente número de espacios de información de alta complejidad que surgían incesantemente en internet, y facilitar el acceso de los usuarios a estas colecciones de información, desembocó en la demanda urgente de especialistas.¹⁷

El término pronto se convirtió en un sinónimo para *diseño web*. Hoy se tiende sin embargo a comprender la arquitectura de la información como disciplina que se centra en la estructuración del contenido a transmitir, a través de la aplicación de procesos y métodos para optimizar el acceso a las informaciones, la usabilidad y la generación de entendimiento. No resulta significativo qué tecnología ha sido empleada con este fin, aunque sigue siendo habitual que se asocie este campo al medio digital. Autores como Burkhard tratan de liberarlo de esta limitación.¹⁸

En los últimos años han surgido una serie de organismos y medios que tratan de fomentar el conocimiento sobre esta disciplina. Entre ellos destaca *The Information-Architecture Institute*, una organización profesional de carácter internacional. Éstos han creado un glosario, para establecer un uso uniforme del vocabulario habitual. El *Journal of Information Architecture* es una revista académica arbitrada dedicada a esta temática. Iniciada en 2009, aparece desde entonces de modo bianual.¹⁹

¹⁶ WURMAN 1996, WURMAN 2001. Para la discusión sobre la diferencia entre diseño de información y la arquitectura de la información, véase MAZUR 2001.

¹⁷ MORVILLE/ROSENFELD 2007; CUMMINGS 2009.

¹⁸ BURKHARD 2008.

¹⁹ www.ia institute.org | www.journalofia.org | Consultadas en línea el 1.10.11.

LA VISUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS [KNOWLEDGE VISUALIZATION]

La disciplina de la *visualización de conocimientos* se ocupa de estudiar el modo en el que las visualizaciones pueden optimizar la generación y la transferencia de conocimientos. Aúna planteamientos procedentes de la visualización de informaciones, la didáctica, la percepción visual y la comunicación visual, así como diversos enfoques prácticos. Su campo de aplicación, estrechamente relacionado con la *gestión del conocimiento* [knowledge management], se centra en optimizar los procesos comunicativos de las empresas.²⁰ Parece, sin embargo, que en la actualidad la disciplina tiende a desaparecer, integrándose en las demás disciplinas relacionadas.

LA VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN [INFORMATION VISUALIZATION – IV]

La *visualización de información* estudia el modo en el que grandes colecciones de datos pueden ser analizadas a través del uso de imágenes, basándose en el reconocimiento visual de patrones. La definición que mayor aceptación goza en este campo la describe como “*el uso de representaciones visuales de datos abstractos, realizadas a través de la computación gráfica y de carácter interactivo, para amplificar la cognición.*”²¹ Las aplicaciones resultantes suelen ser piezas de software interactivo, que permiten analizar los datos en tiempo real. La meta consiste en visualizar un set de datos de tal modo que dé origen a una serie de estructuras que antes no eran reconocibles, permitiendo derivar nuevos conocimientos al identificar tendencias, valores atípicos y agrupamientos, para así “*hacer destacar el significado de los datos, que de lo contrario serían caóticos y ruidosos*”.²²

Junto a la *visualización de información* se hace referencia con frecuencia a la *visualización de datos* [data visualization]. Unas veces son empleados estos términos como

²⁰ EPPLER/BURKHARD 2004; BURKHARD 2008.

²¹ CARD/MACKINLAY/SHNEIDERMAN 1999, p.5: «The use of computer-supported, interactive, visual representations of abstract data to amplify cognition.»

²² CHEN 2004, p.xi: «The holy grail of information visualization is to make the insights stand out from otherwise chaotic and noisy data, [...] revealing structures that would be otherwise invisible.»

sinónimos, otras veces se considera al segundo como un concepto más general, que abarca en su campo de actividades al primero.

La visualización de información se ha convertido en el transcurso de los últimos quince años en una disciplina establecida. Hoy cuenta con una amplia bibliografía dedicada tanto a la teoría como a la práctica de la temática. Existen, igualmente, una serie de revistas científicas especializadas.²³ Se realizan además múltiples congresos internacionales de carácter anual dedicados a este campo.

Es posible acceder a través de Internet a gran número de proyectos interesantes realizados en este ámbito. Entre ellos destacan sin duda *walrus* de CAIDA, una herramienta que visualiza a grafos dirigidos en el espacio tridimensional, trabajos de Ben Fry, como *Valance*, que explora las estructuras y relaciones dentro de sets de datos muy amplios, o *citeSpace* de Chaomei Chen, que visualiza las tendencias y patrones en la bibliografía científica.²⁴ La estética particular de este tipo de visualizaciones ha dado origen a múltiples colecciones de ejemplos, tanto en internet como en versión impresa, siguiendo con frecuencia criterios estéticos y no tanto informativos.²⁵ Algunos proyectos de singular belleza, como aquellos de Ben Fry, forman parte en la actualidad de la colección del Museo de Arte Contemporáneo de Nueva York (MOMA).²⁶

- ²³ CLEVELAND 1994; MUNZNER 2000; DÜRSTELER 2003; FRY 2004; JUDELMAN 2004; CHEN/HÄRDLE/UNWIN 2008; FRY 2008; MYATT/JOHNSON 2009; entre otros.
La revista «Information Visualization»: <http://ivi.sagepub.com> | Consultado en línea el 1.10.11.
En el ámbito hispanohablante destaca la página web informativa de Juan Carlos Dürsteler: www.infovis.net | Consultado en línea el 1.10.11.
- ²⁴ Walrus: <http://www.caida.org/tools/visualization/walrus/gallery1>
Ben Fry: www.benfry.com/projects | Consultados en línea el 1.10.11
Chaomei Chen: <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace> | www.facebook.com/citeSpace
- ²⁵ Entre las colecciones en internet destacan: www.visualcomplexity.com | www.dataisnature.com
www.informationisbeautiful.net | www.infosthetics.com | <http://current.com/groups/infoporn>
Consultados en línea el 1.10.11.
Entre las colecciones impresas más actuales destacan: KLANTEN & al. 2008; KLANTEN & al. 2010; LIMA 2011.
- ²⁶ http://www.moma.org/collection/artist.php?artist_id=32964 | Consultados en línea el 1.10.11

LA VISUALIZACIÓN CIENTÍFICA

La *visualización científica* presenta gran proximidad con la *visualización de información*, pues al igual que ésta se dedica a estructurar y dar forma visual a grandes sets de datos. La diferencia entre ambas consiste en el tipo de datos al que visualizan, pues, al contrario del caso estudiado anteriormente, se trata ahora de datos no-abstractos, procedentes de mediciones en laboratorios o de cálculos de simulaciones.

Estas visualizaciones guardarán siempre una relación con el mundo físico, pues los datos, por muy abstractos que resulten, derivan siempre de un fenómeno natural, por lo que las visualizaciones no sólo se basarán en modelos geométricos o cuantitativos, sino también en aquellos modelos que gobiernan la dinámica del fenómeno que subyace a los mismos datos.²⁷

DISCUSIÓN

Las diferentes disciplinas que se centran en la temática de optimizar el acceso y la comprensión de informaciones, conocimientos o datos a través del medio visual están estrechamente relacionadas entre sí. Los límites entre una y otra disciplina no se hallan claramente trazados. Esto se debe probablemente a que todas comparten una serie de planteamientos comunes, lo cual dificulta la diferenciación. No obstante, se distinguen por las diferentes prioridades que cada una de ellas establece.

Mientras que la *arquitectura de la información* centra su interés en la manera en la que se organizan y estructuran las informaciones, se dedica la *visualización de conocimiento* al estudio de la transferencia y la creación de conocimiento. La *visualización de información* acomete la situación a partir de la perspectiva informática, buscando soluciones técnicas que permitan organizar los datos de forma interactiva. El *diseño de información* por su parte se centra en el aspecto de la comunicación visual, buscando construir imágenes de elevada claridad comunicativa, teniendo en cuenta

²⁷ CHEN 2004; FRY 2004.

además las asociaciones emocionales que éstas generan. Así, cada disciplina representa una perspectiva diferente, basándose en los conocimientos específicos del ámbito del que procede.

Una imagen de alta calidad comunicativa deberá sin embargo cumplir todos estos requisitos simultáneamente. Es por ello que con frecuencia surgen intentos de crear una disciplina general, que abarque a los diferentes campos y sus enfoques locales.

Así define Juan C. Dürsteler en su glosario a la *visualización de la información* como “el proceso de interiorización del conocimiento mediante la percepción de información”, sin limitarla al ámbito de lo visual, pudiendo alcanzarse esta interiorización a través del uso de gráficos, texto escrito, sonido, animaciones, y más. Identifica seguidamente a diferentes subtemas, entre ellos el diseño o la arquitectura de información, la visualización científica y las representaciones gráficas en general.²⁸ Aunque su intención es clara, no deja de sorprender que opte por el término *visualización* de la información, para alejarlo seguidamente de lo visual. Tal vez hubiera sido más claro si hubiera optado por *comunicación* de la información, o incluso, como hemos visto más arriba, por *diseño* de la información, con lo cual ya no sorprendería tanto que incluyera, además de los aspectos visuales, a cuestiones acústicas o textuales.

En vista a que la mayoría de los especialistas de cada campo desconozcan o no sepan emplear los métodos del campo vecino que serían requeridos en un momento determinado para solucionar un problema de visualización de datos complejos, exige también Ben Fry la creación de una disciplina general. Pero, al contrario de la propuesta de Dürsteler, bosqueja a ésta para un campo más específico, restringido. Lo que Fry propone con el *diseño de información computacional* [computational information design] consiste en realidad en enriquecer el campo de la *visualización de informaciones* con conocimientos procedentes del ámbito del *diseño gráfico* y la *minería de datos*, buscando dar origen así a expertos que dominen los conocimientos de estas tres disciplinas simultáneamente.²⁹

²⁸ <http://www.infovis.net/printRec.php?rec=glosario&lang=1#V> | Consultados en línea el 1.10.11

²⁹ FRY 2004.

Otra opción, a parte de la creación de expertos de especialización múltiple, es sin duda el trabajo interdisciplinario, que es habitual sobre todo en el contexto de proyectos de gran envergadura. Para la exitosa colaboración de los especialistas de las diferentes disciplinas es sin embargo necesario que cada uno de éstos conozca, al menos básicamente, los métodos y las capacidades de las otras disciplinas involucradas.

1.2 Diferenciación de las tipologías visuales

Existen múltiples criterios posibles en los que pueden basarse las varias categorías visuales. Dependiendo de los criterios empleados para la diferenciación, se dará origen a nuevas constelaciones de imágenes. Así, una imagen se considerará como *paisaje* o *retrato* según el tema elegido, como *acuarela* o *fotografía* según el medio empleado, y *realista* o *abstracta* según la relación que presenta lo visualizado con la realidad. Criterios similares suelen ser utilizados para agrupar a las imágenes a las que se dedica este estudio. Los grupos resultantes no son nunca ni cerrados, ni nítidos, pues existen siempre múltiples tipologías que se mueven en un espacio indefinido entre las diferentes categorías.

A través de la descripción de los principales criterios de diferenciación, se podrá alcanzar un conocimiento más preciso de las características que definen a estas visualizaciones, y adquirir un vocabulario básico que permita hacer referencia de modo preciso a los diferentes fenómenos observados.

1.2.1 Según la relación que la imagen presenta con la realidad

Una de las diferenciaciones más básicas suele realizarse en torno a la relación que la imagen establece con la realidad a la que representa. Este criterio se basa con frecuencia en la teoría semiótica de Charles Sanders Peirce, quien divide a los *signos* en tres grupos: iconos, índices y símbolos.³⁰ Los *iconos* crean a través de su semejanza una relación directa con el objeto, como sucede con imágenes y pictogramas.

³⁰ PEIRCE 1987; ABRIL 2007, pp.28-34; VÖGTLI/ERNST 2007, p.128.

Peirce incorpora también los signos con relación analógica o metafórica en esta categoría. Los *índices* mantienen en cambio una conexión real, causal, con el objeto, al remitir a éste sin describirlo. La fotografía forma parte de este grupo, pues la imagen se inscribe en la película fotográfica directamente a través de la luz reflejada por el objeto mismo. Los *símbolos* no poseen con el objeto otra conexión que aquella establecida por la convención, la relación es por lo tanto aleatoria. Los pictogramas simbólicos (como la *i* para *información*) pertenecen a este grupo. No obstante, estas tres categorías no son excluyentes. Una huella de un pie en la arena, por ejemplo, es a la vez icono e índice.

Estrechamente relacionada con esta pregunta se halla la cuestión en torno a la naturaleza misma de la *realidad* a la que la imagen visualiza. Una imagen puede ofrecer una descripción mimética de un objeto físico que pertenece al mundo visible, al igual que puede visualizar de modo figurativo una realidad imaginable, aunque inexistente. En otros casos visualizan las imágenes una realidad que no es reconocible a simple vista, y que necesita de un intermediario (por ejemplo un microscopio) para ser percibida. Las imágenes también pueden traducir realidades que carecen de expresión visual propia: datos registrados y coleccionados con ayuda de instrumentos técnicos, procesos y acciones que se desarrollan en el tiempo, o conceptos y teorías abstractas. Por otra parte, pueden poseer las imágenes carácter autoreferencial, sin que busquen establecer conexión con otra realidad que la de su propia existencia.

Las múltiples gradaciones que existen entre los dos extremos constituidos por lo figurativo y lo abstracto, se encuentran en consecuencia tanto en la traducción gráfica (el modo en el que se visualiza el contenido) como en cuanto al contenido mismo al que las imágenes expresan.

1.2.2 Según el nivel de codificación de la imagen

El cartógrafo francés Jacques Bertin publica a finales de los años sesenta una monumental obra titulada «Semiologie Graphique», considerada como uno de los primeros y más significativos trabajos de referencia sobre teoría gráfica y visualización en general.³¹ Como el mismo título indica, se inscribe en el ámbito de la *semiología*, teoría que encontró su origen a principios del siglo XX con el lingüista Ferdinand de Saussure,³² y a la que Bertin describe como “la ciencia que se dedica al estudio de todos los sistemas de signos”.³³ En consecuencia, la obra de Bertin se dedica a la definición de los signos visuales, sus significados y sus reglas gramaticales.

Bertin inicia su trabajo distinguiendo la gráfica frente a otros sistemas de signos. Partiendo de que ojo y oído diferencian a dos sistemas perceptivos, les atribuye a cada uno de ellos una serie de características y les designa un grupo de lenguajes. La linealidad temporal caracteriza el sistema perceptivo del oído, quedando adscrito a este dominio las escrituras musicales, verbales y matemáticas. A la vista le corresponde la expansión espacial y la intemporalidad, sus lenguajes son la gráfica, la representación figurativa y la representación abstracta.

Según el significado que el ser humano atribuye a cada sistema de signos, este podrá ser *monosémico*, *polisémico* o *pansémico*. Bertin define como sistema *monosémico* aquél cuya comprensión exige el conocimiento previo de cada uno de los signos empleados, cuyos significados han sido fijados de modo terminante con anterioridad. Dentro del sistema perceptivo visual le corresponde a este sistema lo que Bertin denomina *representación gráfica* o a veces simplemente *gráfica*. Ésta engloba “a la totalidad de los diagramas, redes y mapas, que se extienden desde la transcripción de

³¹ BERTIN 1967. Para el presente trabajo se ha hecho uso de la traducción alemana de 1974, dado que, por desgracia, la obra nunca ha sido traducida al castellano. Para la traducción de su terminología se ha empleado un artículo en francés, publicado por el autor en 1970.

³² SAUSSURE 2007. "Semiología" y "semiótica" suelen ser términos sinónimos que describen la disciplina que establece una teoría general de los signos. De modo más específico, hace semiología alusión a la escuela europea, iniciada por Saussure, mientras que semiótica hace referencia a la escuela americana, iniciada por Peirce.

³³ BERTIN 1974, p.12: «Die graphische Darstellung ist Teil der Semiologie, der Wissenschaft, die sich mit allen Systemen von Zeichen beschäftigt.»

estructuras atomares, pasando por planos y mapas, llegando hasta la reproducción de galaxias.” Bertin la define como “la parte racional del mundo de las imágenes”³⁴.

Un sistema es *polisémico* cuando el significado de cada uno de los signos es derivado a partir de la contemplación de la relación entre los signos. El contenido deberá ser descodificado, la relación entre el signo y su significado deberá ser captada por el observador. La interpretación está, por lo tanto, ligada a un receptor específico, y por ello será subjetiva. Como ejemplo plantea la fotografía, en la que la comprensión de lo representado dependerá de los conocimientos del observador.

		Sistemas de percepción	
		Oído	Ojo
Significado atribuido a los signos	Monosémico	Matemática	Gráfica o representación gráfica
	Polisémico	Verbo	Imagen figurativa
	Pansémico	Música	Imagen no-figurativa

Fig. 4: División de los sistemas visuales según Jacques Bertin.

Un sistema *pansémico* es la forma extrema de la polisemia, que se caracteriza por su no-figuración, y es en consecuencia un sistema interpretativo aún más libre y subjetivo.

La diferenciación realizada por Bertin distinguiendo sistemas monosémicos, polisémicos y pansémicos es poco habitual. No obstante, resulta especialmente fructífera en el contexto de este trabajo, para explicar el carácter que queda inscrito, de

³⁴ BERTIN 1974, p.10 «Innerhalb von festen Grenzen umfasst die Grafik die Gesamtheit der Diagramme, der Netze und der Karten, die sich von der Transkription atomarer Strukturen über Pläne und Karten bis hin zur Wiedergabe von Galaxien erstrecken.» «Die graphische Darstellung [...] bildet als monosemiotisches System den rationalen Teil der Bilder-Welt.»

un modo más o menos explícito, en este tipo de visualizaciones. La idea de imagen codificada, libre de toda interpretación subjetiva, supone una premisa que, a menudo sin ser expresada explícitamente, influye de modo significativo en la construcción, el uso, la recepción y la posterior discusión generada en torno a este tipo de imágenes.

1.2.3 Según el número de variables que relaciona la visualización

Bertin divide en su ya citada obra «Semiologie Graphique» la *representación gráfica* (es decir, aquellas imágenes que según sus criterios pueden considerarse como monosémicas) en cuatro grandes grupos según el tipo de relaciones que éstas visualizan en el plano. Dada la complejidad terminológica de la obra de Bertin, es imprescindible aclarar brevemente algunos conceptos en los que se basan sus criterios de división.

Bertin define como *información* de una representación gráfica al contenido transcribible de un pensamiento, y continúa: “Este contenido se compone por naturaleza de una o varias relaciones ... entre una cantidad finita de términos de variación y una invariante.”³⁵ La *invariante* de una información a transcribir será el contenido común a todas las relaciones originales, mientras que las *componentes* designan a los términos de variación empleados. Lo que Bertin bautiza aquí con el nombre de *componente* es lo que usualmente se denomina en estadística *variable*. Bertin decide emplear esta palabra tan poco usual en su obra para reservar el término *variable* a los elementos de variación de la imagen. Para evitar confundir innecesariamente, se empleará en este trabajo la terminología convencional, sustituyéndose de aquí en adelante el término *componente* por *variable*.

³⁵ BERTIN 1974, p. 13: «In der graphischen Darstellung bezeichne man als Information den transkribierbaren Inhalt eines Gedankens. Dieser Inhalt besteht seinem Wesen nach aus einer oder mehreren in Bezug auf den Gedanken ursprünglichen Beziehungen zwischen einer endlichen Menge von Variationsbegriffen und einer Invarianten.»

En una información que describe la evolución del precio de un determinado producto a través del tiempo, se considerarán como *variables* tanto el precio y el tiempo, mientras que el producto en cuestión (y en caso de ser indicado, su lugar de venta, y la unidad de la moneda empleada) constituiría la *invariante*. A su vez es posible subdividir las variables en *elementos* o *categorías*, refiriéndose con ello a las diferentes partes identificables de una variable. Así, la variable animales domésticos podría estar compuesta por las categorías gatos, perros y hamsters.

El sistema de clasificación de Bertin divide las representaciones gráficas en cuatro grandes grupos, basándose en los diferentes tipos de relaciones que las visualizaciones expresan en el plano.³⁶

Al primer grupo pertenecerán aquellas construcciones gráficas que expresen en el plano las relaciones que existen entre los diferentes elementos de una única variable. Un árbol genealógico es un posible ejemplo para este grupo, al visualizar éste las relaciones de parentesco entre elementos (los diferentes *individuos*) de una única variable (*personas*). Bertin denomina a estas imágenes *redes*.

Cuando las relaciones entre los diferentes elementos de una única variable se expresan con respecto a su posición sobre la superficie terrestre, es decir, según su orden geográfico, se convierte la *red* en un *mapa*, y pasa entonces a formar parte del segundo grupo. Así, un mapa que visualice la red de carreteras de un país relaciona a elementos de una única variable (*ciudades*), ordenándolos según su posición geográfica sobre el plano.

Al tercer grupo pertenecerán aquellas construcciones gráficas que expresen en el plano el vínculo entre elementos de dos o más variables diferentes. La visualización del ejemplo anteriormente citado sobre la evolución del precio de un determinado producto a través del tiempo pertenecerá a este grupo, ya que los elementos de la variable *precio* siempre se relacionarán con elementos de la variable *tiempo*, y nunca consigo mismos. Bertin denomina *diagramas* a las imágenes que forman parte de este grupo.

El cuarto y último grupo está constituido por aquellas imágenes en las que las relaciones expresadas no tienen lugar exclusivamente entre dos signos en el plano, sino entre un signo en el plano y el observador. En tal caso, la relación dejará de for-

³⁶ BERTIN 1974, pp.58-59.

mar parte del contexto específico de la representación gráfica, para pasar a formar parte de la simbólica. En el grupo de los símbolos incorpora Bertin a aquellas imágenes basadas en analogías visuales de color y forma, cuya interpretación se basa en su uso convencionalizado. Un ejemplo de este tipo de signo serían las señales de tráfico y los pictogramas. Al no pertenecer la simbólica al terreno de la representación gráfica (que, como hemos visto, describe Bertin como imagen monosémica), no forma parte del material analizado en su obra.

1.2.4 Según el tipo de informaciones visualizadas

Es habitual que en la estadística se haga una distinción entre las *variables cuantitativas* y las *variables cualitativas*:³⁷

Se consideran *variables cuantitativas* a aquellas variables que se expresan mediante cantidades numéricas, como sucede con medidas y recuentos. Así, peso, edad, número de habitantes, velocidad, unidades vendidas y tiempo son variables que pertenecen a este grupo. Las variables cuantitativas se pueden distinguir a su vez dos subgrupos: Las *variables cuantitativas discretas* son aquellas que presentan claras separaciones en sus escalas de valores, en las que la variable no puede asumir valores intermedios. El número de habitantes o las unidades vendidas de un producto pertenecen a este subgrupo. Las *variables cuantitativas continuas* son aquellas que pueden adquirir cualquier valor dentro de un intervalo especificado de valores, limitado únicamente por la precisión del aparato medidor. A este grupo pertenecen variables como por ejemplo tiempo, peso, tamaño, etcétera.

Se denominan *variables cualitativas* a aquellas variables que expresan diferentes cualidades o características, y cuyas modalidades se expresan en forma de categorías, tales como hombre o mujer en la variable sexo, o rojo, amarillo, verde y violeta en la variable colores. También las variables cualitativas suelen diferenciarse en dos subgrupos. Las *variables cualitativas ordinales* son aquellas que permiten una ordena-

³⁷ KOTZ 2006; DODGE 2003; DODGE 2008.

ción natural de sus categorías. A este subgrupo pertenece, por ejemplo, la variable tamaño: pequeño, mediano y grande; o la variable filosofía política, que puede constar de categorías como liberal, moderado y conservador. Las *variables cualitativas nominales* son en cambio aquellas variables en las que no existe ordenación natural de sus categorías. A este grupo pertenece por ejemplo la variable sexo, ya que no existe una ordenación natural de las categorías hombre y mujer. También la variable profesiones forma parte de este grupo, o la variable provincias españolas.

variables	cuantitativas	continuas
		discretas
	cualitativas	ordinales
		nominales

Fig. 5: Clasificación de las variables en estadística.

La diferenciación entre lo cuantitativo y lo cualitativo no sólo es aplicada a las variables mismas, sino también a las *informaciones* que las imágenes transmiten. El psicólogo cognitivo Stephen M. Kosslyn dedica su obra al análisis de la interpretación de las visualizaciones desde el punto de vista de la percepción humana. Su interés se centra en lo que él denomina *gráficas* [graphs]. Para delimitar a éstas, divide a las *visualizaciones* [visual displays] en dos grandes grupos: un primer grupo que expresa *informaciones cuantitativas* y un segundo grupo que comunica *informaciones cualitativas*.³⁸ Kosslyn asigna las imágenes a uno u otro grupo en razón al carácter general de la información transmitida. Así, el criterio central de ordenación será si la visualización expresa de modo primario una *relación cuantitativa* o una *relación cualitativa*, independientemente del carácter de las variables que la constituyan.

³⁸ KOSSLYN 2006, pp.227-245.

Una gráfica que visualice la relación entre el precio de un determinado producto y su volumen de compra, pertenecerá claramente al grupo de las visualizaciones cuantitativas, pues la información primaria es la *variación del precio*, lo cual es una información cuantitativa. Además, tanto la variable *precio* como la variable *cantidad* son cuantitativas. Una gráfica que visualice la variación del precio de un determinado producto en los diferentes países en los que éste sea comercializado, igualmente formará parte de este grupo. La información transmitida de modo primario es también aquí la *variación de precio*, y por lo tanto una información cuantitativa, independientemente de que la variable *países* sea cualitativa. Kosslyn considera asimismo a los mapas como visualizaciones cuantitativas, ya que, al describir la disposición de un territorio, especifican de modo implícito las distancias entre diferentes puntos. La información primaria es por tanto la distancia, que es cuantitativa.

Kosslyn contrapone a este primer grupo cuantitativo un segundo grupo, el cual está constituido por aquellas imágenes en las que la información transmitida de modo primario es cualitativa. Así, forman parte de las visualizaciones cualitativas según Kosslyn tanto árboles genealógicos y diagramas de flujo, como aquellas ilustraciones esquemáticas que se basan en el uso convencionalizado de símbolos para la explicación de objetos o eventos: la visualización de ciclos de agua, jugadas de fútbol, instrucciones de montaje, etcétera. Es posible superponer a estas imágenes un segundo nivel de información, en el que se incorporen datos cuantitativos. Este sería el caso si, por ejemplo, en un diagrama de flujo se visualizara, junto a cada una de las etapas del proceso descrito, el tiempo previsto para su cumplimentación. A pesar de las indicaciones temporales, la información primaria continuaría siendo cualitativa (la descripción del proceso a seguir). Las indicaciones temporales constituirían la información secundaria, de carácter cuantitativo.

Esta diferenciación, que distingue entre *informaciones cuantitativas* e *informaciones cualitativas*, es empleada con cierta frecuencia en el ámbito del diseño de información y la visualización de datos. La mayoría de las publicaciones que hacen uso de esta terminología no explican de modo detallado el significado de los términos implicados, ni el contexto del que proceden. Lo *cualitativo* suele convertirse simplemente en un antónimo de lo *cuantitativo*. Es probablemente por esta razón que Harris haya decidido hablar directamente de *visualizaciones cuantitativas* y

visualizaciones no-cuantitativas [nonquantitative], simplificando de este modo considerablemente el proceso comunicativo.³⁹

1.2.5 Otros criterios de diferenciación

A parte de los criterios descritos hasta aquí, utilizados para delimitar la categoría de imágenes a la que se dedica este trabajo, existen otros muchos principios de los que suele hacerse uso con cierta regularidad. Éstos presentan gran interés a la hora de especificar las diferentes tipologías y sus respectivas funciones dentro del grupo de estudio, más que propiciar una diferenciación a nivel general. A continuación se repasan algunos de estos criterios de modo abreviado.

SEGÚN LA FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA LA IMAGEN

Es frecuente que se diferencien las imágenes según la función que éstas desempeñen. Así, pueden informar, ejemplificar, embellecer, analizar, comunicar, seducir, explicar, entretener, documentar, simbolizar, etcétera. A menudo cumple una misma visualización diferentes funciones de modo simultáneo.

Dentro de las imágenes científicas es habitual que se distingan tres funciones principales: la *exploración* (cuando se busca que la visualización revele la estructura de las informaciones representadas), el *análisis* (de carácter explicativo, en el que la imagen apoya la generalización del tema estudiado, o revisa la plausibilidad de las hipótesis de trabajo) y la *presentación* (cuando se transmiten las conclusiones, ateniéndose entonces a principios estéticos, retóricos y de exposición).⁴⁰ En cual de las diferentes fases del proceso de investigación se origina una imagen, determinará básicamente la función que esta desempeñe.⁴¹

³⁹ HARRIS 1999, p. 71.

⁴⁰ FRIENDLY/PALSKY 2007, p.212.

Diferenciaciones similares se encuentran en HARRIS 1999 y CLEVELAND 1994.

SEGÚN EL PÚBLICO AL QUE ESTÁ DESTINADA LA IMAGEN

Las imágenes informativas se diferencian a menudo según si son destinadas al uso profesional, es decir, si han sido generadas para facilitar la comunicación entre especialistas, o si, al contrario, están designadas a la comunicación popular. El público al que se dirige la visualización depende por lo tanto directamente de la función que una imagen en cuestión deba desempeñar.

La manera en la que las imágenes son comprendidas esta sujeto a los conocimientos previos de quien las observa. Así, es habitual que un científico tenga en cuenta las condiciones bajo las cuales se ha construido una visualización, dado que conoce el contexto del que ésta procede. Un aficionado a la temática científica tenderá en cambio hacia una comprensión más indefinida de la imagen. Su interacción con ésta será más compleja, pues la misma fascinación por la particular estética, despertará una amplia variedad de alusiones y asociaciones libres.⁴²

La *infografía*, comprendida habitualmente como *periodismo gráfico*, se establece en torno a esta diferenciación.⁴³

SEGÚN EL MEDIO EN EL QUE HA SIDO REALIZADA LA IMAGEN

Es éste uno de los criterios más habituales, diferenciando así dibujos de fotografías, imágenes informáticas, gráficas, etcétera.

SEGÚN LOS CRITERIOS FORMALES A LOS QUE OBEDEZCA LA IMAGEN

Esta diferenciación se halla con frecuencia en la literatura procedente del campo del diseño.⁴⁴ Así, se organizan las imágenes siguiendo su apariencia visual, agrupando a éstas en colecciones de círculos, redes, árboles, visualizaciones

⁴¹ Pörksen llega a una diferenciación similar al atribuir las imágenes científicas a la estructura interna del "colectivo de pensamiento" establecido por Ludwik Fleck. PÖRKSEN 1997.

⁴² GERIG/VÖGELI 2003, p.6.

⁴³ JANSEN/SCHARFE 1999; BOUCHON 2007.

tridimensionales, lineales, etcétera. Los grupos resultantes suelen ser muy heterogéneos, dado que no se diferencian los aspectos formales de los estructurales.

1.2.6 Resumen: Características de las imágenes estudiadas en este trabajo

Vistos los distintos criterios de diferenciación, podremos definir a las imágenes que se estudian en el presente trabajo como imágenes:

- *Abstractas*. Al visualizar primariamente *relaciones* que existen o se suponen entre diversos elementos, ya sea en un momento concreto o a través del tiempo, traducen al medio visual una serie de fenómenos que en sí mismos no poseen expresión visible. Esto les hace poseer inevitablemente un cierto carácter *simbólico*, pues la imagen no puede establecer una relación directa con un objeto físico. No obstante, implica igualmente un aspecto *icónico*, pues es habitual que hagan uso de ciertas analogías con el mundo visible para expresar el fenómeno abstracto a través de la imagen.
- *Codificadas*. Para la correcta comprensión del contenido que transmite la imagen es necesario que el observador conozca los códigos según los cuales ésta fue construida. Bertin atribuye a estas imágenes además carácter *monosémico*, pues al disponer de un código que fije su lectura, no serán ambiguas, y se hallarán libres de toda interpretación subjetiva.
- Que relacionan en el plano a los diferentes elementos de *una única variable*.
- *Cualitativas*. Las relaciones que las visualizaciones expresa de modo primario serán cualitativas, y no cuantitativas.

Los criterios adicionales pueden ser aplicados para precisar la descripción de las imágenes estudiadas, teniendo así en cuenta el medio en el cual fueron realizadas, la función que desempeñan, el público al que están destinadas, y la tipología de la que forman parte según criterios formales. No todas las imágenes a las que se dedica este trabajo presentan estas características de un modo absoluto, con frecuencia se mueven en un espacio intermedio.

⁴⁴ Obras que organizan un gran número de imágenes informativas según este criterio son aquellas de KLANTEN/BOURQUIN/EHMANN 2008 y 2010.

1.3 El diagrama

Lo primero que salta a la vista es la inconsistencia terminológica que se presenta en este ámbito. Que el uso de los términos no sea homogéneo en las diferentes lenguas que se han tenido en cuenta a la hora de realizar este trabajos no resulta demasiado sorprendente. No obstante, tampoco se observa un uso uniforme dentro de un mismo idioma, ni siquiera dentro de una misma disciplina. La dificultad terminológica queda patente en la reiterada tentativa por parte de los diferentes autores de establecer delimitaciones y atribuir nombres a los diferentes tipos de imágenes que abarcan sus trabajos. Resulta paradójico ver como un ámbito tan fértil como éste carece de una terminología adecuadamente establecida. Parece que la terminología varía según la disciplina: el cartógrafo, el estadístico-matemático, el diseño, el psicólogo cognitivo.

Tampoco en el ámbito específico del diseño existe un empleo consistente de los términos empleados para describir los diferentes tipos de imágenes. Este hecho no resulta sin embargo demasiado sorprendente. La ocupación del diseñador es esencialmente práctica; para la comunicación con otros diseñadores suele prevalecer la referencia directa, visual, a las imágenes involucradas en la discusión. La creación de un vocabulario específico y elaborado resulta en este contexto hasta un cierto punto superfluo, o al menos prescindible. Este hecho complica sin embargo la creciente discusión teórica que ha empezado a surgir en torno a esta disciplina en las últimas décadas.

La situación se presenta especialmente problemática en torno al término *diagrama*. Para averiguar el uso coloquial del término, se ha realizado una búsqueda de imágenes a través de google, de los términos *diagrama* y *diagramas* en castellano, *Diagramm* en alemán, y *diagram* en inglés. En la figura 6 se muestran los resultados de la búsqueda. Éstos muestran claramente que en la lengua española prevalece la asociación con las visualizaciones de informaciones cualitativas, en las que se relacionan diferentes elementos o conceptos a través del uso de líneas y superficies. En la lengua alemana prevalece para el término *Diagramm* sin embargo la idea de la visualización de informaciones cuantitativas, como puede observarse en la pantalla

posicionada abajo a la izquierda. Las imágenes resultantes se corresponden con aquello que en castellano suelen considerarse como gráficas cuantitativas. Para mayor complicación, es habitual utilizar en el ámbito anglosajón el término *diagram* para hacer referencia a ilustraciones figurativas de carácter explicativo. Algunos de estas pueden observarse en el la pantalla inferior derecha: entre ellas una sección de un globo ocular, o el corte transversal de un volcán.

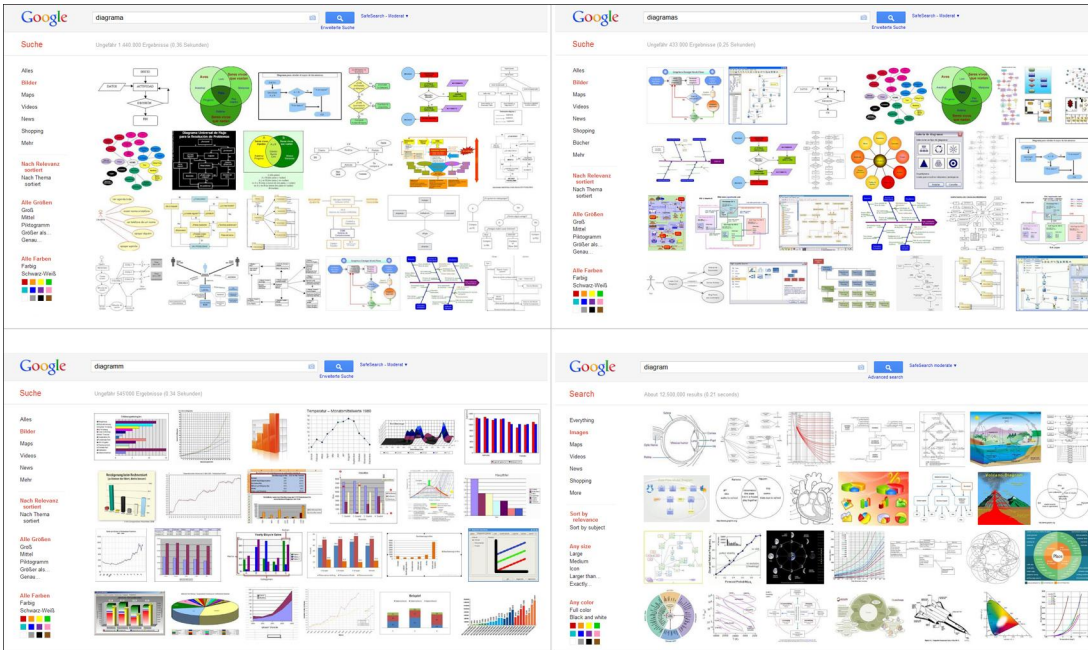


Fig. 6: Búsqueda en google de los términos diagrama, diagramas (español), Diagramm (alemán) y diagram (inglés).

Pero no sólo el uso popular del término es problemático. Tampoco en la literatura dedicada al ámbito de la visualización gráfica se halla un consenso. Así, emplea Bertin⁴⁵ el término *diagrama* para hacer referencia a las gráficas cuantitativas, correspondiéndose a cambio sus *redes* con lo que en este proyecto se consideran como diagramas.

También la delimitación del concepto de diagrama frente a otras definiciones, como esquema, o incluso modelo, resulta difícil, pues surge con cierta frecuencia una definición de diagrama que comprende a ésta como sistema que combina tanto a elementos gráficos como verbales, es decir, que hace uso de palabras y formas. De

⁴⁵ BERTIN 1974.

1.4 La gráfica

La gráfica, comprendida como visualización de informaciones cuantitativas, goza, desde hace unas décadas, de una amplia acogida. Sin duda es el tipo de imagen informativa que posee mayor presencia pública, tanto en la literatura especializada como en aquella destinada al aficionado. Los medios informáticos han contribuido con certeza de manera significativa a esta evolución.

Un análisis de la compleja situación terminológica que rodea a este campo, así como un estudio de los diferentes conceptos que subyacen a las tipologías varias que existen en este ámbito, nos permitirán reconocer con mayor precisión los principios comunes, las interferencias y las diferencias que comparten los diagramas cualitativos con las gráficas.

1.4.1 Definición y terminología

El diccionario de la Real Academia Española define *gráfico* o *gráfica* como “*representación de datos numéricos por medio de una o varias líneas que hacen visible la relación que esos datos guardan entre sí.*”⁴⁶ Esta definición designa el término de modo decidido al ámbito de los datos cuantitativos. En general se observa una tendencia hacia esta interpretación, aunque es cierto que coexiste con una comprensión más amplia, según la cual abarca todo el terreno de la traducción visual, independientemente del tipo de datos en los que se base o el nivel de abstracción que presente.

⁴⁶ www.rae.es | Consultado en línea el 01.10.11.

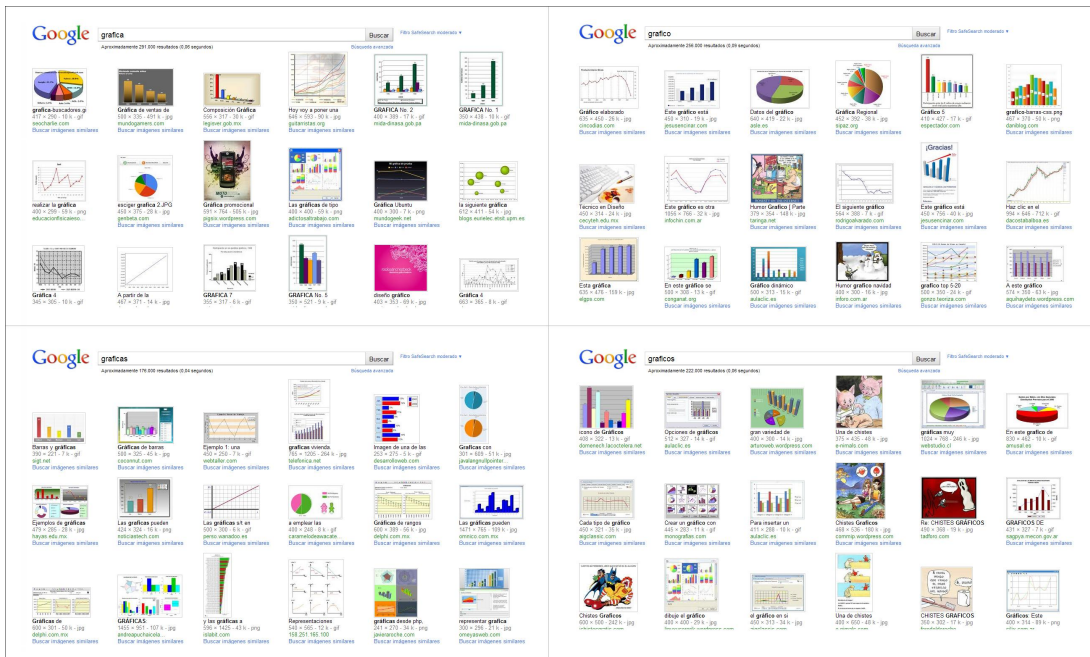


Fig. 7: Búsqueda en google de los términos gráfica, gráfico, gráficas y gráficos

Para comprobar el uso cotidiano del término, se ha vuelto a hacer uso de la búsqueda en internet a través de *google imágenes*, introduciendo las palabras *gráfica*, *gráficas*, *gráfico* y *gráficos* (fig.7).⁴⁷ El resultado confirma la situación descrita anteriormente, pues prácticamente todas las imágenes que aparecen son visualizaciones cuantitativas. Entre aquellas pocas que no los son, surge el término buscado en función de adjetivo y no como sustantivo, dando lugar a palabras compuestas como *diseño gráfico*, *chistes gráficos* o *tarjeta gráfica*. De modo aislado aparece una única imagen en la que el término es utilizado de modo general para hacer referencia a la imagen publicitaria.

La situación en otros idiomas europeos no se presenta más sencilla. En alemán, el sustantivo *Grafik* puede hacer alusión tanto a una visualización cuantitativa, como a una disciplina artística (diseño gráfico), a una técnica artística (grabado) o a los resultados visuales de ésta última.⁴⁸ Puede que se encuentre aquí la razón por lo que se observa en este idioma un uso más extenso del término *diagrama*, para referirse tanto a visualizaciones cualitativas como cuantitativas.

⁴⁷ Búsqueda realizada el 01.12.09.

⁴⁸ DUDENREDAKTION 2005.

La lengua inglesa presenta una situación aún más particular. Así, posee un único término, la palabra *graph*, para designar a dos funciones diferentes de la imagen, que en castellano se distinguen por las palabras *gráfica* y *grafo*. A cambio existe otro término, el sustantivo *chart*, que carece de traducción directa al castellano o al alemán. Según el Oxford English Dictionary puede hacer referencia esta palabra tanto a un mapa como a una partitura, una gráfica o una tabla.⁴⁹ La ambigüedad de la terminología hace que gran parte de los autores dedicados a la temática de la visualización de informaciones empiecen sus trabajos fijando el significado de los términos que emplean, con el fin de evitar imprecisiones y malentendidos.

Robert Harris describe en su obra de referencia «Information Graphics» por orden alfabético tanto los conceptos básicos de la visualización de informaciones, como las diferentes tipologías de imágenes que pueden distinguirse en este campo. El término *chart* lo comprende de manera similar a como lo propone el diccionario, pues lo define como categoría general que abarca a las gráficas, los mapas, los diagramas, las tablas y aquellas otras visualizaciones que no encajan en uno de estos cuatro grupos. La función que atribuye a las *gráficas* es la de la expresión visual de relaciones cuantitativas entre dos o más grupos de información. La del *diagrama* es la visualización de relaciones no-cuantitativas.⁵⁰

También Stephen Kosslyn se propone clarificar la terminología. Tras exponer que el término *chart* es a veces empleado de un modo más general, haciendo referencia a la totalidad de imágenes que tienen contenido simbólico, decide emplearlo en su obra con un sentido más restrictivo: “Los charts comunican relaciones, no cantidades.”⁵¹ Así, define a éste en oposición al término *graph*, el cual queda designado de modo específico a las representaciones cuantitativas. Esta nomenclatura encierra sin embargo cierta problemática, que obliga a Kosslyn a alterar algunos términos habituales para emplear su propia terminología de modo consecuente. Este caso se da en las *gráficas de pastel*, que en inglés se conocen con el nombre de *pie chart*. Kosslyn decide denominarlas *pie graph*, en contra de toda tradición, ya que expresan relacio-

⁴⁹ <http://dictionary.oed.com> | Consultado en línea el 01.10.11.

⁵⁰ HARRIS 1999, p.71 y 164.

⁵¹ KOSSLYN 2006, p.229: «Charts convey not amounts but relationships. [...] Tables of organization, flow charts, and family trees are all charts, visual displays that arrange information into categories or stuctures.»

nes cuantitativas y no cualitativas, por lo que deberán pertenecer al grupo de los *graphs*, y no de los *charts*.⁵² La autora Ronnie Lipton, quien ha publicado diversos libros sobre diseño gráfico, entre ellos uno dedicado específicamente al diseño de información, adopta la terminología propuesta por Kosslyn.⁵³ La nomenclatura de Harris presenta una gran ventaja frente a aquella de Kosslyn, al no exigir un cambio en los hábitos terminológicos. En los *pie chart* haría referencia el sustantivo *chart* a la categoría general a la que pertenecen todas las imágenes informativas.

No obstante, también la terminología de Harris encierra ciertas dificultades. Al considerar a las *gráficas* como aquellas imágenes que expresan relaciones cuantitativas *entre dos o más* grupos de información, relega a las *gráficas* cuantitativas unidimensionales, es decir, aquellas imágenes cuantitativas que constan de una única variable, a la quinta categoría, que carece de un nombre específico. De este modo sitúa a las *gráficas de pastel*, que expresan a través de las dimensiones relativas de sus componentes la distribución proporcional entre ellos mismos y con respecto al todo, en el mismo grupo en el que se hallan las explicaciones ilustradas [*illustration charts*] y los diagramas de organización de actividades [*milestone charts*].⁵⁴ La utilidad de una categoría tan heterogénea es más que cuestionable.

Resulta sorprendente que la terminología de lo gráfico sea tan poco consistente, dando origen incluso a usos contradictorios. Además, no parece que éste sea un fenómeno novedoso, pues ya en 1937 se quejaba Funkhouser de esta situación.⁵⁵ Es probable que el problema tenga su origen en la amplia variedad de disciplinas que hacen uso de estas visualizaciones, dando origen así a diferentes tradiciones terminológicas.

No cabe duda que esta situación dificulta de manera considerable el estudio de este campo, en especial a nivel internacional. En este proyecto se ha decidido utilizar el término *gráfica* como nombre para designar a aquellas visualizaciones que codifiquen valores cuantitativos y expresen visualmente las relaciones entre éstos, empleándolo de aquí en adelante de modo consistente para evitar así confusiones.

⁵² KOSSLYN 2006, p.229.

⁵³ LIPTON 2007, p.180.

⁵⁴ HARRIS 1999, p.71, pp.281-286.

⁵⁵ FUNKHOUSER 1937, pp.364-367.

1.4.2 Repaso histórico a las principales tipologías

La literatura dedicada a la historia de la gráfica cuantitativa es escasa. Una de las primeras contribuciones sistemáticas en este ámbito fue realizada en 1937 por H. Gray Funkhouser, quien ya entonces subrayaba que sus contemporáneos hacían uso de los métodos gráficos sin conocer la historia de éstos.⁵⁶ Tuvo que pasar casi medio siglo hasta que se publicara el siguiente artículo significativo dedicado a esta temática, realizado por los sociólogos James R. Beniger y Dorothy L. Robyn.⁵⁷ En 1983 publicó Edward Tufte el primero de sus hasta el momento cuatro libros dedicados a la visualización de informaciones. Todos ellos describen con mayor o menor detalle diversos aspectos históricos de las tipologías gráficas a las que estudian.⁵⁸ Las obras de Tufte carecen del carácter académico que poseen los artículos de Funkhouser y Beniger/Robyn, pero a cambio centran su atención realmente en el *material visual* que analizan. Esta actitud dio origen a una serie de libros de indiscutible esteticismo, que realmente pueden describirse como “una celebración de las gráficas de datos”, como dijo su autor.⁵⁹

En los últimos años, con el nuevo auge del que disfrutaban en especial las visualizaciones cuantitativas debido tanto a la aplicación de procedimientos informáticos para su constitución y diseño, como a su omnipresencia medial, han surgido múltiples publicaciones dedicadas a los métodos gráficos y a su análisis. Estas obras suelen incorporar un apartado en el que se repasan brevemente los grandes hitos de la historia de la visualización, aunque mayoritariamente sin incorporar material novedoso.⁶⁰ Hasta hoy sigue sin existir una monografía que estudie de modo exhaustivo y satisfactorio esta temática. Proyectos como el «Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization» de Michael Friendly y Daniel J. Denis tratan suplir este hueco, creando una base de

⁵⁶ FUNKHOUSER 1937, p.270.

⁵⁷ BENIGER/ROBYN 1978.

⁵⁸ TUFTE 1998; TUFTE 2001; TUFTE 2002.

⁵⁹ TUFTE 1998, p.10.

⁶⁰ Este es el caso de obras como las de WEBER 2008, CHEN/HÄRDLE/UNWIN 2008, BRÜCKNER 2004 o WILDBUR/BURKE 1998, entre otros.

datos puesta a disposición de los interesados en Internet. Desgraciadamente, parece que el proyecto ha caído en el olvido de sus autores, pues, aunque sigue siendo posible acceder la página, ésta ha dejado de ser actualizada.⁶¹ No obstante, se observa en la actualidad un incremento en cuanto a la publicación de obras dedicadas al estudio de autores, tipologías o períodos específicos relacionados con el tema.⁶²

La historia de las gráficas cuantitativas se constituye a través de múltiples y pequeñas innovaciones que surgieron desde el contexto de diferentes disciplinas y autores. Es por ésto que se estima poco útil establecer un recorrido estrictamente temporal a través del repertorio visual, centrado en los logros de personajes individuales. En este trabajo se ha optado por una narrativa más conceptual, que describe en primera línea los diferentes planteamientos que dieron origen a una nueva e inusual perspectiva, que hallaría entonces su expresión en el medio gráfico.

LA VISUALIZACIÓN DE LA DISTANCIA

En las *gráficas* codifica el espacio de la imagen una serie de valores cuantitativos en relación a una o más variables. Para ello se establece una correspondencia entre el tamaño de los elementos visuales y los valores numéricos. La *escala* es el elemento que regula la traducción proporcional entre las cantidades medidas y su representación gráfica.

Una huella como tal aún no implica un cambio de proporción, es, por así decirlo, una representación a escala 1:1, ya que se trata de un signo directo, trazado por el objeto mismo al que hace referencia. Diferente es la situación en el caso de las representaciones figurativas, las cuales implican mayoritariamente una traducción de las dimensiones del espacio real a las dimensiones del soporte de la imagen, pudiendo tratarse tanto de una reducción como de una ampliación. No obstante, estas imágenes habitualmente no contienen una codificación explícita del espacio,

⁶¹ FRIENDLY/DENIS 2001.

⁶² ROSENBERG/GAFTON 2010; PLAYFAIR 2005, entre otros.

sino que hacen uso de lo que Tufte denomina una *self-representing scale*: la visualización de elementos conocidos junto a otros elementos novedosos permite la inferencia del tamaño de lo desconocido a través de nuestra experiencia del mundo real.⁶³ La codificación explícita del espacio surge con el mapa. La realidad que éste visualiza en el plano escapa a lo directamente perceptible, retratando una realidad experimentable, habitable, pero no visible. Su meta es la traducción fidedigna de un espacio real a un soporte menor, permitiendo al observador la orientación y localización.

La aplicación de las dimensiones del plano a la representación de valores cuantitativos no surgió hasta mediados del siglo XVII. Fue el astrónomo flamenco Michael Florent van Langren, afincado en la corte española, quien destinó por primera vez en 1644 el espacio disponible a la comparación visual de una serie de valores (fig. 8). La imagen visualiza las diferentes distancias que una serie de astrónomos y cartógrafos habían calculado para el trayecto entre las ciudades de Toledo y Roma. Sobre una escala constante que expresa los grados de longitud, se organizan los datos de los que dispone Langren. En el extremo izquierdo de la horizontal se sitúa Toledo, en el punto cero de la medición. Una serie de doce símbolos se distribuyen a lo largo de la línea, visualizando las diferentes distancias que presuntamente separan a Roma de Toledo. Junto a cada punto de datos se encuentra el nombre del científico que lo determinó.

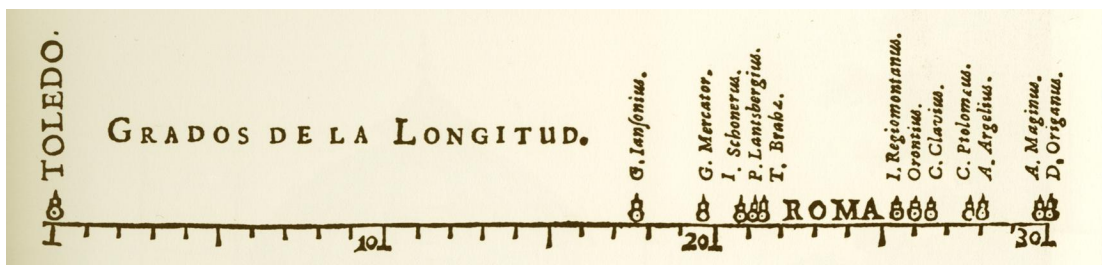


Fig. 8: Visualización de las distancias supuestas entre Toledo y Roma. Van Langren, 1644.

Aunque la imagen continúa visualizando distancias, como era habitual en los mapas, no consiste su intención ya en retratar un espacio geográfico, sino en posibilitar la comparación visual de una serie de valores numéricos. Subrayando esta

⁶³ TUFTE 2002, p. 13.

circunstancia se encuentra el hecho de que en la gráfica se prescindiera de elementos que permitan identificar los puntos cardinales, o que posibiliten una contextualización de los lugares indicados. Con ello se impide que el observador imagine la línea como trayecto trazado sobre un mapa. Es esta decidida función comparativa la que lleva a Tufte a considerarla como la primera representación de datos estadísticos.⁶⁴

La gráfica de Langren es un ejemplo de *gráfica univariada*, ya que expresa una única categoría de datos: la distancia en grados. La comparación se realiza entre los diferentes valores de esta variable. Los mapas convencionales se consideran a cambio como *gráficos bivariados*, pues organizan una serie de puntos en relación a las coordenadas geográficas, es decir, según su longitud y su latitud.

Es posible concentrar aún más informaciones en un plano, convirtiéndolo en una *gráfica multivariada*. En el caso de los mapas se deberán para ello superponer a las informaciones geográficas, especificadas a través de las dos variables espaciales (las dimensiones del plano) otros niveles de información. Para ello se hará uso de lo que Bertin describe como las *variables de color-textura*: la variación de tamaño, luminosidad, textura, color, dirección y forma.⁶⁵ Al añadir otras informaciones a las visualizaciones geográficas, se da origen a lo que suele denominarse *cartografía estadística*. En ella, zonas de diferente color localizarán geográficamente regiones climáticas, símbolos de mayor o menor tamaño indicarán el número de habitantes de diferentes localidades, diversas estructuras distinguirán los cultivos agrícolas, etcétera. Mayor número de componentes podrán ser traducidas al plano al hacer uso de varias variables de color-textura simultáneamente.

Aunque tanto la producción como el uso de mapas estaba largamente extendido, no apareció el primer ejemplo de cartografía estadística hasta principios del siglo XVIII. El origen surgió con el científico inglés Edmond Halley, quien en 1701 publicó un mapa en el que se visualizaba la declinación magnética de los océanos a través de la superposición de una retícula de líneas de variante orientación sobre un mapa mundi.⁶⁶ En 1778 le siguieron los primeros mapas geológicos, en los que Charpentier registraba la distribución de diversos tipos de suelos y minerales. El ecónomo alemán August F.W. Crome publicó tan sólo cuatro años más tarde un

⁶⁴ TUFTE 2002, p.15.

⁶⁵ BERTIN 1974, pp.68-105.

⁶⁶ BENIGER/ROBYN 1978, p.2.

mapa en el que se inscribían estadísticas demográficas, políticas y económicas. Con la incorporación en 1861 de símbolos estadísticos, como círculos, cuadrados o pequeños gráficos de barra a los mapas, contribuyó Minard de modo decidido al desarrollo de esta tipología. Hoy forma la cartografía estadística parte esencial de los métodos de visualización cuantitativa. Con la incorporación de la interacción a los ejemplos digitales se alcanzan elevados grados de complejidad. Internet ofrece acceso a múltiples ejemplos de esta tipología.⁶⁷

LA VISUALIZACIÓN DEL TIEMPO

Otra variable que, a parte de la distancia, tiende a identificarse con relativa facilidad con una de las dimensiones del plano es la del tiempo. Autores como W. J. T. Mitchell llegan al punto de afirmar que resulta imposible pensar el tiempo sin mediación del espacio.⁶⁸

La transcripción a lo visual de aquellas formas de expresión que pueden definirse como *acústicas*, como lo son el lenguaje hablado o la música,⁶⁹ da lugar a un sistema de notación lineal, en el que el desarrollo continuo de la línea equivale al paso del tiempo hablado. Este flujo se interrumpe únicamente cuando es necesario adaptarlo a las limitaciones específicas del soporte sobre el que se inscribe. De hecho, en numerosas inscripciones arcaicas egipcias y griegas se utilizaba una dirección de escritura denominada *bustrofedon*, en la que el texto describe una línea zigzagueante y sin interrupciones, alternando un renglón de izquierda a derecha con otro de derecha a izquierda. El nombre *bustrofedon* hace referencia a la trayectoria que sigue el arado tirado por bueyes al labrar las tierras.⁷⁰

⁶⁷ Proyecto manyeyes: <http://www-958.ibm.com/software/data/cognos/manyeyes>

Proyecto worldmapper: www.worldmapper.org | Consultados en línea el 01.10.11

⁶⁸ W.J.T. MITCHELL, citado por ROSENBERG 2010, p.13.

⁶⁹ BERTIN 1974, p.11.

⁷⁰ ROBINSON 1996, p.94,167.



Fig. 9: Detalle del Tapiz de Bayeux, s.XI.

La notación lineal no sólo es aplicada a la escritura. La articulación de obras visuales como el conocido «Tapiz de Bayeux», un lienzo bordado de la segunda mitad del siglo XI, de casi setenta metros de longitud y medio metro de altura, también hacen uso de este método. Una serie de imágenes independientes y consecutivas, en las que se insertan inscripciones en latín, narran en el tapiz la conquista de Inglaterra por los normandos, cerrándose la historia con la batalla de Hastings en 1066. También en este caso se crea una narración a través de la organización lineal de imágenes consecutivas. En el detalle del tapiz mostrado en la figura 9 se pueden observar dos escenas consecutivas que muestran a los mismos personajes en dos situaciones diferentes: a la izquierda, montando a caballo, y a la derecha, conversando en la residencia de uno de ellos.⁷¹

La historiografía hizo temprano uso de estructuras tabulares para la transmisión de sus conocimientos. El primero que estableció este formato, que hoy forma parte del repertorio habitual de los libros de referencia, fue el teólogo cristiano Eusebio de Caesarea en el siglo cuarto. En su obra «Crónica» se valió de una serie de diecinueve columnas paralelas, cada una de las cuales destinó a relatar los hechos más significativos de la historia de un país diferente. El contenido de las columnas era distribuido de tal modo a lo largo del eje vertical para que aquellos hechos que habían tenido lugar en el mismo año pudieran coincidir en una línea horizontal.⁷²

Aunque en todos estos ejemplos se identifica a una de las dimensiones del espacio con el transcurso del tiempo, no se codifica a éste de un modo explícito y

⁷¹ WILSON 2005, pp.9-19; explicación del detalle descrito en pp.176-177.

La literatura en torno al Tapiz de Bayeux es muy extensa. Para una bibliografía sobre el tema, véase FOYS/OVERBEY/TERKLA 2009, pp.176-210.

⁷² ROSENBERG/GRAFTON 2010, p.26.

consistente en ninguno de ellos. Tampoco en el caso de la notación musical, la cual expresa de modo preciso el tiempo en relación a la duración de cada uno de los tonos descritos, sucede ésto, pues el tiempo no es codificado a través del espacio, sino por medio del uso de símbolos (las notas musicales y las pausas).

La primera gráfica que hace uso de la cuadrícula para la inscripción de un valor variable en relación al tiempo surge en el contexto de la astronomía, formando parte de un manuscrito cuyo origen remonta con gran probabilidad al siglo X. La obra incorpora un anexo titulado «De cursu per zodiacum», de autor desconocido, que presenta una breve descripción del movimiento de los planetas a través del zodiaco. Este texto es ilustrado por una imagen (fig. 10) que visualiza la inclinación de las órbitas planetarias en relación al tiempo. La vertical representa la anchura del zodiaco, en la que se inscriben los diferentes planetas descritos, la horizontal visualiza el tiempo, dividido en treinta secciones iguales.

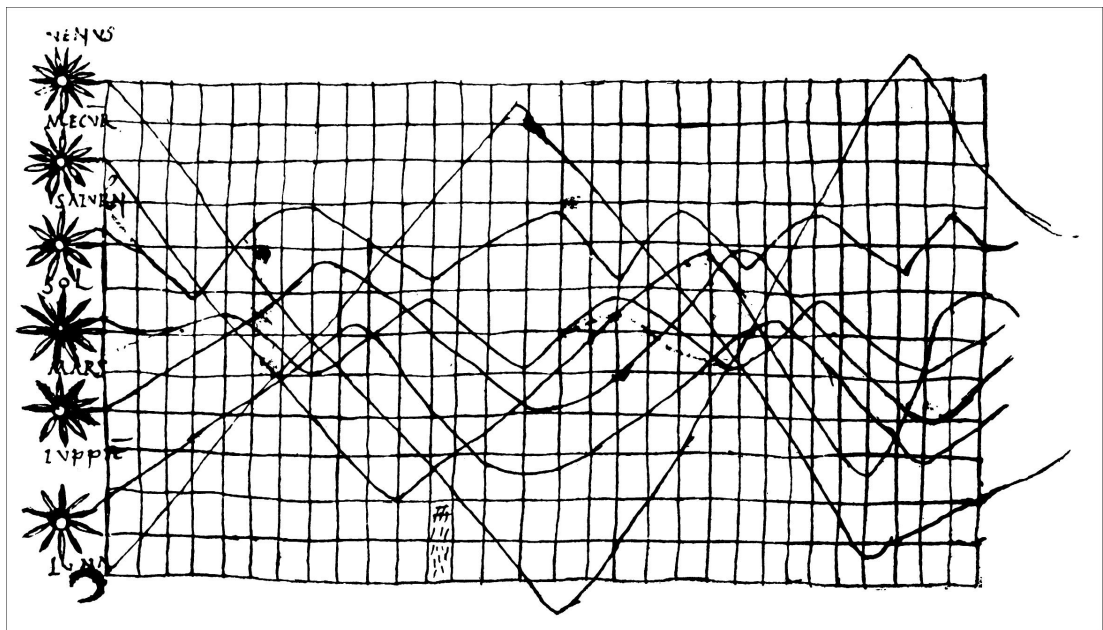


Fig. 10: Ilustración de autor anónimo en «De cursu per zodiacum», s.X.

La imagen presenta sin duda una asombrosa similitud con el lenguaje formal de las visualizaciones temporales que hoy son habituales. No obstante, su contenido es un tanto enigmático. Funkhouser, quien hasta hoy parece haber sido el único en investigar en detalle el significado de esta gráfica, expone una serie de incongruencias que surgen tanto al tratar de reconciliar la imagen con el texto acompañante,

como en cuanto a la interpretación de la escala temporal. Aunque estas imprecisiones la convierten en poco más que una ilustración esquemática, no puede negársele su mérito al ser una imagen excepcionalmente temprana esforzada en representar valores variables de modo gráfico, incorporando un primer intento de codificación del espacio para la visualización del tiempo.⁷³

Tuvieron que discurrir casi ocho siglos hasta que surgieran las próximas innovaciones en el campo de la visualización del tiempo. Entre 1660 y 1800 se inventaron multitud de máquinas que permitían registrar de modo automatizado ciertos fenómenos naturales, como la variación de la temperatura, la presión atmosférica o la marea.⁷⁴ Estos aparatos inscribían los valores registrados sobre un soporte en constante movimiento, dando lugar a una línea continua de variable altitud. A pesar de que estos instrumentos creaban directamente una imagen gráfica de los valores medidos, se consideraban estas visualizaciones sin interés; lo que se valoraba de estas máquinas era el hecho de que registraran los datos de modo automatizado en ausencia del científico. Tanto para el análisis como para la publicación de los datos recogidos solían transcribirse éstos a una tabla. Aunque no se percibieran aún las cualidades comunicativas específicas que estas imágenes podían poseer, jugaron sin duda un papel fundamental a la hora de abrir paso a un nuevo lenguaje visual, que finalmente acabaría estableciéndose.⁷⁵

La publicación en 1765 de la obra titulada «Chart of Biography» del científico y teólogo inglés Joseph Priestley, tuvo un significado esencial en el desarrollo de las visualizaciones temporales. La gráfica, cuyas dimensiones alcanzaban casi un metro de anchura, visualizaba la duración de la vida de dos mil celebridades históricas, expresadas sobre un eje temporal horizontal constante. Resulta complicado encontrar reproducciones de esta imagen, debido tanto a sus dimensiones como a su detallada elaboración. En la obra de Rosenberg/Grafton se encuentra una reproducción en color a formato reducido de la gráfica completa, lo cual permite reconocer la sistemática utilizada por Priestley, pero no posibilita una apreciación detallada del

⁷³ FUNKHOUSER 1936, pp.260-262.

⁷⁴ TILLING 1975, pp.195-199.

⁷⁵ Uno de los pocos científicos que percibieron las posibilidades de este tipo de imágenes fue J.H. Lambert (1728-1777). Para una descripción detallada de sus visualizaciones, véase TILLING 1975, pp.200-207.

lenguaje visual de la que hace uso. Es por esta razón que en el presente trabajo se ha optado por mostrar el *espécimen* que ilustraba la explicación del «Chart of Biography».⁷⁶

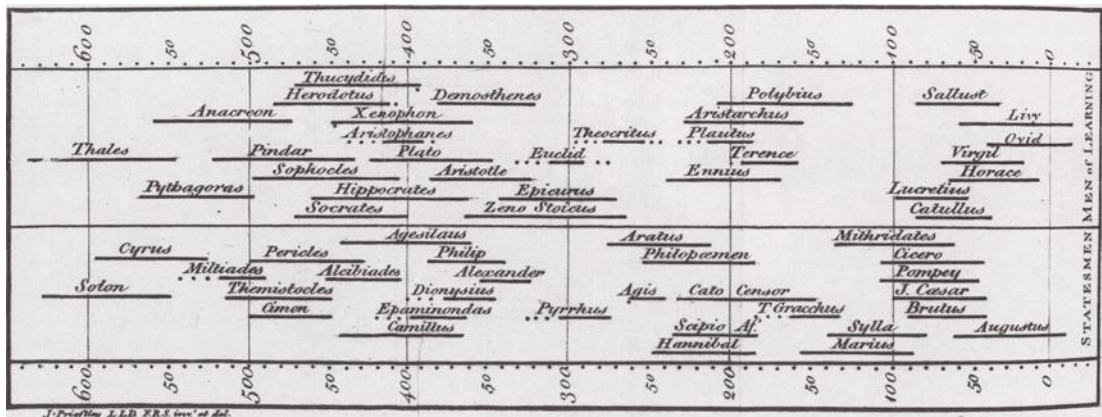


Fig. 11: "A Specimen of a Chart of Biography". Joseph Priestley, 1764.

Priestley no era el primero que hacía uso de una escala temporal medida; no obstante, fue él quien logró crear e instaurar un lenguaje visual específico para este tipo de imagen.⁷⁷ Unas pequeñas barritas negras representaban el transcurso de la vida de los diferentes personajes; en caso de que el año exacto de nacimiento o defunción se desconociera, hacía preceder o seguir la línea por una serie de puntos.⁷⁸

El «Chart of Biography» adquirió pronto una gran popularidad, alcanzando un importante éxito comercial.⁷⁹ Tres años más tarde le seguiría la publicación de otra gráfica, titulada «Chart of History», que visualizaba el sino de setenta y ocho reinos e imperios. Ambas imágenes abarcan el mismo período de tiempo y son de idénticas dimensiones y escalas; esto posibilitaba la comparación visual entre los datos de las dos gráficas. Finalmente Priestley, quien poéticamente había comparado la codificación uniforme del tiempo con el fluir constante de un río,⁸⁰ había logrado

⁷⁶ ROSENBERG/GRAFTON 2010, pp.118-119; PRIESTLEY 1764.

⁷⁷ ROSENBERG/GRAFTON 2010, p.112-116.

⁷⁸ PRIESTLEY 1764, p.11.

⁷⁹ BENIGER/ROBYN 1978, p.3.

⁸⁰ PRIESTLEY 1764, p.26.

implementar con éxito una nueva tipología de gráfica cuantitativa a un amplio público.

Las primeras gráficas que no dedicaron el eje temporal a la visualización de un fenómeno natural son aquellas de William Playfair. El joven ingeniero y economo inglés publica en 1786 su obra titulada «The Commercial and Political Atlas», en la que describe el desarrollo del comercio de Inglaterra durante el siglo XVIII, así como los ingresos, gastos y deudas generadas por este país en dicho período.⁸¹ El libro contiene una serie de 33 gráficas,⁸² todas ellas grabadas en cobre y coloreadas a mano, que en su mayoría visualizan las relaciones comerciales entre Inglaterra y sus diferentes socios.

Prácticamente todas las láminas están construidas siguiendo un mismo modelo. La horizontal representa el tiempo (en la mayoría de los casos el período entre 1700 y 1800, dividido en intervalos de diez años); la vertical visualiza la cantidad de dinero, expresada en libras esterlinas. En la figura 12 vemos un ejemplo en el que una línea amarilla describe la cantidad invertida en la importación de bienes a Inglaterra, y una línea roja indica las cantidades recaudadas por la exportación de productos ingleses. La superficie resultante entre las líneas oscilantes es coloreada en un tono verdoso si el balance para Inglaterra ha sido positivo, rosado si ha sido negativo (esta sistemática es retomada en gran parte de las láminas del Atlas).⁸³

⁸¹ Recientemente ha sido editada una impresión facsímil de la tercera edición del Atlas de Playfair, y de su obra titulada «Statistical Breviary», publicada en el mismo año. El libro consta además de una extensa y completa introducción de Howard Wainer e Ian Spence. PLAYFAIR 2005.

⁸² La primera edición del Atlas fue publicada en 1786, siguiéndole una segunda edición sin grandes cambios en 1787, y finalmente una tercera en 1801. Esta última edición fue sometida a cambios considerables: se omitieron diversas láminas así como las tablas de datos en los que se basaban las visualizaciones. Buena parte de las gráficas que permanecieron en la obra se redibujaron, incorporando datos actualizados. Igualmente fue agregada una imagen que presentaba un nuevo modelo de visualización. Si no se indica de otro modo, las especificaciones realizadas en este trabajo hacen referencia al material de la tercera edición del Atlas.

⁸³ Las gráficas de Playfair son objeto de estudio en gran número de obras dedicadas a la visualización de datos cuantitativos. Véase FUNKHOUSER 1937, TUFTE 1998 o WAINER 1997, entre otros. Para artículos específicos sobre Playfair véase BIDERMAN 1990, COSTIGAN-EAVES 1990 o COSTIGAN-EAVES/MACDONALD-ROSS 1990.

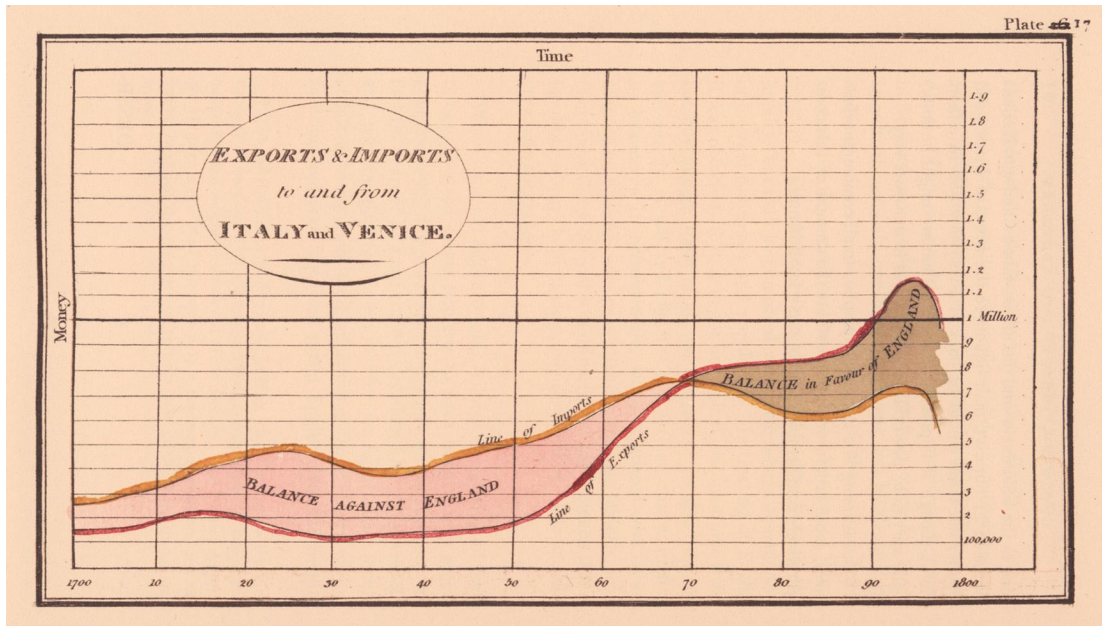


Fig. 12: Exports & Imports to and from Italy and Venice. William Playfair, 1801.

La técnica utilizada hasta entonces en la comunicación de informaciones económicas consistía en la organización de datos en forma de tablas.⁸⁴ Estas estructuras permitían transmitir con precisión cantidades exactas y concretas, pero dificultaban la comparación entre los diferentes valores, la cual debía realizarse contrastando cada una de las cifras con la siguiente; la identificación de la tendencia general tampoco resultaba evidente. No obstante, es precisamente este interés por la comparación de datos cuantitativos discretos el que caracterizó a científicos y analistas del siglo XVIII y principios del siglo XIX.⁸⁵

Playfair era consciente de las ventajas que su nuevo método de visualización proponía frente al hábito acostumbrado. Orgulloso de su invento, describía sus cualidades de la siguiente manera: *“Este modo de representación permite comunicar una idea de modo sencillo, preciso y permanente, modelando y dando forma a un número de ideas independientes, las cuales de otro modo serían abstractas e inconexas.”*⁸⁶ De hecho, la innovación fundamental de Playfair consiste en que logró otorgar una forma visual a la

⁸⁴ WAINER/SPENCE 2005, p.2.

⁸⁵ BENIGER/ROBYN 1978, p.3-4.

⁸⁶ PLAYFAIR 2005, p.x.: «[This mode of representing ...] gives a simple, accurate and permanent idea, by giving form and shape to a number of separate ideas, which are otherwise abstract and unconnected.»

variación de cantidades discretas, reconociendo las posibilidades de lo que Krausse denomina *economía perceptiva*, ya que posibilita una identificación, comprensión y memorización más rápida y efectiva de las tendencias y balances económicos que a través del habitual análisis de datos numéricos.⁸⁷ Hoy se tiende a recomendar el uso de gráficas lineales para la visualización de valores continuos, como lo es, por ejemplo, la temperatura. Su empleo para la visualización de valores discretos se justifica sin embargo cuando el interés se centra no en la comunicación de los datos individuales (para lo cual se prestaría más el uso de una gráfica de barras o incluso una tabla), sino en la visualización de la tendencia.⁸⁸

Aunque las visualizaciones del Atlas contienen algunas imprecisiones y dificultades, tanto a nivel matemático como gráfico, supusieron un enorme avance conceptual para su época. No obstante, durante su vida, su inventiva pasó mayoritariamente desapercibida.⁸⁹

A esta tipología creada por Playfair se la suele llamar *gráfica lineal*, en razón a su traducción formal, independientemente de las variables visualizadas. Cuando además se colorean las superficies resultantes entre los ejes de coordenadas y las líneas de datos, o entre diferentes líneas de datos, es usual hablar de *gráficas de área* [area graphs]. También se las define como *series temporales* [time-series], en referencia a la variable independiente empleada.

Las series temporales son la tipología de gráficas que hoy son publicadas con mayor frecuencia. No obstante, el hecho de que una de las variables siempre sea el tiempo, hace que estas visualizaciones sean predominantemente *narrativas* (trazan el cambio de una variable, en este caso concreto la variación de ingresos o gastos, a través del tiempo), pero no *explicativas*. Para esto sería necesario relacionar el cambio con otra variable más, que explicara la variación de la primera variable a través del tiempo.⁹⁰

⁸⁷ KRAUSSE 1999, p.12.

⁸⁸ KOSSLYN 2006, pp.46-55. Para la diferenciación entre la visualización de datos continuos y discretos (diagrama analógico y diagrama digital), véase GOODMAN 1995, pp.154-163. Para un análisis del significado que transmite la visualización de datos discretos como continuidad en base a la visualización de mercados financieros, véase TANNER 2002, pp.142-147.

⁸⁹ WAINER/SPENCE 2005, p.9-27.

⁹⁰ TUFTE 1998, p.28, pp.36-37.

LA VISUALIZACIÓN DE AQUELLO QUE NO ES NI TIEMPO NI DISTANCIA

En las imágenes que hemos vistos hasta ahora, siempre una de las dimensiones del espacio estaba reservada o bien a la expresión de la distancia misma, o bien a la variable temporal. El plano, sin embargo, está capacitado para visualizar mucho más que sólo estos dos aspectos.

Fue la falta de datos la que llevó a Playfair a inventar una nueva tipología de imagen cuantitativa. De las cuarenta y cuatro láminas que contenía la primera edición del Atlas, había una única lámina que no visualizaba la variación del comercio de Inglaterra con diferentes países a través del tiempo. La ausencia de informaciones sobre el comercio exterior de Escocia para un período de años consecutivos obligó a Playfair a crear un nuevo método para visualizar los datos de los que disponía. La imagen resultante, que suele considerarse como la primera *gráfica de barras*, posiciona la variable *dinero*, expresada en libras esterlinas, en el eje horizontal, y enumera los diecisiete países con los que comerció Escocia durante 1781 en el eje vertical. Una serie de barras que parten desde el límite izquierdo de la imagen representan, a través de su extensión longitudinal, el movimiento comercial de las transacciones internacionales. La diferente textura permite distinguir las cantidades invertidas en la importación de bienes de aquellas obtenidas a través de la exportación.⁹¹

La gráfica posibilita la comparación del comercio exterior de un país concreto en un momento histórico específico. Aquí, el tiempo constituye la *invariante*, pues es un valor fijo, único, indicado exclusivamente a través del título de la lámina.⁹² Mientras que en las gráficas precedentes era una de las variables continua (*tiempo*), y la otra discreta (*dinero*), son ahora en esta visualización ambas variables de carácter discreto (tanto *países* como *dinero*). La visualización de relaciones entre dos variables cuantitativas discretas es una de las cualidades principales de las *gráficas de barras*.⁹³

Playfair no parece haber sido consciente de que esta excepcional gráfica, aun sin permitir la comparación del comercio en diferentes períodos de tiempo, poseía poderosas cualidades. De hecho, en el texto introductorio del Atlas pedía disculpas

⁹¹ FUNKHOUSER 1937, p.283; BENIGER/ROBYN 1978, p.3; WAINER/SPENCE 2005, p.15.

⁹² BERTIN 1974, p.13.

⁹³ KOSSLYN 2006, pp.46-48; p.53.

por esta lámina, que, según su estimación, no alcanzaba el nivel cualitativo de las otras.⁹⁴ Para la tercera edición del Atlas la eliminó del repertorio gráfico.

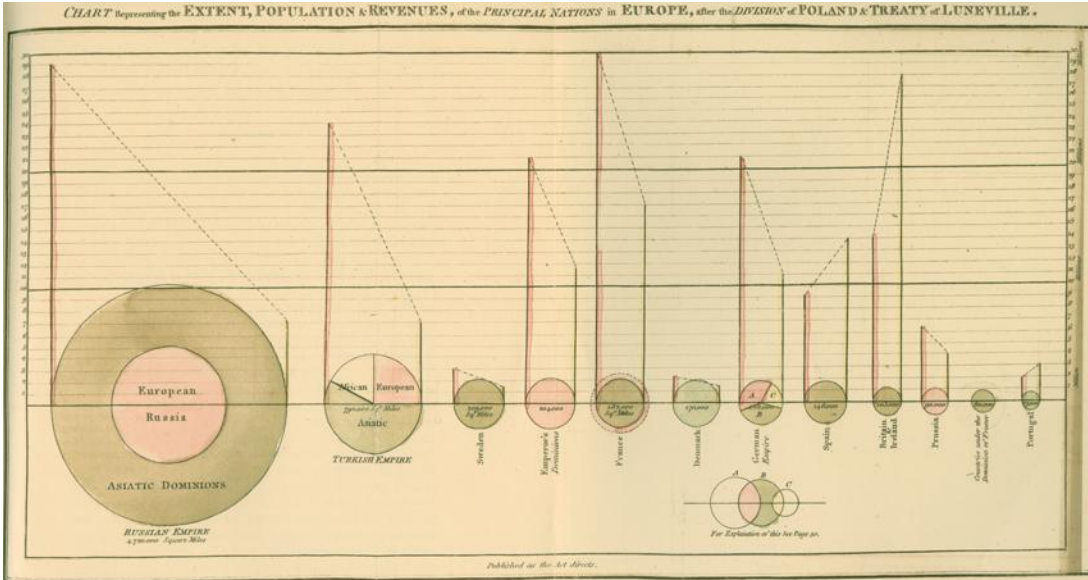


Fig. 13: Gráfica publicada en «The Statistical Breviary». William Playfair, 1801.

Pero las innovaciones de Playfair no acaban ahí. En su libro «The Statistical Breviary», publicado en 1801 (fig. 13), contrasta Playfair la superficie de diferentes países europeos reduciendo sus irregulares formas geográficas a una circunferencia proporcional a su extensión. Varios círculos son subdivididos en secciones: de este modo logra visualizar la situación territorial de algunos de los imperios retratados, como el turco (cuyos dominios divide en africanos, europeos y asiáticos) o el alemán (dividido en Austria, Prusia y otros principados alemanes).⁹⁵ Estas novedosas visualizaciones forman parte (al igual que la gráfica de barras) del grupo que suele denominarse *gráficas de área proporcional*.⁹⁶ Dentro de esta categoría entra tanto la *gráfica de pastel*, que se emplea para visualizar porcentajes de un todo, como la *gráfica de área circular*, en la que se comparan cantidades discretas a través de la variación del tamaño de formas geométricas.

El científico alemán Alexander von Humboldt retoma este lenguaje visual propuesto por Playfair, al que hace específicamente mención en su trabajo, y publica en

⁹⁴ PLAYFAIR 1786, p.101; citado por BENIGER/ROBYN 1979, p.3.

⁹⁵ PLAYFAIR 2005, p.50.

⁹⁶ HARRIS 1999, pp.312-315.

1811 una obra en la que expande la idea de la gráfica de áreas proporcionales empleadas por éste, dando origen a la gráfica de barra subdividida, y a cuadrados superpuestos para la comparación de áreas.⁹⁷

Aunque las gráficas de área proporcional son empleados con frecuencia para la visualización de datos, no deja su uso de ser un tanto problemático, pues está demostrado que a nivel perceptivo resulta mucho más difícil comparar de modo preciso la expansión de dos superficies que cuando se compara la longitud de dos barras.⁹⁸ No obstante, para una comparación general, aproximativa, son sin duda útiles. A esto se debe que sean empleados con frecuencia en el ámbito de la infografía.

A principios del siglo XIX empezó a surgir cada vez mayor interés por lo que se denominó *estadística vital* [vital statistics], que se dedicaba al estudio tanto de cuestiones demográficas como de salud pública. Con ello surgió la necesidad de visualizar la distribución de valores continuos, por ejemplo para analizar la frecuencia con la que aparecía una enfermedad en relación a las diferentes edades de la población. Ya a mediados del siglo XVIII habían visualizado los matemáticos franceses Loys de Cheseaux y d'Alembert las primeras curvas que expresaban gráficamente la tasa de mortalidad. No obstante, no se basaban estas visualizaciones en datos reales (aunque estos se llevaban recogiendo desde hacía al menos sesenta años), sino que eran visualizaciones hipotéticas.⁹⁹

Las grandes innovaciones en el campo de la visualización de la distribución continua se iniciaron con el matemático y físico Joseph Fourier en 1821, cuando éste publicó la primera gráfica de distribución de frecuencia acumulada, a la que popularmente se denomina *ojiva*.¹⁰⁰ Le siguió a los pocos años la publicación del trabajo de A. M. Guerry, abogado francés, quien en 1833 publicó los primeros histogramas para analizar visualmente datos recogidos sobre la criminalidad en Francia. Francis A. Walker completó el repertorio, introduciendo la pirámide de edad y el polígono de frecuencia bilateral en 1874 en su Atlas Estadístico de los Estados Unidos.

⁹⁷ BENIGER/ROBYN 1979, p.4.

⁹⁸ STRANGE 2007, p.15.

⁹⁹ BENIGER/ROBYN 1979, p.4.

¹⁰⁰ HARRIS 1999, pp.124-125, 116-118, 187-194 y 256.

Conforme fue evolucionando la estadística social, surgió un nuevo problema gráfico: la visualización de tres o más variables sobre un soporte bidimensional. Una original solución la vemos en la figura 14, en la que una compleja construcción gráfica simula un espacio tridimensional haciendo uso de la proyección isométrica. En ella se interrelacionan tres variables: *población* (número de individuos), *edad* (edad de los individuos) y *tiempo* (el período histórico entre 1750 y 1875). Esta tipología, creada por el estadístico italiano Luigi Perozzo en 1879, pronto fue bautizada con el nombre de *estereograma*.

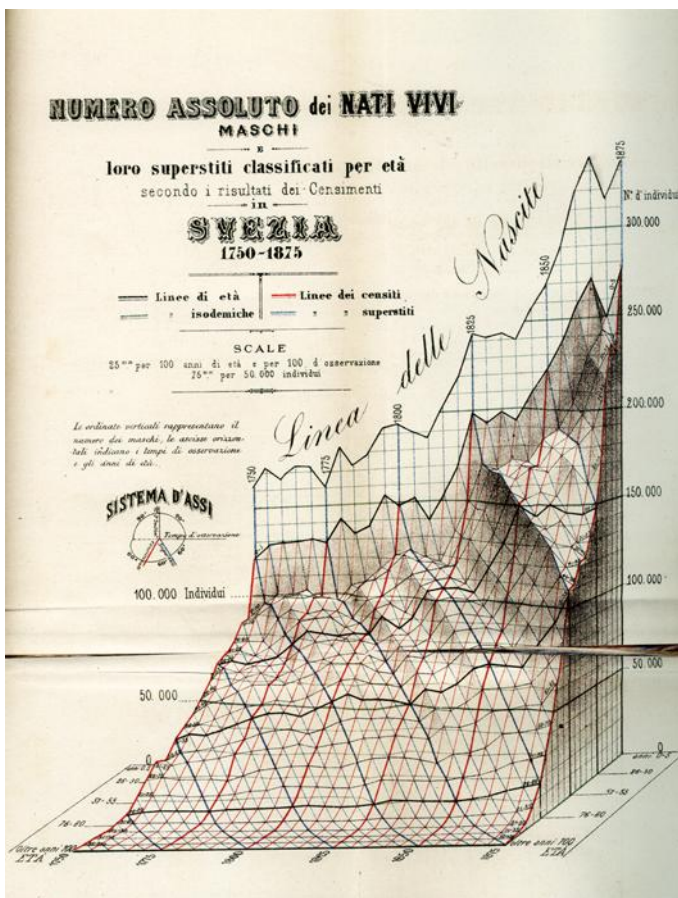


Fig. 14: Estereograma del censo sueco entre 1750 y 1875. Luigi Perozzo, 1879.

Otro método que permite la representación de datos multivariables es el de los *mapas de contorno*, en los que una línea, denominada *isolínea*, conecta aquellos puntos que comparten igual valor. Su origen surge a mediados del siglo XVIII en torno a la geografía, donde rápidamente se instauró como herramienta habitual. El ingeniero

y político Léon Lalanne aplicó este principio de visualización por primera vez a datos no-geográficos en 1843. Para ello posicionó las horas del día en el eje de ordenadas (primera variable), a los meses del año en el eje de abscisas (segunda variable), y en el área de datos visualizó las diferentes temperaturas (tercera variable) en relación a la hora del día y el mes del año, comunicando aquellos puntos que comparten una misma temperatura a través de una isolínea.

El análisis gráfico de datos por fin había logrado establecerse como método habitual de la estadística a mediados del siglo XIX. La primera exposición dedicada a las visualizaciones cuantitativas tuvo lugar en Viena en 1857, en el contexto del Tercer Congreso Internacional de Estadística; diez años más tarde empezaron las gráficas a formar parte de los libros de texto de las escuelas francesas. A principios del siglo XX surgieron en el ámbito anglosajón las primeras publicaciones dedicadas a explicar cómo podían construirse las diferentes tipologías de gráfica cuantitativa, y la temática entró a formar parte del programa didáctico de las universidades.¹⁰¹

Tras la Segunda Guerra Mundial disminuyó el interés por la visualización de datos, y se intensificó a cambio el estudio de cuestiones matemáticas. La situación volvió a cambiar a mediados de los años sesenta. Con el desarrollo de los nuevos métodos informáticos, que permitían el análisis de grandes sets de datos multivariados, la temática adquirió un nuevo impulso. Uno de los personajes de mayor influencia en este proceso fue sin duda el matemático y estadístico americano John W. Tukey, quien articuló la importante distinción entre el *análisis de datos exploratorio* y el *análisis de datos confirmatorio*, dando así lugar a lo que se llamó *Exploratory Data Analysis*, más conocido por la abreviación EDA.¹⁰² Tukey sostenía que era necesario que los métodos estadísticos no sólo fuesen empleados para la comprobación de hipótesis, sino que estos métodos debían tenerse en cuenta en el mismo proceso de formulación de hipótesis en el contexto del trabajo científico. Tukey fue además autor de algunas tipologías que hoy forman parte del repertorio habitual de visualización estadística, entre ellos de los *diagramas de tallo y hoja*, o los *diagramas de caja*.

El catálogo de nuevos métodos de visualización ha crecido de modo extraordinario en los últimos cincuenta años. Como ejemplo popular pueden citarse las *caras*

¹⁰¹ BENIGER/ROBYN 1979, pp.4-6.

¹⁰² WAINER 2005, p.118.

de Chernoff, creadas por éste en 1973, en las que los elementos gráficos que componen la cara dibujada a trazos codifican las diferentes variables. La mayoría de las nuevas tipologías se basan en el uso del ordenador, su construcción resulta prácticamente imposible si no se utiliza este medio tecnológico.

La capacidad procesadora de las máquinas continúa creciendo, y en consecuencia aumenta la complejidad tanto a nivel de contenido (mayor número de datos tenidos en cuenta) como a nivel gráfico. Las visualizaciones contemporáneas hacen uso del color e incluso del movimiento y la interacción. Algunos ejemplos de estas nuevas gráficas cuantitativas son accesibles a través de internet.

Tal es el caso del *trendanalyzer* de Hans Rosling, publicado a través de la fundación no-lucrativa sueca *gapminder*, que facilita el análisis de tendencias a través de animaciones interactivas. El programa es además puesto a disposición del usuario de modo gratuito, permitiéndose así la visualización de datos propios.¹⁰³

La visualización de datos multivariados sigue constituyendo la problemática fundamental de este campo temático en la actualidad.¹⁰⁴ No obstante, hoy gozan las gráficas cuantitativas de una atención hasta ahora insólita. Además de formar, junto con diagramas e ilustraciones, parte indisociable del predominante periodismo gráfico, son omnipresentes en internet, con numerosas páginas dedicadas a la materia.

¹⁰³ www.gapminder.org/world | Consultado en línea 01.10.11.

La aplicación "trendanalyzer" fue adquirida en 2007 por google, quien la pone a disposición con el nombre de "Google Motion Chart".

¹⁰⁴ WAINER 2005, p. 116.

1.5 El grafo

Los *grafos* constituyen un campo de estudio propio dentro de la matemática discreta. La teoría dedicada a su estudio es denominada *teoría de los grafos*.¹⁰⁵

A nivel visual presentan gran similitud con lo que habitualmente se consideran como *diagramas*. Cabe plantearse si los grafos no deberían acaso ser comprendidos como un subgrupo específico dentro de éstos, pues es habitual que múltiples visualizaciones que se clasifican como diagramas son en realidad grafos matemáticos, como sucede por ejemplo con los *cladogramas*. Los grafos poseen sin embargo mayor grado de estandarización que los diagramas, pues el significado de sus elementos está claramente delimitado. Hacen igualmente uso de una terminología precisa y establecida para describir a los elementos que los constituyen, así como para diferenciar las varias tipologías que existen en este ámbito.

Un estudio de los conceptos de la teoría de los grafos nos permitirá identificar ciertos conflictos que suelen surgir al interpretar los diagramas-grafos. Igualmente nos ofrecerá un vocabulario especializado al que se podrá recurrir, si se considera necesario, a la hora de describir las diferentes visualizaciones a las que se dedica este trabajo.

1.5.1 Origen histórico y campo de aplicación

Suele considerarse como origen de la teoría de los grafos la resolución del llamado *Problema de los Puentes de Königsberg* por parte del matemático Leonhard Euler en el año 1736.¹⁰⁶ El planteamiento del problema era sencillo: Se deseaba saber si es posible realizar un paseo a través de la ciudad de Königsberg, hoy llamada Kalinin-

¹⁰⁵ NITZSCHE 2009; FOURNIER 2009; BEUTELSPACHER 2007; BOROWSKI/BORWEIN 2002; SACHS 1986.

¹⁰⁶ NITZSCHE 2009, p.19; SACHS 1986, p.314.

grado y perteneciente al territorio de Rusia, cruzando cada uno de los siete puentes que unían a la isla del río Pregel a tierra firme una única vez, y regresar de este modo al punto de partida.

Euler no sólo solucionó el problema (resulta imposible realizar un circuito que se atenga a las limitaciones prescritas), sino que modeló un teorema general que permitiera definir las condiciones que debían cumplirse para que un paseo de estas características fuera posible. Para ello se aproximó al problema de un modo abstracto, representando los diferentes trayectos a través de combinaciones de letras. Para traducir este problema al lenguaje visual de la teoría de los grafos, se sustituyen los puentes por siete líneas que unen a cuatro puntos (las cuatro partes de la ciudad), como vemos en la figura 24. De hecho, la representación del problema como grafo no se encuentra en el texto original de Euler. Giessmann interpreta el hecho de que hoy sea habitual ilustrar la narración del histórico problema con un grafo, como parte de la construcción mito-poética que establece el texto de Euler como acto de fundación de la teoría de grafos.¹⁰⁷

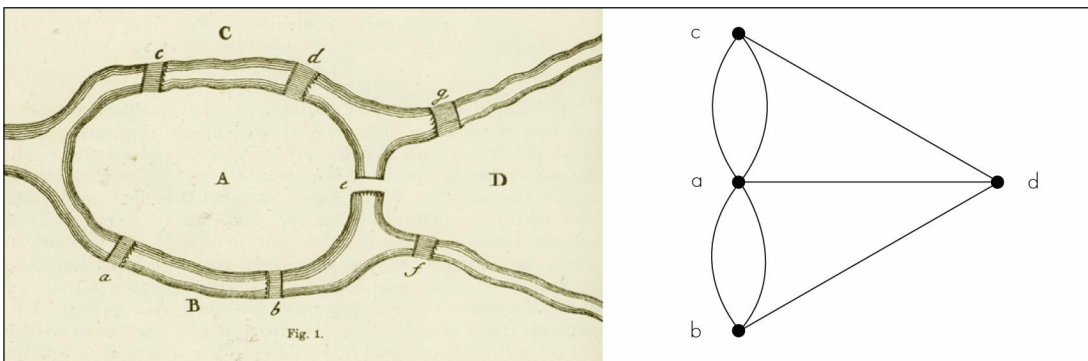


Fig. 15: Ilustración del Problema de los Puentes de Königsberg en el texto original de Euler y su visualización contemporánea como grafo.

El término *grafo* por su parte fue utilizado por primera vez en 1878 por el matemático James Joseph Sylvester, como abreviación del término *chemicograph*, que designaba a los diagramas lineales empleados para la visualización de estructuras moleculares. No obstante, la primera descripción sistemática de la teoría de los grafos no fue publicada hasta medio siglo después, en 1936, por la mano de Dénes

¹⁰⁷ GIESSMANN 2006, pp.27-29.

König. La Segunda Guerra Mundial supuso un paréntesis en la evolución de esta temática, retomándose su estudio con mayor intensidad a partir de mediados de los años cincuenta. El desarrollo de las primeras máquinas computadoras apoyó esta tendencia. Desde entonces, la teoría de los grafos se ha convertido en un campo cada vez más amplio, que suscita un creciente interés.¹⁰⁸

Los ejemplos de los que se sirve la teoría de los grafos son a menudo sencillos, en algunos casos resulta posible hallar la solución a los problemas propuestos con un poco de paciencia y la ayuda de un análisis sistemático. La meta de la teoría de los grafos no consiste sin embargo en la solución de un problema específico, sino en hallar los algoritmos¹⁰⁹ que permitan la solución de todos los problemas que presenten características equivalentes a las del ejemplo, independientemente de su complejidad y extensión específica.

El uso actual de los grafos no se limita a la disciplina matemática. El carácter abstracto de su definición permite que se empleen a la hora de visualizar las relaciones entre elementos que interactúan entre sí, independientemente del campo temático del que procedan los datos. Las estructuras resultantes pueden leerse como vértices conectados unos con otros a través de las aristas, o como aristas que se relacionan entre sí a través de los vértices. Las categorías representadas por los vértices y las aristas se adecuarán a aquello que resulte oportuno para la solución del problema planteado.

El campo de aplicación de los grafos es, dada su flexibilidad simbólica, consecuentemente amplio. Son diversas disciplinas las que los utilizan, entre ellas destaca la informática, pero también la sociología los emplea con frecuencia a la hora de visualizar y analizar redes sociales. En las ciencias naturales encuentran asimismo profusa aplicación para la traducción visual de las fórmulas de estructura de las moléculas químicas. Los grafos constituyen sin duda un lenguaje idóneo para modelar aplicaciones. Uno de sus usos más habituales consiste en identificar los vértices con ciudades, y las aristas con las vías que las comunican, dando origen a una red de carreteras. No obstante, la simulación y optimización del flujo del tráfico es tan sólo una de sus muchas posibilidades; los grafos pueden emplearse por ejemplo

¹⁰⁸ SACHS 1986, pp.315-317.

¹⁰⁹ «Algoritmo: Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.» www.rae.es | Consultado en línea el 01.10.11.

para el examen de la red de drenaje de una ciudad, o el estudio de la naturaleza de los circuitos eléctricos o las redes de computadoras. También son utilizados para visualizar los procesos de selección de un modo esclarecedor.¹¹⁰

1.5.2 Terminología

La situación terminológica resulta también en este caso un tanto compleja. En castellano es posible designar a lo que hasta el momento hemos llamado *grafo* con el término *gráfica*, y en consecuencia hablar de la *teoría de las gráficas*.¹¹¹ A su vez, el término *grafo* sirve para designar la visualización de una función, aunque suele ser más usual emplear el término *gráfica* con este propósito. Para evitar confusiones se utiliza en este trabajo el término *grafo* exclusivamente para hacer referencia a los objetos matemáticos descritos en este apartado, mientras que el término *gráfica* queda reservado para las representaciones cuantitativas.

En otras lenguas europeas se plantean situaciones de similar ambigüedad. Tanto en alemán, francés e inglés, el término *Graph*, *graphe* o *graph* puede emplearse para describir los grafos pertenecientes a la matemática discreta, al igual que para designar la expresión gráfica de funciones matemáticas. Mientras que en alemán y francés existe, al igual que en castellano, un segundo término que permite referirse de un modo más específico a las imágenes cuantitativas (*Grafik* y *graphique*¹¹²), se presenta la situación un tanto más problemática en el caso de la lengua inglesa, donde no existe un sinónimo que posibilitara un uso más restringido. Son muchos

¹¹⁰ BEUTELSPACHER 2007, p.137-164.

¹¹¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_grafos | Consultado en línea el 01.10.11.
No obstante, en la página dedicada a la discusión del artículo "grafo" se puede observar que el término "gráfica" aplicado a los objetos matemáticos parece ser más habitual en América Central que en España.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Discusi%C3%B3n:Grafo> | Consultado en línea el 01.10.11.

¹¹² No obstante, Bertin habla en su trabajo de "Redes" [Reseau] cuando se refiere en realidad a los grafos. Probablemente haya hecho esto para evitar confusiones con aquello a lo que él denomina "gráfica" o "representación gráfica".

los autores que se quejan de este hecho, como Wilkinson, que lo considera como “una desafortunada circunstancia histórica”.¹¹³

1.5.3 Definición y características

Informalmente, puede definirse el *grafo* como una estructura compuesta por *vértices* (también denominados *nodos*) y *aristas* (o *arcos*).¹¹⁴ Gráficamente suelen representarse los grafos como un conjunto de puntos (los vértices) unidos por líneas (las aristas).

Toda arista comunica siempre a dos vértices. Un vértice, en cambio, no tiene por qué estar conectado a otro vértice: en tal caso se tratará de un *grafo no conexo*. No obstante, habitualmente cada vértice está unido por una o varias aristas a otro u otros vértices. El grafo en el que cada uno de sus vértices queda conectado por un camino a través de las aristas a cualquier otro vértice se denomina *grafo conexo*. El número de aristas que surge de un vértice determina el *grado de un vértice*.

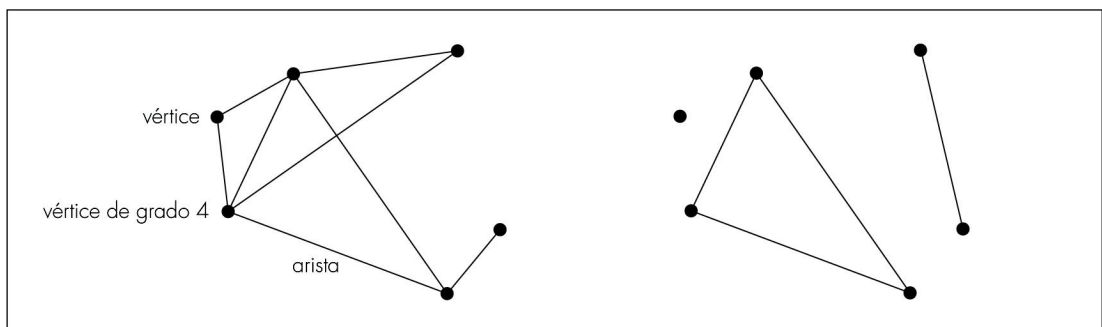


Fig. 16: Un grafo conexo y un grafo no conexo

La traducción formal del grafo no guarda significado, las aristas pueden representarse con líneas rectas o curvas, los vértices con puntos o cuadrados de mayor o

¹¹³ WILKINSON 2008, p.122.

¹¹⁴ La definición matemática de grafo es la siguiente: «Un grafo es una pareja de conjuntos $G = (V,A)$, donde V es el conjunto de vértices, y A es el conjunto de aristas, este último es un conjunto de pares de la forma (u, v) tal que $u, v \in V$, tal que $u \neq v$.» GUIDICI/BRIS LLUCH 1997, p.1.

menor tamaño, sin que los cambios afecten el contenido que el grafo transmite. Tampoco la ordenación espacial del grafo es relevante. La posición de los vértices puede alterarse, por ejemplo, para obtener un dibujo más claro, sin que el significado cambie. Se dice que dos grafos son *isomorfos* cuando por redistribución espacial de los nodos de uno, puede obtenerse el otro grafo. Evidentemente, los puntos en los que se cruzan dos aristas no cuentan como vértice.

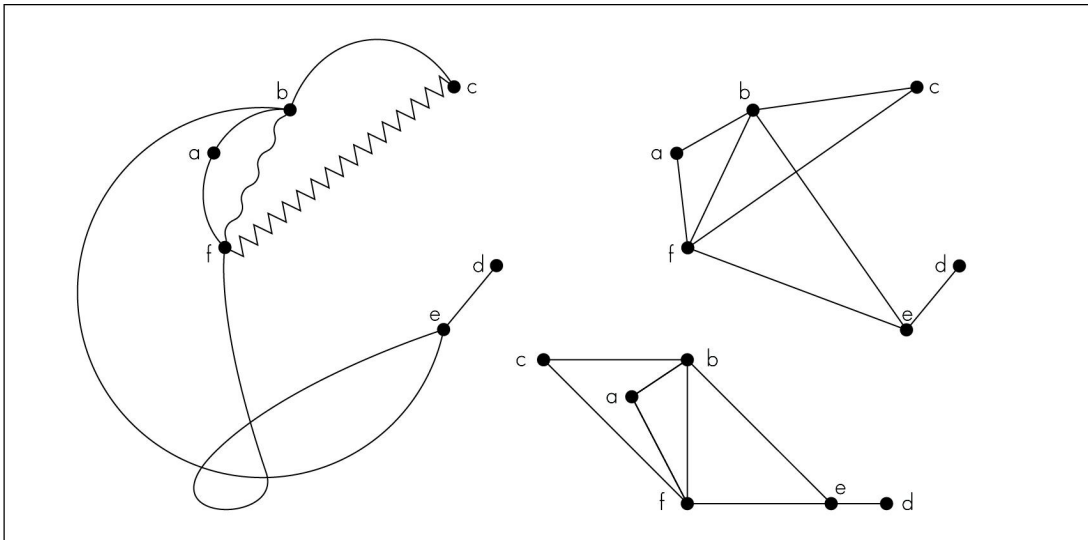


Fig. 17: Tres grafos isomorfos

Hemos visto que no es necesario que cada vértice esté unido a otro vértice en el caso de los grafos no conexos. Tampoco es necesario que cada vértice esté unido a cada uno de los otros vértices, no obstante es posible. En tal caso, se trata de un *grafo completo*.

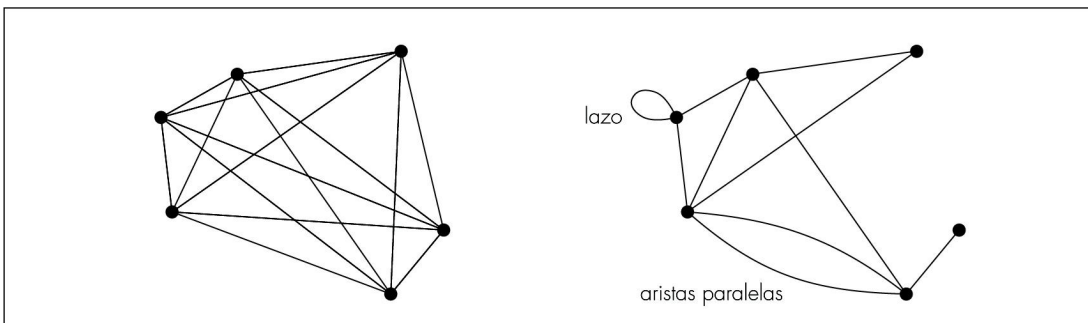


Fig. 18: Un grafo simple completo y un grafo múltiple

Dos vértices pueden estar unidos simultáneamente por varias aristas, en cuyo caso se les llamará *aristas múltiples* o *paralelas*. Otra posibilidad es que un vértice esté conectado consigo mismo, a lo que se denomina *bucle* o *lazo*. Teniendo en cuenta estas posibilidades, pueden diferenciarse los *grafos simples* (aquel grafo que no posee ni lazos ni aristas paralelas) de los *grafos múltiples*.

Hemos visto que la ordenación espacial de los vértices no guarda significado; en consecuencia, tampoco la longitud de las aristas que une a dos vértices está codificada. Existe sin embargo la posibilidad de *ponderar un grafo*. En tal caso, se le atribuye a cada arista un valor numérico (para indicar, por ejemplo, la distancia entre dos ciudades representadas por dos vértices). Esta codificación no tiene por qué reflejarse a nivel visual, es decir, no tiene por qué existir correspondencia entre la longitud de la arista y el valor numérico indicado.

Habitualmente indica la arista sencillamente la conexión entre dos vértices, como sucede con los *grafos no dirigidos* o *grafos propiamente dicho*. Otras veces es necesario asignar un sentido a las aristas, en tal caso se le denominará *grafo orientado* o *digrafo* (del inglés *directed graph*).

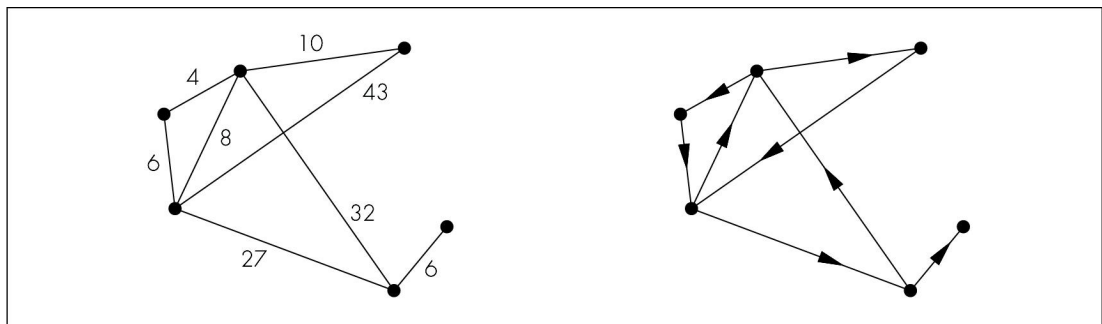


Fig. 19: Un grafo ponderado y un grafo orientado

Hasta aquí hemos visto ejemplos que expresan gráficamente la relación entre diferentes elementos. Es posible sin embargo almacenar estas mismas informaciones a través de otros métodos. Un sistema muy usual se denomina *matriz de adyacencia*, y consiste en dibujar el grafo como tabla. Para ello, se alistarán en la vertical y la horizontal todos los vértices que componen el grafo; de modo numérico se indicará entonces la cantidad de aristas que comunican a éstos.

Este tipo de representación tiene gran importancia a la hora de archivar grafos de modo informático. Además, permite reconocer a simple vista si se trata de un

grafo con aristas paralelas (en cuyo caso aparecerá al menos un número mayor que dos) o si tiene lazos (en cuyo caso presentará en la diagonal un número diferente a cero).

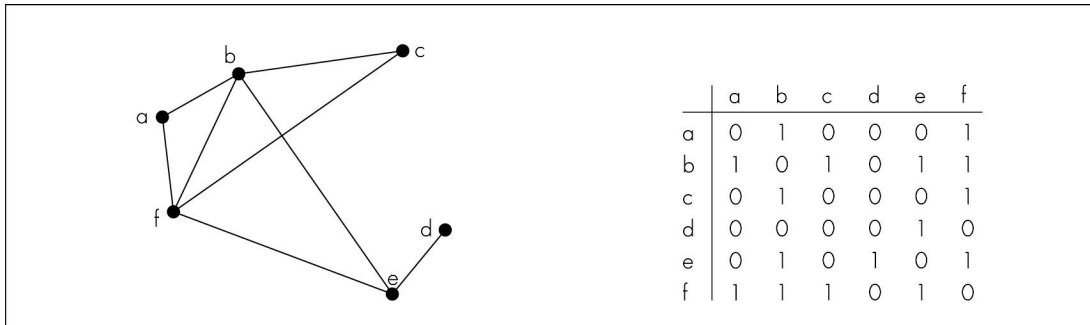


Fig. 20: Un grafo y su matriz de adyacencia

1.5.4 Principales tipologías

Entre las diferentes tipologías de grafo destacan dos que guardan un significado central para este trabajo, como se verá en el capítulo tercero: el árbol y la red.

EL ÁRBOL

Para explicar lo que la teoría de grafos define como árbol, es imprescindible introducir primero dos conceptos: el de camino y el de ciclo. Como *camino* se entiende una sucesión de aristas adyacentes que contiene a cada uno de sus vértices una única vez, es decir, que no se cruza consigo mismo. El *ciclo* por su parte es un camino que regresa al punto de partida.

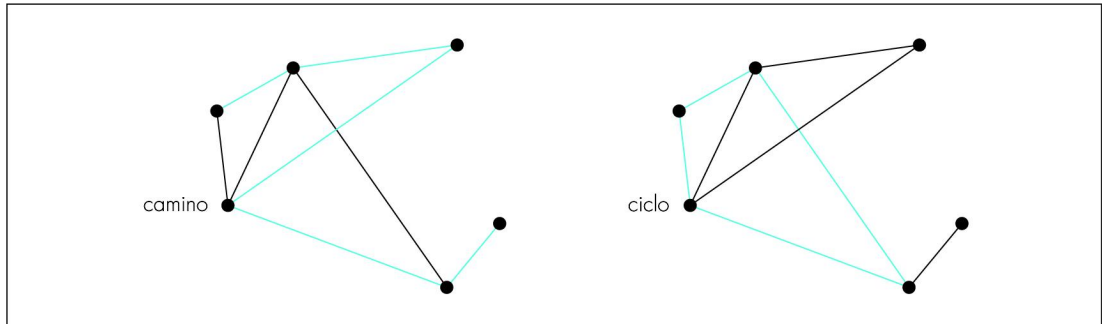


Fig. 21: Un ejemplo de camino y un ejemplo de ciclo

Una vez aclarados estos términos, podemos definir el árbol como un grafo conexo que no contiene ciclos. Esto equivale a decir que cada par de vértices está conectado exactamente por un sólo camino. En el contexto de los árboles aparece a menudo el término *hoja*, el cual designa a los vértices de grado uno. Más arriba hemos visto cómo la ordenación espacial de los vértices puede alterarse sin que afecte al significado del grafo: a esto se debe que muchos grafos-árboles no los reconocamos como tal. Así, para la teoría de grafos una cadena es también un árbol, pues se trata de un grafo conexo que no contiene ciclos.

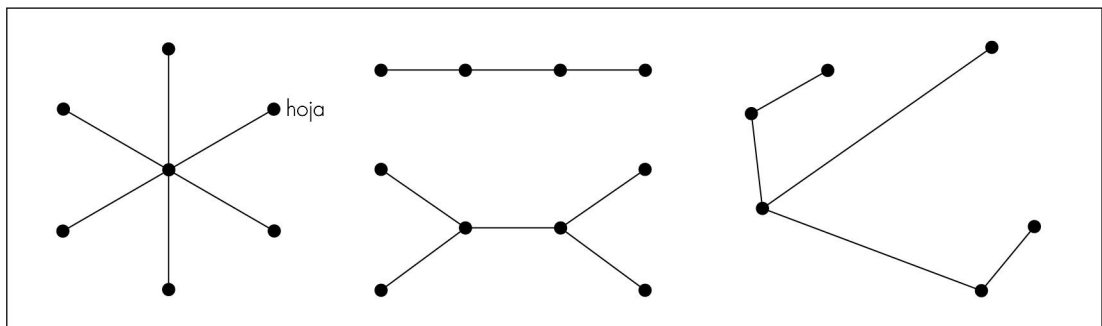


Fig. 22: Cuatro ejemplos de árboles

Hemos visto que los grafos pueden ser orientados o no, dependiendo de si a sus aristas les ha sido asignado un sentido. Si se atribuye una dirección a las aristas de un árbol, obtendremos un *árbol orientado*. Un árbol orientado siempre tendrá exactamente un vértice del que sólo partan aristas (una o varias), sin que ninguna llegue a él. A ese vértice se le denomina *raíz*; al árbol que la posee se le llama *árbol enraizado*. Por lo tanto, todo árbol orientado es también un árbol enraizado. Al visualizar a este tipo específico de árboles es usual hacer coincidir la dirección de lectura con la orientación de las aristas. Esto da lugar a imágenes que se asemejan más

a nuestro concepto habitual de árbol, que se orienta en la similitud que la estructura de la imagen presenta con los organismos vegetales del mismo nombre que nos rodean. En la figura siguiente vemos dos árboles isomorfos, uno orientado y el otro no.

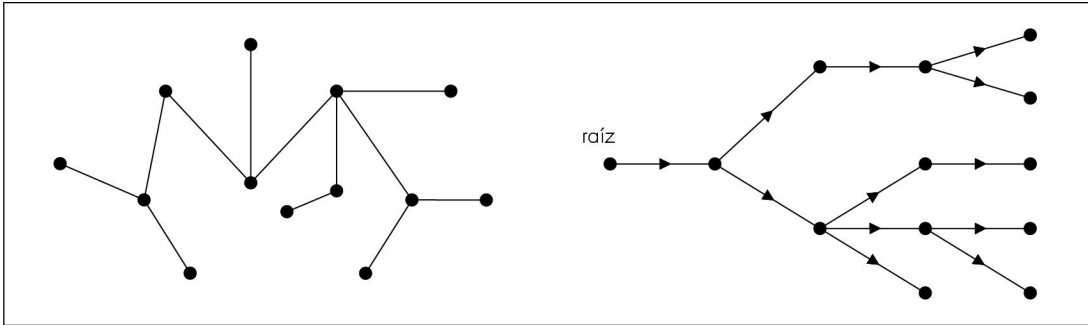


Fig. 23: Dos árboles isomorfos, uno sin orientar y el otro orientado (enraizado)

Dentro de los árboles es posible hacer diferenciaciones más sutiles. La mayoría de los términos que surgen con este propósito hacen referencia al campo temático del que proceden las imágenes o a los métodos según los cuales fueron construidas. Para aquellas disciplinas biológicas que tratan de reconstruir el proceso evolutivo basándose en la relación de parentesco entre las especies, guardan los árboles un significado clave, pues constituyen el habitual modo de visualización para la comunicación de los resultados científicos. Los grafos utilizados en el análisis filogenético se denominan *cladogramas*, en ellos representan los vértices a las diferentes especies, y las aristas la relación de descendencia entre éstas. De hecho, los árboles genealógicos también pueden comprenderse como grafos, en los que los vértices representan a los diferentes individuos, siempre y cuando no existan matrimonios dentro de la misma familia, pues entonces el árbol se convertiría en una red.¹¹⁵ Si se mira de un modo estricto, la genealogía humana nunca dará lugar a un árbol, pues esto exigiría que el número de antecesores se duplicara por cada generación que se retrocede.

¹¹⁵ NITZSCHE 2009, p.81.

LA RED

La situación terminológica en torno al concepto de *red* es compleja. Mientras que en inglés y alemán existen dos palabras diferentes que pueden hacer referencia a una estructura reticular (*net* y *network* en inglés, *Netz* y *Netzwerk* en alemán), se limitan las posibilidades en castellano al término *red*. No obstante, tanto en inglés como en alemán, el término *net* o *Netz* hace referencia a un tipo de estructura matemática que no tiene relevancia para la temática estudiada en el contexto de este trabajo, por lo que aquí nos limitaremos al concepto de *red* que equivale al término anglosajón *network*.¹¹⁶

En oposición a las definiciones de grafo y árbol que hemos visto en el apartado anterior, resulta la definición del término *red* menos puntualizada. En el terreno matemático coexisten una serie de definiciones, cuyo enfoque abarca desde una descripción más general hasta una visión muy específica. La definición más general considera la red como sinónimo de grafo.¹¹⁷ La terminología empleada por Bertin se atiene a esta comprensión, pues de sus tres categorías de gráficas monosémicas (diagrama, mapa, red) describe a éstas últimas como “*aquellas construcciones gráficas en las que las relaciones expresadas en el plano se desarrollan todas entre elementos de una misma componente*”.¹¹⁸

La interpretación más usual dentro de la teoría de grafos es mucho más específica. Como *red* se considera entonces un grafo dirigido que tiene una *fuelle* (un vértice que sólo posee aristas salientes), una *terminal* (un vértice que sólo posee aristas entrantes) y un valor numérico atribuido a cada una de sus aristas. Este tipo de redes son las que describen las redes de flujo.¹¹⁹

¹¹⁶ Según la definición del Diccionario de la Real Academia Española, tiene el término “retícula” un significado más específico. www.rae.es | Consultado en línea el 01.10.11.
BOROWSKI/BORWEIN 2002.

¹¹⁷ MEYERS LEXIKONREDAKTION 2000.

¹¹⁸ BERTIN 1974, p.277: «Die graphische Konstruktion ist ein Netz, wenn die Beziehungen in der Ebene zwischen allen Elementen ein und derselben Komponente zum Ausdruck kommen können.»
Es probable que Bertin haya optado por este término para evitar posibles confusiones entre “gráfica” y “grafo”.

¹¹⁹ BOROWSKI/BORWEIN 2002.

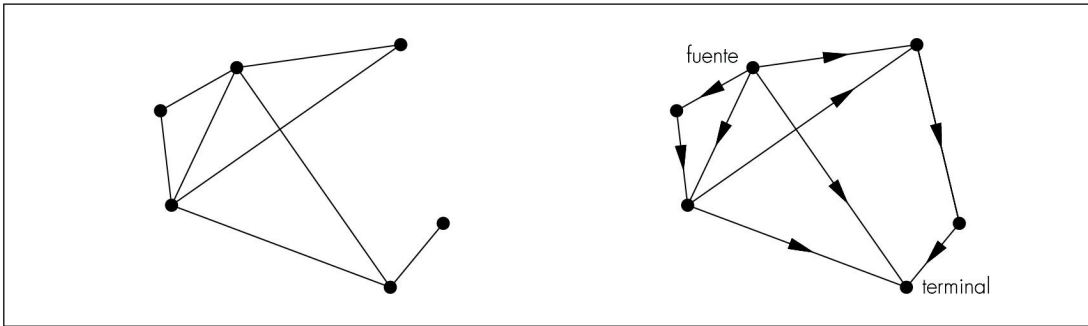


Fig. 24: Una red según la comprensión más general, y otra según la comprensión más específica

Una interpretación que podríamos considerar, en vista de las dos definiciones anteriores, como posición intermedia, es aquella que define la red en oposición al árbol. Recordemos que esta estructura es descrita como grafo que no contiene ciclos. La red se caracteriza entonces como aquél grafo que contiene ciclos.¹²⁰ Esta definición es la que mayor correspondencia ofrece con la comprensión habitual, ajena al contexto matemático, del término metafórico red. En el presente trabajo se utilizará el término con esta última acepción, dado que esto permitirá diferenciar las imágenes a nivel estructural con mayor precisión.

¹²⁰ WILKINSON 2008, p. 134.

CAPÍTULO 2

Diseño e interpretación de diagramas cualitativos

2.1 La codificación del diagrama cualitativo

En todo diagrama es posible diferenciar una serie de elementos que lo constituyen. Cada uno de estos elementos desempeñará una función específica en la formación del significado de la visualización. La distinción más básica es aquella entre el *contenido* y la *forma*. El contenido designa al mensaje que la imagen informativa deberá transmitir, el cual es codificado a través de una serie de elementos visuales, que de modo conjunto constituyen aquello que suele considerarse como la forma.

2.1.1 El contenido y su relación con la imagen

Bertin describe en su ya citada obra «Sémiologie Graphique» que los pensamientos se expresan siempre a través de un sistema de signos, de un código, como por ejemplo la mímica, la lengua hablada, la escritura, o la representación gráfica. A ésta última la define como *“la transcripción de un pensamiento, de una información expresada a través de algún tipo de sistema de signos, al sistema de signos gráficos.”* Toda transcripción implica, según Bertin, necesariamente la diferenciación entre contenido y forma, entre la idea que permanece constante, independientemente del sistema de signos al cual sea traducida, y las características específicas de cada sistema de signos. Concluye que *“para estudiar los recursos, las características y los límites del sistema gráfico, debe separarse primero el contenido (la información) de la forma (los recursos del sistema gráfico).”*¹

¹ BERTIN 1974, p.12: «Gedanken lassen sich nur durch ein System von Zeichen (Code) ausdrücken. [...] Die graphische Darstellung ist die Transkription eines Gedankens, einer durch irgendein Zeichensystem bekannten "Information", in das graphische Zeichensystem.»

También Bevington establece una diferenciación similar en su “*taxonomía para las representaciones informativas*”. Su terminología parece inspirarse en el campo de la informática, oponiéndose a aquella de Bertin, que procede claramente del ámbito de la semiología. Bevington habla de *source content* al referirse al contenido, y denomina a los recursos que permiten visualizar a las informaciones *rendering toolset*.² Esto se debe probablemente al hecho que en la actualidad se realice gran parte de la visualización de datos a través del uso de programas informáticos diseñados expresamente con esta finalidad; su vocabulario se adapta sin duda a este fenómeno, reflejando los hábitos del lenguaje de la programación y la terminología del software.

La diferenciación entre contenido y forma se encuentra prácticamente en toda la literatura dedicada a la temática de la visualización y el diseño de información. La terminología utilizada para identificar a los diferentes elementos varía en razón a la procedencia disciplinar de cada autor, pero los conceptos principales son comunes a todos ellos.³ En este trabajo se ha favorecido el término *contenido* frente a otros como *datos* o *información*, dado que, al no ser éste excesivamente específico, permite designar fácilmente a los diferentes tipos de material en los que se basa la visualización, independientemente de si se trata de la descripción de relaciones entre una serie de elementos, de un listado de informaciones numéricas, de una vaga hipótesis o de una teoría establecida.

El hecho que sea tan frecuente la separación entre contenido y forma no es sorprendente, pues en la mayoría de los casos se corresponde con la práctica laboral que surge en torno a la generación de este tipo de imágenes. La visualización suele constituir habitualmente un paso secundario, al que se procede una vez recogidos y procesados debidamente los datos en los que se basará el diagrama. Esta división del trabajo no es novedosa; ya Otto Neurath, creador del conocido sistema ISOTYPE

«Wenn es sich darum handelt, die Mittel, die Eigenschaften und die Grenzen des graphischen Systems zu untersuchen, muss man zuvor den Inhalt (die Information) von der Form (den Mitteln des graphischen Systems) trennen.»

² BEVINGTON 2007; BEVINGTON 2008.

³ Véase: WILDBUR/BURKE 1998, VÖGTLI/ERNST 2007, KOSSLYN 2006, CLEVELAND 1994, entre otros.

describía a principios del siglo pasado al diseñador como “*Umwandler*”, como *transformador* que media entre historiadores, ecónomos, matemáticos y el público.⁴

No obstante, esta clara segregación entre *autoría del contenido* y *autoría de la imagen* encierra una considerable problemática. Un fenómeno que surge con cierta frecuencia es que los datos comunicados al diseñador sean incompletos: inscritos en un texto narrativo, resulta difícil evaluar la integridad de las informaciones; es al tratar de ordenar a este contenido sobre una retícula visual cuando lo fragmentario de la información salta rápidamente a la vista en forma de llamativos huecos.⁵ Otro claro inconveniente consiste en que el diseñador no suele tener acceso a la totalidad de informaciones existentes sobre la materia a visualizar, sino a una determinada selección, que corresponde con aquello que el autor o compilador de los datos estima significativo. Esto tiene sin duda su aspecto positivo, pues evita que el *experto en lo visual* tenga que ser también experto en los diferentes contenidos que hayan de traducirse gráficamente. No obstante, este mismo fenómeno impide que pueda optimizarse el proceso de comunicación entre el contenido a transmitir y el observador, al no posibilitar el desarrollo de un lenguaje visual que exceda el ámbito de las convenciones representativas estandarizadas. Así, el mismo repertorio tipológico establecido limita la innovación del sistema gráfico, pues al adaptar el responsable del contenido informativo la selección de sus datos a aquellas visualizaciones empleadas habitualmente, impide la creación de nuevas formas expresivas. También la posibilidad de construir visiones alternativas se ve fuertemente limitada por este hecho.

Son muchos los diseñadores que se quejan de esta circunstancia.⁶ Instituciones innovadoras, como el periódico americano *New York Times*, han empezado a reaccionar frente a esta problemática. Las visualizaciones creadas en su departamento gráfico se basan mayoritariamente en datos recogidos por los mismos diseñadores,

⁴ WILDBUR/BURKE 1998, p. 6.

⁵ JANSEN/SCHARFE 1999, p.54.

⁶ JANSEN/SCHARFE 1999, p.58 y 100.

También los participantes del proyecto de investigación de la HGKZ llegan a la conclusión que para crear nuevas visualizaciones para la comunicación científica es imprescindible la colaboración entre diseñadores y científicos. GERIG/VÖGELI 2003, pp.9-10.

los cuales, junto a una educación artística, deben estar asimismo en posesión de una formación periodística.⁷

Encontrarnos con diferentes responsables para el contenido y la forma de un diagrama es lo habitual cuando el público al que se dirige la imagen excede al grupo de aquellas personas que puedan considerarse como autoras de los datos o las teorías visualizadas y a su entorno más próximo. Es entonces, cuando comúnmente es buscada la ayuda del profesional de la imagen.

No obstante, el diagrama puede desempeñar una función diferente a la exclusivamente comunicativa y aclaratoria. Puede ser empleada por el autor de una nueva teoría como *boceto*, como herramienta en el proceso de pensamiento, para cuestionar a través de la imagen posibilidades y fallos de su hipótesis. En este caso, la persona encargada de recoger e interpretar los datos será también la autora de la visualización. Esta situación presenta una clara ventaja frente a la problemática explicada anteriormente, pues la persona que realiza la imagen es experta en el contenido de lo representado, y sabrá por ello distinguir cuándo una de las variantes visuales creadas aporte una comprensión profundizada de su teoría o de los datos representados. Por otra parte, la falta de especialización en lo visual podrá resultar en la creación de imágenes que no usen íntegramente su propio potencial para resolver una determinada problemática. Habitualmente este tipo de representaciones suelen ser menos accesibles, pues están destinadas a lo que podría denominarse *consumo personal* del experto. No es por ello de extrañar que con frecuencia hagan uso de códigos inusuales y no convencionales.

El problema surge, cuando estas imágenes pasan de la comunidad científica en la que se originaron al ámbito de la comunicación pública, dado que los no-expertos tenderán a interpretar las imágenes al margen de las reglas o códigos establecidos para su lectura en su contexto original. Los grafos constituyen un claro ejemplo de esta situación. Otro caso que se discute con cierta frecuencia en la literatura especializada es la codificación a través del uso de los colores espectrales (que transcurren del violeta al rojo, pasando por el azul, el verde, el amarillo y el naranja) de la que se hace uso en múltiples disciplinas científicas. Este código es perfectamente descifrable para aquellos acostumbrados a su uso, presentando incluso en determinados

⁷ AIGA 2009, p.116.

momentos claras ventajas frente a otros sistemas de visualización. No obstante, al no formar el espectro entero un orden perceptivo reconocible – a excepción de algunas de las breves secciones que lo constituyen (por ejemplo el paso del amarillo al verde o del rojo a amarillo: aquí la influencia de un color disminuye gradualmente, mientras que el del otro incrementa al mismo ritmo) – suelen surgir errores de interpretación cuando las visualizaciones son expuestas a un público no habituado a este código.⁸

La relación entre los datos en los que se basa un diagrama y su visualización es sin duda muy estrecha. Las informaciones de las que se disponga dirigirán de manera determinante el resultado visual que se obtenga, pues la mayoría de los elementos gráficos (los *elementos esenciales*) constituyen por sí mismos una parte relevante del significado a transmitir. Dependiendo del contenido surgirá una imagen u otra. No obstante, alterando la *ordenación espacial* de la imagen o empleando diferentes *variables visuales* para la codificación de la información, será asimismo posible crear dos imágenes cuyo aspecto sea completamente diferente, aunque el contenido que transmitan sea idéntico. Puede surgir, también, la situación opuesta, en la que se dé origen a dos visualizaciones que presenten un gran parecido a nivel gráfico, aunque comuniquen contenidos completamente diferentes. Esto sucederá cuando se asignen dos significados distintos a un mismo código visual, pues éstos suelen ser singulares, es decir, que son diseñados de manera específica para cada imagen. Dado que la traducción gráfica puede influenciar nuestra interpretación del contenido, es fundamental crear con frecuencia situaciones en las que se confronten diferentes visualizaciones que se basen en idénticos datos, de modo que se relativice así el poder sugestivo de la imagen única.

Son múltiples los autores que analizan de manera crítica el modo en el que se construyen los hechos científicos (aquellas informaciones que posteriormente serán visualizadas). No obstante, cuestionar la veracidad de los datos visualizados no es encomienda de este trabajo, dado que el estudio se centra en el modo en el que los diagramas cualitativos comunican su significado.

⁸ Véase: WARE 2004, pp.128-132, VÖGTLI/ERNST 2007, p.63.

2.1.2 La ordenación espacial

El primer paso que suele realizarse al traducir una información al ámbito de lo visual, consiste en determinar la *ordenación espacial* de aquellos elementos que transmiten el contenido. Bevington considera, que en una visualización todo elemento visual tangible estará siempre organizado de alguna manera. Esta retícula subyacente, a la que designa con el nombre de *basemap*, podrá ser visible o no, dependiendo de la finalidad de la imagen.⁹ Dado que el término *basemap* resulta algo peculiar al traducirlo al castellano, y no supone un aporte expresivo significativo frente a términos más explicativos como *ordenación espacial* o *estructura*, se ha decidido no adoptarlo en este trabajo.

La estructuración de los datos puede realizarse de tal modo que la posición de cada elemento cobre un significado específico. Esto sucede, cuando se decide codificar la totalidad del espacio en el que se desarrolla la imagen informativa.¹⁰ No obstante, dependiendo de las características del contenido que deba comunicarse, puede resultar más interesante dejar el espacio libre, sin superponerle un código. Las dimensiones de la imagen son empleadas entonces tan sólo para distribuir sobre ellas los diferentes elementos.

Así, podremos distinguir tres posibles modelos de codificación espacial:

ESPACIO DE CODIFICACIÓN TOTAL

La codificación de un espacio será total cuando todas las dimensiones en las que se expresa la imagen informativa se encuentran subordinadas a un código. Gran parte de las gráficas cuantitativas entran en esta categoría, generalmente todas aquellas que codifican a dos o más variables. También los mapas se atienen a este tipo de estructuración, pues cada punto geográfico se inscribe en una retícula proporcional, que puede descomponerse en términos de longitud y latitud.

⁹ BEVINGTON 2007, p.4.

¹⁰ Al espacio de una gráfica en la que se visualizan los datos [data points] se suele denominar "data region" o "plot area". HARRIS 1999, p.127.

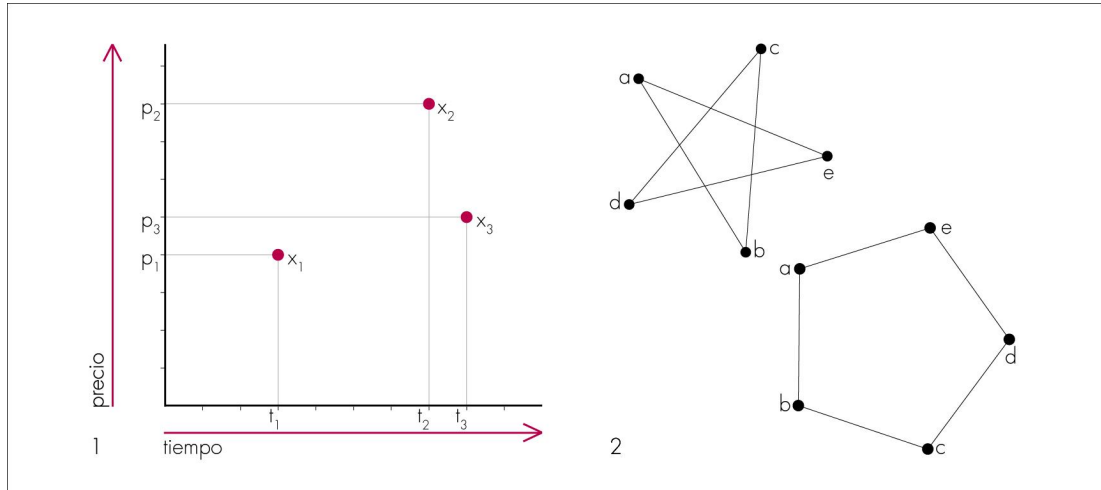


Fig. 25: 1. Codificación espacial total: gráfica cuantitativa. 2. Codificación espacial nula: dos grafos isomorfos.

Una imagen que visualiza la variación del precio de un determinado producto a través del tiempo, lo hará haciendo uso de las dos dimensiones del plano (fig. 25.1). Mientras que sobre la horizontal se proyecta una escala temporal que avanza de izquierda a derecha, expresa la vertical la variación del precio. Cada uno de los elementos situados dentro del espacio delimitado por los ejes de coordenadas, relacionará a través de su posicionamiento a dos valores concretos con la *invariante* (aquella parte de la información que permanece constante en relación a los datos comunicados por la gráfica). Así, x^1 conecta a p^1 (la cantidad de dinero que cuesta) con t^1 (un momento determinado) en relación a un producto específico (la invariante).

ESPACIO DE CODIFICACIÓN NULA

La codificación de un espacio será nula cuando ninguna de las dimensiones en las que se expresa la imagen informativa se encuentre subordinada a un código. Los grafos entran en esta categoría, pues el posicionamiento de los vértices puede alterarse sin que cambie el significado de la imagen. El plano no desempeña mayor función que la de ejercer como soporte para los diferentes elementos visuales. El

contenido de la imagen (la expresión de las relaciones entre los diferentes vértices) se expresa de manera gráfica, a través de las aristas (fig. 25.2).

ESPACIO DE CODIFICACIÓN PARCIAL

La codificación del espacio será parcial cuando alguna, pero no todas las dimensiones en las que se expresa la imagen informativa se encuentre subordinada a un código. Los diagramas forman habitualmente el grupo de mayor representación en esta categoría. Un caso típico lo suponen los *organigramas*, aquellos diagramas a través de los cuales se visualiza la organización jerárquica de una empresa o institución (fig. 26.1). Una de las dimensiones se destina siempre a la codificación de los diferentes niveles de la jerarquía (en la imagen n^1 , n^2 y n^3), la tipología del organigrama decidirá si se emplea para ello la horizontal o la vertical. La otra dimensión es utilizada para detallar los diferentes departamentos o sectores que constituyen el organismo representado. Al no existir una regularidad en estas informaciones, no se aplica un código específico a este espacio.

También, los habituales *árboles genealógicos* (fig. 26.2) se construyen de este modo. Una de las dimensiones se codifica de tal manera que exprese la sucesión de las generaciones (g^1 , g^2 y g^3 , representadas en el eje vertical), mientras que la otra es utilizada para visualizar la variedad de la descendencia, sin que se le superponga un código explícito. No obstante, este espacio presuntamente libre de código encierra a menudo una codificación fragmentaria, compuesta por la aglomeración de múltiples escalas temporales independientes (t^1 , t^2 , t^3 , t^4 y t^5). La posición horizontal de un elemento viene determinada primariamente por su relación de parentesco, y sólo secundariamente por su año de nacimiento. Dos individuos nacidos en el mismo año se localizarán siempre en dos puntos diferentes de la horizontal, salvo si son hermanos gemelos, dado que la organización cronológica es respetada sólo entre los descendientes directos de una familia.

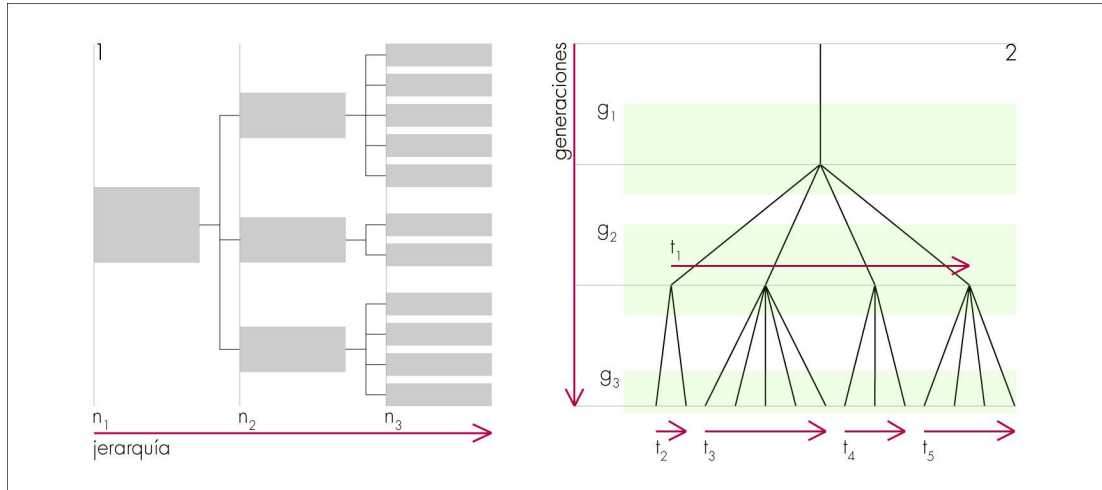


Fig. 26: Dos diagramas de codificación parcial: 1. Organigrama. 2. Árbol genealógico.

El espacio de codificación parcial o nula constituye con frecuencia un problema a nivel interpretativo. El observador no experto tiende a superponer un código a aquella dimensión, que el autor de la visualización ha dejado sin codificar. No obstante, para que el contenido intencionado de la imagen sea transmitido correctamente, es imprescindible que ésta sea descifrada de acuerdo con los códigos que hayan sido establecidos para ella.

El número de dimensiones de las que puedan hacerse uso al codificar el contenido de una visualización dependerá directamente del espacio en el que ésta se inscriba. Las representaciones que habitualmente encontramos en libros y prensa son planas, y disponen de dos dimensiones: *altura* y *anchura*. A estas dos se les suma una tercera, la *profundidad*, cuando se trate o bien de un modelo físico real, de una simulación informática en 3d o de un dibujo convencional que haga uso de la perspectiva para imitar el espacio tridimensional (fig. 11). Un código podrá proyectarse asimismo sobre la a veces denominada cuarta dimensión, con la que nos encontramos en las imágenes cinemáticas. El *tiempo* en el que se desarrolla una animación suele utilizarse en la mayoría de los casos para codificar a otra variable temporal, generalmente alterando su escala (acelerando o ralentizándolo con respecto al tiempo real), como sucede con las animaciones de Gapminder, que visualizan la variación de diferentes datos estadísticos a través de los siglos.¹¹ No obstante, tam-

¹¹ www.gapminder.org | Consultado en línea el 1.10.11.

bién es posible atribuir otras variables a la componente temporal. Se observa, una relación directa entre las posibilidades de la codificación espacial y el medio en el que se realiza una visualización.

Los diferentes códigos que pueden ser proyectados sobre las dimensiones disponibles de la imagen informativa darán origen a una serie de posibles visualizaciones que, desde el punto de vista óptico, difieren claramente entre sí. Bertin establece cinco tipos de organización para las imágenes bidimensionales, a los que él denomina tipos de imposición:

- área
- recta o linear
- circular
- recta-rectangular
- polar (rectangular-circular)

Seguidamente analiza el modo en el que estos tipos de imposición hallan su expresión en los diferentes grupos de imposición (gráficas, diagramas, cartas y símbolos), (fig. 27).¹²

A las *gráficas cuantitativas* (aquellas visualizaciones que relacionan a dos o más componentes entre sí), a cuyo estudio le dedica Bertin, al igual que a los *mapas*, un especial interés, les corresponden cuatro de los cinco tipos. La *organización linear* visualiza sobre la recta de manera proporcional a las cantidades expresadas por las diferentes categorías que componen la información. La *organización circular* representa a éstas mismas relaciones a través de la división proporcional del perímetro de la circunferencia, dando origen a las habituales gráficas de pastel. La *organización recta-rectangular* es aquella que surge cuando se hace uso de los ejes de coordenadas; las gráficas de barra son un ejemplo típico. La *organización polar* supone una variación de la organización recta-rectangular, en la que el eje horizontal es curvado hasta formar una circunferencia, expresándose la vertical a través de la variante longitud del radio de las diversas secciones.

¹² BERTIN 1974, p.58-67. Bertin define la imposición como «el modo según el cual se hace uso de las dos dimensiones del plano». Dependiendo del tipo de relaciones que se visualizan en el plano, surgen los grupos de imposición: en su terminología diagramas, redes, cartas y símbolos. Los tipos de imposición describen el modo en el que estos grupos organizan la información.

















		Tipos de imposición				
		área	linear	circular	rectangular	polar
Grupos de imposición	gráficas cuantitativas		 	 	 	 
	diagramas cualitativos	 	 	 		
	mapas					
	símbolos					

Fig. 27: Tipos de imposición y grupos de imposición según Bertin.

La imposición de *área* se halla principalmente en los *diagramas cualitativos* (aunque éstos también pueden presentar organización lineal y circular) y los *símbolos*, y en menor medida en los *mapas*, puesto que éstos últimos pueden interpretarse, también, como casos de distribución recta-rectangular geográfica.

Bertin crea subdivisiones y caracterizaciones aun más específicas dentro de estas tipologías, siempre centrándose en el grupo de las *gráficas cuantitativas*. No obstante, un estudio más profundo de su clasificación presenta un interés limitado para este proyecto, dedicado de manera explícita al análisis de los *diagramas cualitativos*, aquellas imágenes a las que Bertin denomina *redes*, y a las que roza sólo de manera superficial en su obra. También Bevington hace uso de una serie de criterios espaciales para su taxonomía de la imagen informativa. Sin embargo, al establecer una sistemática para la totalidad de gráficas comunicativas, incorporando tanto a imágenes figurativas y simbólicas como a textos y tablas, surge finalmente una clasificación poco precisa, por lo que se ha optado por no tenerla en cuenta para este trabajo.¹³

¹³ BEVINGTON 2007, BEVINGTON 2008.

Bertin crea su sistema de clasificación para aquellas imágenes que se inscriben en el plano. Hay que tener presente, que con un aumento del número de dimensiones codificables, crecen también las posibilidades de estructuración de la información. Los nuevos modelos que surgen pueden considerarse como combinaciones de los diferentes tipos descritos por Bertin. Así, las estructuras cuadradas o rectangulares (*organización recto-rectangular*) se convierten en cúbicas al incorporar la profundidad, y las estructuras circulares (*organización circular y polar*) se convierten en esféricas.

Los códigos que se proyectan sobre las dimensiones disponibles suelen ser constantes y consecuentes. Existen sin embargo múltiples ocasiones en las que estas características no se cumplen, como sucede por ejemplo con la codificación fragmentaria (fig. 26.2 y fig. 53). Es habitual que en aquellos casos en los que la codificación no es ni constante ni homogénea, ésta no sea declarada explícitamente como tal. No obstante, a pesar de no ser considerada abiertamente como código, influencia de manera determinante la estructura de la imagen. En esta situación, en la que la codificación puede considerarse como indefinida, surgen con frecuencia problemas a la hora de interpretar correctamente el contenido comunicado.

2.1.3 La traducción gráfica

Una vez establecida la codificación de las dimensiones de la imagen y definida la distribución espacial de la información que ésta transmitirá, se pasa a dar forma al contenido. La *traducción gráfica* se encarga de convertir a los datos abstractos en formas visualmente perceptibles.

La imagen informativa resultante puede dividirse en *elementos esenciales* y *elementos secundarios*, dependiendo de la función que los diferentes componentes desempeñen. Al primer grupo pertenecerán aquellos elementos que transmitan el significado de la imagen informativa a través de su posición o su codificación visual. En el segundo grupo podremos diferenciar, por una parte, a los *elementos secundarios informativos*, constituidos por el *título*, que transmite informaciones adi-

cionales que exceden a la codificación directa, y la *leyenda*, indispensable para descifrar el código que estructura y da forma a los elementos esenciales. Por otra, se incorporan con frecuencia elementos accesorios, los cuales, al contrario de los *elementos secundarios informativos*, no juegan un papel significativo ni en la codificación ni en la comprensión de la imagen.

LOS ELEMENTOS ESENCIALES Y LAS VARIABLES DE COLOR-TEXTURA

Los *elementos esenciales* de una imagen informativa son aquellos elementos que a través de su propia localización o su codificación visual expresan el *contenido* de una imagen. En el apartado anterior se han analizado los posibles modos de codificación de las dimensiones en las que se desarrolla una imagen. En el caso de una visualización plana y estática disponemos por lo tanto de dos dimensiones codificables: la altura y la anchura.

Cuando el contenido que la imagen deba transmitir comprenda mayor número de variables, que las que puedan expresarse a través del espacio de la imagen, será necesario hacer uso de aquello que Bertin denomina las *variables de color-textura* o *variables de la tercera dimensión*. Con este término designa a la codificación del contenido a nivel visual a través de la variación del tamaño, la forma, el color, la luminosidad, la textura y la dirección de los *elementos esenciales*. Las dos dimensiones del plano junto con las seis *variables de color-textura* constituyen aquello que Bertin denomina las variables visuales (fig. 28).¹⁴

¹⁴ BERTIN 1974, pp.66-105. Bertin realiza un estudio detallado de las características específicas de las *variables de color-textura*, analizando cuales de ellas resultan especialmente adecuadas para expresar qué tipo de informaciones, y que posibilidades surgen al combinarse diferentes variables en relación a un elemento visual concreto.

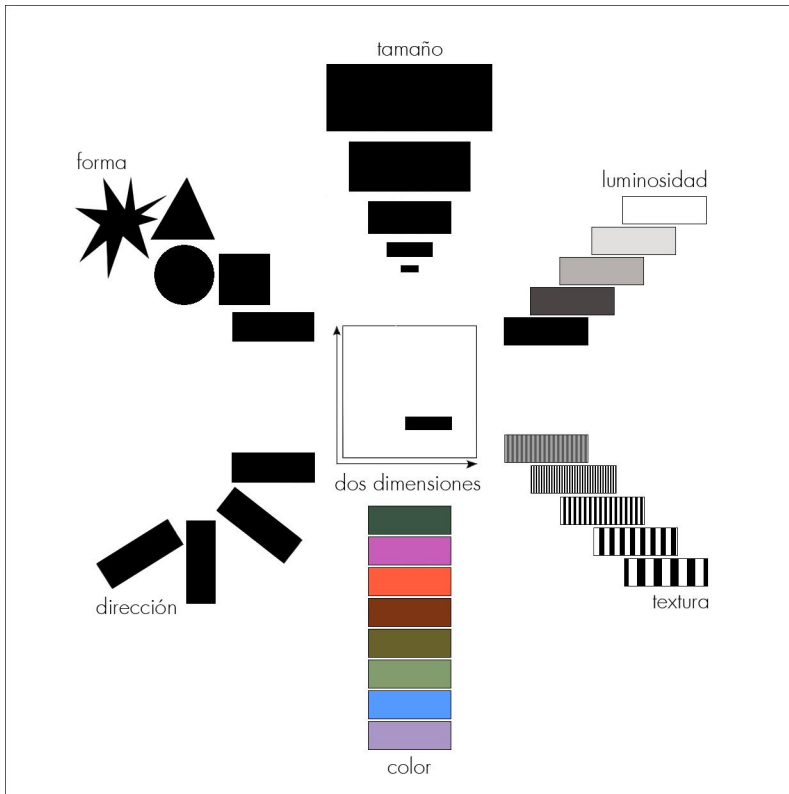


Fig. 28: Las ocho variables visuales según Jacques Bertin.

Tomemos como ejemplo para la codificación a través del uso de las variables de color-textura a la sencilla gráfica cuantitativa creada por William Playfair en 1801 (fig. 9). Cada una de las dos dimensiones del espacio es empleada para transmitir a una de las componentes de la información: la vertical expresa la cantidad de dinero, la horizontal visualiza el tiempo. Si Playfair se hubiera contentado con transmitir únicamente la cantidad de dinero que Inglaterra había gastado en importar bienes de un determinado país extranjero no se hubiera visto obligado a hacer uso de las variables de color-textura. La línea que a través de los puntos que la constituyen relaciona a los años (tiempo), con el gasto (cantidad de dinero), no necesitaría mayor código. La *cantidad de dinero invertido en la importación de productos de Italia y Venecia* constituiría entonces la invariante, el elemento constante de la imagen, que se expresaría a través del título. Dado que Playfair deseaba comparar los gastos generados por la importación con los ingresos obtenidos a través de la venta de la producción propia a estos países eran necesarias dos líneas, que debían ser diferenciadas para la correcta comprensión del contenido. A través de la variación del color logra identifi-

carlas: rojo para los ingresos (exportación), amarillo para los gastos (importación). Asimismo, crea un código adicional al colorear la superficie que resulta entre las dos líneas, que visualizan el balance positivo o negativo de Inglaterra.

Como vemos, es posible hacer uso de las *variables de color-textura* para codificar un contenido a transmitir. No obstante, siempre se emplearán algunas de estas mismas variables al crear un elemento visual cualquiera, aunque no deseemos atribuirle un código específico, pues cualquier elemento gráfico deberá servirse de las variables de color-textura para adquirir visibilidad. Supongamos una línea en un diagrama, cuyo único significado consista en comunicar el punto *a* con el punto *b*. Dicha línea siempre tendrá una forma específica (podrá ser recta o curvada), un tamaño particular (su grosor), una textura (dependerá del medio en el que ha sido dibujada: la textura de una línea trazada a lápiz difiere fuertemente de aquella otra realizada al ordenador), un color o un tono gris (dependerá tanto de las preferencias personales del autor como del medio en el que es realizado el diagrama). En este caso concreto únicamente la longitud y la dirección de la línea no son libremente elegibles, dado que ésta deberá conectar a los dos puntos preestablecidos.

Habitualmente se hará uso de un lenguaje visual convencional y neutro para evitar interpretaciones no intencionadas. Así, se dibujarán líneas rectas y no onduladas, se hará frecuente uso de los negros y los grises, y los puntos serán circulares, y no fantasiosos ni decorativos. Se parte de que la forma más simple será aquella que más libre se encuentre de connotaciones.

LOS ELEMENTOS SECUNDARIOS

Se ha definido a los *elementos esenciales* de una imagen informativa como aquellos elementos que a través de su propia localización o su codificación visual transmiten el contenido de la visualización. No obstante, es habitual que este tipo de representaciones incorpore a otros elementos que no participen directamente en la comunicación de la información, a los que denominaremos *elementos secundarios*. Es posible subdividir a su vez a este grupo en *elementos informativos* (aquellos que aportan una componente imprescindible para la comprensión de la información

transmitida) y *elementos accesorios* (cuya contribución es más bien estética o emocional que informativa).

Bevington/Anderson diferencian los elementos esenciales de los secundarios en razón a la relación que éstos presentan con la información que la imagen comunica. Mientras que los elementos esenciales se encuentran vinculados con los datos (la información), se relacionan los elementos secundarios con los meta-datos (es decir, la información sobre la información).¹⁵ Cabe plantearse en que lugar de su clasificación se situarían aquellos elementos que no participan directamente en la comunicación o descodificación del contenido, y que sin embargo se hallan presentes en múltiples imágenes informativas: los *elementos decorativos*, que en este trabajo se consideran como parte de los *elementos accesorios*.

Elementos informativos

La función de los elementos informativos es, según Bertin, aquella de la *identificación*, tanto *externa*, permitiendo determinar la invariante y las componentes visualizadas, lo cual sucede de manera independiente a la representación gráfica, como *interna*, al concretar las componentes que corresponden a las variables visuales. Esta labor la desempeña en la imagen informativa el *título* y la *leyenda*, que habitualmente acompañan a los elementos esenciales de la representación, transmitiendo de manera textual aquellas informaciones que no pueden ser codificadas a través de la imagen.

El *título* se encarga de la identificación externa, al definir tanto la invariante como las variables que constituyen la visualización, permitiendo así al lector adentrarse de forma eficaz en la temática general expuesta en la imagen. Para evitar la innecesaria repetición de términos, es posible posicionar el nombre de aquellas variables que codifican las dimensiones del espacio y sus respectivas escalas directamente junto al correspondiente eje, combinando así la identificación externa e interna. La *leyenda*, por su parte, deberá relacionar a cada una de las variables de color-textura y a sus respectivas variaciones, con la variable a la que ésta expresa y sus correspondientes categorías.¹⁶ Aquellas expresiones textuales que asignan un

¹⁵ BEVINGTON/ANDERSON 2010, p.2.

¹⁶ BERTIN 1974, pp.27-35.

nombre a determinados elementos del diagrama (por ejemplo, el nombre de las diferentes especies en el caso de una imagen evolutiva) se consideran en este trabajo como pertenecientes a este mismo grupo, aunque la función que desempeñan exceda a menudo de la simple identificación, llegando pues a formar parte íntegra del diagrama, aproximándose así a lo que Barthes define como función de relevo (ver pág. 147).

Aquellos elementos que constituyen la “*información sobre la información*”, es decir, el título y la leyenda, a los que Bevington/Anderson denominan también *adyacencias*, suelen posicionarse habitualmente fuera del espacio codificado de la imagen. Su emplazamiento inadecuado puede ocasionar interferencias entre los elementos esenciales y los elementos informativos, no sólo distrayendo, sino incluso imposibilitando la comprensión detallada de las relaciones visualizadas.¹⁷

Elementos accesorios

Consideraremos como *elementos accesorios* aquellas componentes de la imagen que pueden omitirse sin que por ello se altere ni el contenido explícito de lo visualizado, ni la comprensión de la información transmitida por la imagen. El uso de elementos accesorios en gráficas informativas es generalmente problemático, dado que tienden a interferir con la lectura del material visual codificado. En esta categoría entran tanto las *decoraciones*, diseñadas específicamente para embellecer la imagen o entretener al observador, como los *elementos auxiliares*, los cuales, si no son usados con propiedad, pueden distraer la atención del público, creando, de manera involuntaria, inquietud visual. Esto sucede, por ejemplo, cuando la rejilla sobre la que se inscriben los datos es excesivamente densa o llamativa, cuando las líneas contiguas originan efectos ópticos como el de muaré, o cuando los marcos atraen mayor atención que el contenido que encierran. Tufte bautiza a estos elementos auxiliares inapropiados con el nombre de *chartjunk*.¹⁸

Para calcular el porcentaje de material superfluo que constituye a una imagen informativa específica, ha creado Tufte la *data-ink ratio*, que describe la proporción de la tinta empleada para visualizar los datos, frente al total de tinta de la que hace

¹⁷ BEVINGTON/ANDERSON 2010, pp.2-4.

¹⁸ TUFTE 1998, pp.91-139.

uso la representación. Tufte recomienda eliminar todo aquello que no transmita información, o que la comunique de manera redundante, dentro del ámbito de lo razonable.¹⁹ Su purismo visual le ha valido críticas por parte de autores como Steve Kosslyn, quien, apoyándose en los estudios de otros psicólogos, considera, que a veces, el material redundante y la existencia de elementos auxiliares adicionales permiten una mayor legibilidad de la visualización.²⁰

La situación se presenta diferente con respecto a aquellas elementos que pueden considerarse directamente como decorativos, que no siguen un código, aunque emplean las mismas variables visuales de las que éste podría hacer uso. Bertin describe la problemática del siguiente modo: *“Toda variación visual se comprende en el espacio de representación como significativa. Así, el uso de, por ejemplo, diferentes colores para alcanzar una apariencia más decorativa o estética no contribuye a la concisión, cuando los diferentes colores no se corresponden con las categorías de alguna componente.”*²¹ Kosslyn describe a este mismo fenómeno como *“el principio del cambio informativo”*, que establece que la gente espera que los cambios en las propiedades visuales transmitan una información.²²

La aportación de los elementos decorativos se localiza con frecuencia más próxima al ámbito de la comunicación emocional, al generar diversas asociaciones en la mente del observador, que al ámbito de lo informativo. De este modo realizan sin duda una contribución importante a la constitución del significado de la imagen. La problemática reside en el modo en el que lo hacen, pues al no regirse explícitamente según un código que regule su significado, se convierte su contenido en una información subliminal, comunicada de manera paralela al mensaje oficial de la imagen, minando así su codificación monosémica. Surge entonces con frecuencia una lectura ambivalente de la visualización, dado que no siempre se corresponde una lectura con la otra.

¹⁹ TUFTE 1998, p.137; p.93: «Data-ink ratio = data-ink / total ink used to print the graphic.»

²⁰ KOSSLYN 2006, p.13 y 126-127.

Para la discusión de la problemática de las normas en el diseño, véase p.120.

²¹ BERTIN 1974, p.54: «In einer Darstellungsfläche erscheint jede visuelle Variation bedeutungstragend. Die Verwendung z.B. von verschiedenen Farben um eines dekorativen oder ästhetisch befriedigenden Aussehens willen dient nicht der Prägnanz, wenn die verschiedenen Farben nicht den Kategorien irgendeiner Komponente entsprechen.»

²² KOSSLYN 2006, p.17.

2.2 La interpretación perceptiva

La percepción juega un papel central en la descodificación visual de la información que traduce una gráfica.²³ Este proceso cognitivo, en el que interviene tanto nuestro aparato visual como nuestro cerebro, determinará no sólo aquello que percibamos, sino también, el modo en el que interpretemos las señales registradas. Sus características específicas decidirán qué elementos discerniremos con mayor facilidad, cuáles captarán nuestra atención, y cómo los organizaremos una vez percibidos.

2.2.1 Definición de percepción visual

Palmer define la percepción visual como *“el proceso de adquisición de conocimiento sobre objetos y eventos del entorno a través de la extracción de información a partir de la luz que éstos emiten o reflejan”*.²⁴ Se trata por lo tanto de una actividad cognitiva y no puramente óptica, dado que no sólo se registran estímulos visuales externos, sino que se extraen informaciones a partir de éstos. El estudio de la percepción visual busca alcanzar conocimientos sobre el modo en el que extraemos significado de la información óptica que el ojo, como órgano receptor, registra y transmite al cerebro, el cual se encarga entonces de procesar a ésta de tal manera que presente un provecho para el organismo. El análisis de la fisiología, es decir, del funcionamiento biológico de los órganos visuales y la parte del sistema nervioso implicado en el procesamiento de la información visual, es de gran importancia, al igual que el estu-

²³ CLEVELAND 1994, p.221.

²⁴ PALMER 1999, p.5: «[...] visual perception will be defined as the process of acquiring knowledge about environmental objects and events by extracting information from the light they emit or reflect.»

dio de los aspectos psicológicos que intervienen. El enfoque que domina este campo desde mediados de los años setenta del pasado siglo, consiste en una aproximación interdisciplinaria a la temática, en la que una serie de disciplinas, como la psicología de la percepción, la psicofísica, la informática, la neurofisiología y la neuropsicología, colaboran conjuntamente estudiando un mismo fenómeno desde diferentes, pero compatibles, perspectivas. Palmer designa a esta aproximación interdisciplinaria con el término general de *ciencias de la visión*, a las que describe como una de las ramas principales de la *ciencia cognitiva*, la cual investiga la totalidad de los procesos y estados mentales (no sólo los visuales). La ciencia cognitiva hace uso de los conocimientos de disciplinas tan variadas como la lingüística, la filosofía, la antropología, la sociología y otras, junto a las ya mencionadas psicología, informática y neuro-ciencia.

Dado que el espectro de preguntas relacionadas con las Ciencias de la Visión es amplio, también lo será el abanico de diferentes metodologías que pueden ser aplicadas a su resolución, surgidas de las múltiples disciplinas involucradas en su estudio. La meta consistirá en obtener resultados cuantitativos que permitan medir de manera objetiva el modo en el que una imagen-ejemplo sea percibida por un determinado grupo de personas. Esto se logrará unas veces exponiendo a los sujetos de estudio a experiencias físicas dirigidas, como lo son, por ejemplo, destellos de luz controlados o cambios de color. Otras veces, midiendo el tiempo de reacción que precisan los sujetos para localizar ciertos elementos visuales, estudiando por medio de imágenes de resonancia magnética las zonas del cerebro que se activan mientras que desempeñan una tarea específica, registrando sus movimientos oculares o entrevistándolos mientras son expuestas a una situación concreta. Posteriormente se cuantificarán sus declaraciones a través del uso de una escala de evaluación, para lo cual existe un número considerable de técnicas.²⁵

Los procesos a los que las Ciencias de la Visión dirigen su atención están estrechamente relacionados con el cuerpo humano. A esto se debe que los conocimientos que son alcanzados sobre la percepción visual se consideran habitualmente como universales, dado que afectan del mismo modo a todas las personas, independientemente del ámbito cultural al que pertenezcan. Esto diferencia a las cuestiones

²⁵ WARE 2004, pp.393-404.

perceptivas claramente de las convenciones y asociaciones, dado que éstas se encuentran estrechamente ligadas a una cultura o subcultura específica.

PERCEPCIÓN VISUAL Y DISEÑO

La disciplina del diseño posee sin duda un elevado interés por el conocimiento de los procesos que dirigen la percepción visual. Para poder producir imágenes que funcionen del modo intencionado, será imprescindible, que el diseñador comprenda la manera en la que el público percibe los estímulos visuales creados.

El modo en el que los diseñadores adquieren conocimiento sobre la percepción visual, difiere significativamente de las técnicas de las que hacen uso las ciencias de la visión. La metodología empleada con estos fines en la enseñanza del diseño suele basarse en la realización repetitiva de ejercicios seriales, en los que el alumno deberá crear innumerables variantes visuales de un mismo concepto básico, alterando de manera sistemática un único elemento de la composición. Las imágenes que componen una serie serán entonces comparadas entre sí, valorándose de manera crítica el significado que las sutiles diferencias visuales ejercen sobre la percepción global de la composición, y evaluándose estos cambios en razón a su efectividad para la obtención del resultado perseguido. Las observaciones se discutirán posteriormente con el profesorado y los compañeros. La experiencia del diseñador versado adquirirá una función de guía en el proceso de la exploración de las posibilidades visuales.

Este aprendizaje perceptivo dará origen a un conocimiento intuitivo de las leyes que rigen el modo en el que percibimos visualmente. Se trata de un proceso predominantemente no-verbal, a excepción del intercambio que tiene lugar con los profesores y compañeros, basado en la introspección. Al contrario de los métodos empleados por las ciencias de la visión, no se apoyan las conclusiones en pruebas realizadas sistemáticamente con amplios grupos de estudio; los resultados de los experimentos no podrán, por lo tanto, ser cuantificados por medio de procedimien-

tos estadísticos.²⁶ Tampoco suelen documentarse de manera detallada los procesos de diseño a través de los cuales se han adquirido los conocimientos sobre la percepción,²⁷ ni es habitual que estos resultados sean expresados en forma de leyes o principios. La comunicación explícita del entendimiento alcanzado es poco usual. Esto presenta una serie de inconvenientes. La escasa verbalización de las observaciones realizadas hace que no se haya establecido una terminología específica con la que pueda hacerse referencia a los conocimientos adquiridos de manera abstracta.²⁸ La falta de documentación y comunicación de los conocimientos adquiridos conduce a una cierta redundancia, dado que los mismos principios son redescubiertos cada vez que un nuevo diseñador se aproxima a la temática.

En vista a las particularidades metódicas del diseño no resulta sorprendente que éste sea frecuentemente tachado de no-científico.²⁹ No obstante, el sistema es sin duda efectivo a la hora de resolver los diversos problemas prácticos a los que se enfrenta esta disciplina. Así, sería un error considerar por ejemplo la redundancia descrita como simple *pérdida de tiempo*. El fin de este método no sólo consiste en el aprendizaje de las diferentes particularidades perceptivas, sino apunta principalmente hacia la adquisición de lo que a menudo se denomina *la mirada educada*: la capacidad de evaluar de manera inmediata las diferentes y complejas relaciones visuales que se presentan en cada imagen.³⁰ Ésta se alcanzará más fácilmente cuando el entendimiento surge a partir de la propia experiencia de los diferentes fenómenos perceptivos, interiorizándose así mejor que si se encuentran descritas o ilustradas en un libro.

A esto se suma el hecho que las leyes perceptivas suelen presentar una utilidad limitada cuando se intentan aplicar a la creación de una visualización real. Una pro-

²⁶ Existe cierta similitud con los métodos empleados por la Gestalt al establecer las leyes de la agrupación perceptiva.

²⁷ Para ejemplos de ejercicios seriales véase RUDER 1977, pp.35, 42-47, 109, 119, 145, 159, 233 y 251.

²⁸ Es por esta razón que se ha optado en este trabajo por explicar con detalle los principios de la agrupación perceptiva. Así será posible hacer referencia de manera abreviada a los diferentes fenómenos cuando éstos sean observados al analizar los ejemplos visuales.

²⁹ WARE 2004, pp.4-6, trata de establecer una "ciencia de la visualización" basada en principios perceptivos, definiendo a ésta en oposición al "oficio o arte de la visualización".

³⁰ WARE 2008, p.21, p.64. Colin Ware denomina a esta facultad "critical seeing". En alemán se suele hablar de "das geschulte Auge" o "der geschulte Blick".

blemática similar se presenta en torno a aquellos libros instructivos que surgen dentro de la misma disciplina del diseño y que intentan fijar de manera escrita una serie de normas que sirvan de guías para la obtención de *diseño de calidad*, por lo que suelen llevar el sobrenombre despectivo de *recetarios*. Las dificultades que surgen a la hora de normar la imagen residen en las características específicas de ésta. Pues, es la imagen una compleja constelación de elementos visuales (formas, colores, texturas) y relaciones espaciales (la distribución de los elementos visuales) que se hallan estrechamente interconectados entre sí. Así, junto a la importancia que reside en los aspectos perceptivos, juegan también las convenciones y asociaciones un papel fundamental en el modo en el que interpretamos aquello que vemos.³¹

Resulta por ello prácticamente imposible establecer leyes que permitan predecir el modo en el que estas complejas relaciones interaccionan entre sí, dado que estas relaciones variarán de una imagen a otra, dependiendo de la constelación específica de cada una de ellas. Cuando se realizan experimentos perceptivos se emplean a menudo imágenes intencionadamente sencillas, que permitan observar de manera aislada la regularidad que surge en torno a un fenómeno visual específico. Esto dificulta sin embargo el establecimiento de una jerarquía de interacción entre diferentes fenómenos perceptivos. Cuando los estudios se basan en imágenes más complejas surgen problemas a la hora de localizar e identificar el elemento o el fenómeno decisivo que conduce hacia la interpretación observada. Especialmente compleja se presenta la situación cuando se intenta generalizar un fenómeno observado en una imagen particular, concreta, expresándolo de manera abstracta en forma de una regularidad. A esto se suma la circunstancia que la aceptación de las reglas preestablecidas impide la creación de diseños novedosos o sorprendentes, aspectos que suelen influir significativamente en el atractivo que ejerce una imagen. Son estas dificultades en las que se basa la fuerte oposición que surge hacia los diferentes intentos de establecer reglas para el diseño.³²

En vista a esta situación, resulta más efectivo que el diseñador aprenda a valorar de manera crítica la imagen como un todo, que si al contrario intenta construir el

³¹ WARE 2004, p.10-17, de hecho tiene en cuenta el papel que juegan las convenciones, pero no las asociaciones.

³² RUDER 1977, p.108, describe las normas como «muletas a las que se agarra el inepto» y considera que obstruyen el trabajo creativo. WARE 2004, p.xxi, defiende la posición opuesta.

significado a partir de una serie de criterios independientes. La *mirada educada* ofrece por lo tanto una flexibilidad que no se halla en los sistemas normativos. Una vez obtenida, permite ser aplicada a las diferentes situaciones particulares, siendo así más eficiente. No obstante, es cierto que si el autor de una visualización no ha obtenido una buena educación visual, será sin duda muy aconsejable que se atenga a las leyes perceptivas y haga uso de los recetarios de diseño.³³

No obstante, aunque tanto los métodos como las objetivos difieran claramente entre las ciencias de la visión y el diseño, comparten sin duda el interés por la manera en la que se perciben las imágenes.³⁴ De hecho, es habitual que los principios establecidos por los psicólogos perceptivos se correspondan con los fenómenos observados por los diseñadores a partir de la práctica experimental del diseño. Igualmente, la descripción de fenómenos perceptivos es omnipresente en gran parte de las publicaciones que se dedican de uno u otro modo al estudio del diseño, aunque es cierto que se les suele atribuir un carácter más particular y específico y menos normativo.

2.2.2 La organización perceptiva

Existen múltiples publicaciones que estudian en detalle los problemas perceptivos que surgen a la hora de interpretar gráficas cuantitativas y mapas, con un especial interés por la descripción de sus cualidades manipulativas.³⁵ Más difícil resulta sin embargo encontrar material que analice la percepción de diagramas cua-

³³ WARE 2008, p.21, dice haber escrito su libro con la intención de apoyar a los diseñadores inexpertos con conocimientos actuales que proceden del estudio de la percepción humana. Una obra similar, aunque dedicada de manera específica a la percepción de las gráficas cuantitativas, es aquella de KOSSLYN 2006.

³⁴ WARE 2008, p.181, resume elegantemente la relación entre ambas disciplinas, abogando por la colaboración y el aprendizaje mutuo.

³⁵ HUFF 1954, STRANGE 2007, TUFTE 1998, TUFTE 2001, TUFTE 2002, KOSSLYN 2006, BERTIN 1974, WAINER 1997, WAINER 2005, entre otros.

litativos.³⁶ Es por esta razón que se estudiará detenidamente una fase de la percepción humana denominada *organización perceptiva*, que dirige el modo en el que estructuramos la información visual percibida. Los mecanismos que rigen esta organización perceptiva deberán ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar diagramas cualitativos, dado que éstos suelen expresar las relaciones que existen entre los elementos también a través de la distribución espacial. Será conveniente por lo tanto que la *codificación espacial* tenga en cuenta los hábitos innatos de la organización perceptiva, para evitar así que surjan interferencias entre ambos sistemas.

La organización perceptiva estudia el modo en el que los elementos de la información visual que se perciben en la imagen retinal son estructurados en unidades superiores, que dan entonces origen a aquello que percibimos como objetos y sus interrelaciones. Los psicólogos de la Gestalt, corriente que nace en Alemania a principios del siglo XX, fueron los primeros en comprender el significado de ésta, y en analizar las propiedades que la gobiernan.

Dentro de la *organización perceptiva* se distinguen diferentes fases. El primer paso consiste en la división de la imagen en una serie de regiones (áreas bidimensionales y delimitadas que constituyen subconjuntos espaciales dentro de la imagen) mutuamente exclusivas. A este proceso se le suele denominar *partición de la imagen*.³⁷ Se tienden a percibir como unidades iniciales de la organización perceptiva a regiones conexas de propiedades visuales uniformes, que compartan, por ejemplo, igual luminosidad, color, textura o movimiento. Esta regularidad lleva el nombre de *principio de la conexión uniforme*. En la figura 29 agruparemos por lo tanto visualmente aquellas zonas que presentan idéntica luminosidad. Como resultado surgirán una serie de once regiones homogéneas oscuras (los once puntos negros), y otra región más extensa de elevada luminosidad constante (el espacio blanco).

³⁶ KOSSLYN 2006, pp.229-233; LIPTON 2007, pp.192-199; BERTIN 1974, pp.277-291; WARE 2004, pp.210-215, dedican al menos unas páginas a los diagramas cualitativos, aunque centran su interés en las gráficas cuantitativas.

³⁷ La descripción del proceso de la organización perceptiva se basa en la teoría expuesta por Palmer y Rock en 1994. Véase PALMER 1999, pp.254-310 y pp.723-727.

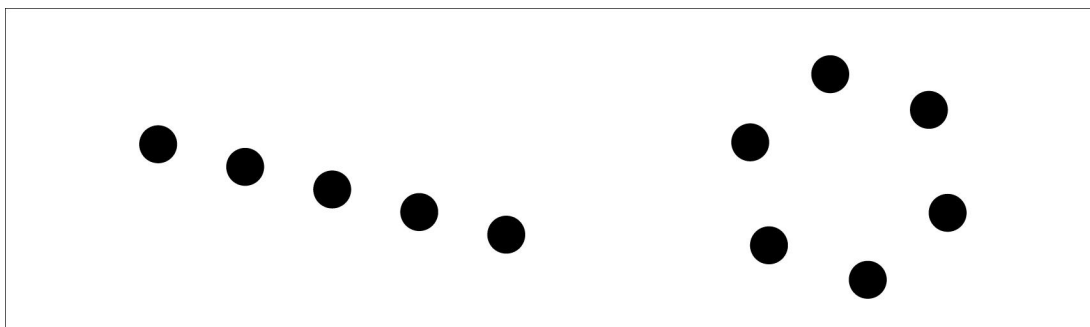


Fig. 29: Agrupación perceptiva

Una vez identificadas las diferentes regiones, se pasa a discernir la figura del fondo, lo cual constituye la segunda fase de la organización perceptiva. El psicólogo de la Gestalt Edgar Rubin estudió con detalle los diferentes principios que determinan este proceso. En éste destaca entre otros la importancia que ejercen aspectos como el tamaño, la simetría y la convexidad a la hora de definir qué regiones formarán parte de la figura y cuáles constituirán el fondo.³⁸ La figura suele comprenderse como más próxima al observador, extendiéndose el fondo tras ella en la lejanía. Por esto suele adscribirse el contorno a la figura, dado que se interpreta el fondo como continuo y uniforme. Esta circunstancia hace suponer que el proceso de discernimiento de figura y fondo se encuentra fuertemente relacionado con la percepción de la profundidad. En nuestro ejemplo, tenderemos a entender las regiones oscuras como una serie de figuras (puntos negros) distribuidas sobre un fondo blanco que se expande tras ellas. El hecho que sean regiones pequeñas, además de simétricas y convexas, impulsa esta interpretación.

La diferenciación entre fondo y figura dará según Palmer/Rock origen a una serie de unidades básicas [entry-level units]. Éstas podrán entonces ser asociadas entre sí a través de un *proceso de agrupación*, dando origen a unidades superordinadas, del mismo modo que podrán ser divididas en sus diferentes subregiones constituyentes a través de los *procesos de segmentación*, dando origen a unidades subordinadas. Ambos procesos forman parte de la *organización perceptiva*. Entre ellos no existe un orden de intervención establecido, se cuestiona incluso si no fuera posible que tuvieran lugar de manera simultánea.

³⁸ PALMER 1999, pp.280-287: Se tiende a percibir como figura a la región más pequeña, o a la región más simétrica, o a la región más convexa de una imagen.

A los procesos que hacen que se agrupen perceptivamente los diferentes elementos que constituyen la imagen se les denomina *agrupación perceptiva*. El observador tiende entonces a considerar los elementos como componentes de una estructura superior, dado que parecen ir juntos. Así, en la figura 29 se percibirán principalmente dos grupos de puntos, de los cuales uno forma una línea, mientras que el otro forma un conjunto más compacto. El hecho que se perciban dos grupos y no once puntos independientes se debe a las diferentes relaciones de distancia que se establecen entre los elementos.

Se denomina *segmentación perceptiva* [parsing] a los procesos que hacen que un elemento único, homogéneo, generado por el principio de la conexión uniforme, sea subdividido perceptivamente en diferentes partes. Este proceso dependerá de manera directa de la forma del objeto. Las subdivisiones partirán de aquellos puntos en los que el contorno describa un acusado pliegue hacia el interior de la región que delimita, la fragmentación se producirá en el momento en el que estas discontinuidades aparezcan por pares. Así, los puntos opacos, como los hemos visto en el ejemplo anterior, no constarán de subpartes naturales. Una figura compuesta, como aquella que vemos en la imagen 30 sí, dado que tiende a ser dividida en cuatro partes.

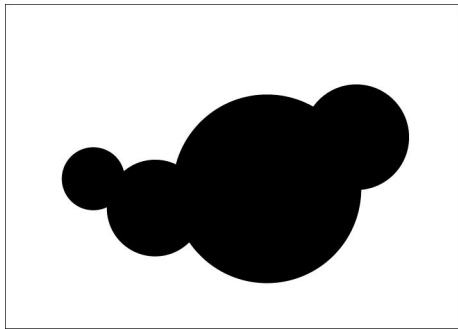


Fig. 30: Segmentación perceptiva

Otro aspecto que también juega un papel relevante en la organización perceptiva es lo que suele denominarse *interpolación visual*, que consta de una serie de mecanismos que permiten al sistema visual inferir a partir de aquellas partes del entorno que son visibles, la naturaleza de aquellas otras partes que no existen en la

imagen-estímulo.³⁹ En esta categoría entran fenómenos como la *compleción visual*, en la que se perciben objetos y superficies parcialmente ocultos como enteros y completas, incluyendo su forma, textura y color. Así, en la figura 31.1 se verá un círculo negro que esconde una esquina de un cuadrado gris. La posibilidad de que el objeto gris tenga una forma irregular, como vemos en 31.2, pasa habitualmente desapercibida. Este mecanismo juega un papel fundamental en nuestra visión cotidiana, dado que nuestro entorno natural está constituido por múltiples objetos opacos que se ocultan unos a otros.

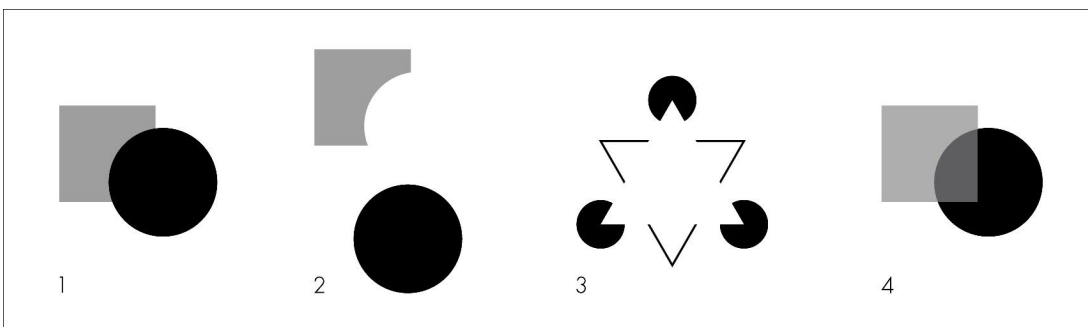


Fig. 31: Interpolación visual

A la interpolación visual también pertenece el fenómeno de los *contornos ilusorios*, que surge cuando se perciben contornos que no existen en la imagen-estímulo, como sucede con el famoso triángulo de Kanizsa (fig. 31.3). Otro fenómeno que pertenece a esta categoría es la *transparencia percibida*, que surge cuando se percibe un objeto como visto a través de otro objeto traslúcido, más cercano al observador (fig. 31.4).

Hasta aquí se ha visto la manera en la que el sistema visual organiza perceptivamente al campo visual, dividiendo primero la imagen en regiones de propiedades visuales similares, para después discernir la figura del fondo, dando así origen a una serie de elementos básicos. Estos elementos básicos se agrupan formando estructuras superiores, a la vez que son segmentados, dividiéndose en diferentes subelementos. Junto con la interpolación visual, que permite realizar conjeturas sobre aquello que no se percibe directamente, se estructura de este modo nuestra experiencia visual. Aunque la realidad visual sea infinitamente más compleja que

³⁹ PALMER 1999, p.735 y pp.287-300.

los ejemplos aquí expuestos, son estos mismos mecanismos los que se suceden cuando percibimos aquello que nos rodea.

Todos los aspectos descritos juegan de una u otra manera un papel significativo en el diseño. Para las imágenes que son objeto de estudio de este trabajo resulta especialmente interesante analizar con mayor detenimiento aquél proceso de la organización perceptiva que se denomina *agrupación perceptiva*. Las primeras estructuras que se extraen de una imagen no se originan a partir de la interpretación de un código visual preestablecido, sino se hallan directamente arraigadas en la manera en la que se organiza nuestra percepción visual. Será por lo tanto decisivo que los códigos que se dispongan para la imagen informativa se correspondan con nuestros hábitos perceptivos, evitando así que emerjan conflictos entre la interpretación innata y la interpretación intencionada del contenido.⁴⁰

PRINCIPIOS DE LA AGRUPACIÓN PERCEPTIVA

La *Teoría de la Gestalt*, corriente psicológica que se origina a principios del siglo XX en Alemania, surge como reacción a la entonces predominante *teoría estructuralista*, que defendía una visión atomista de la percepción. Según esta teoría se compone la percepción de múltiples experiencias perceptivas locales que por su parte evocan el recuerdo de diversos eventos perceptivos precedentes, los cuales, debido a su frecuente aparición simultánea, se hallan concadenados entre sí. La percepción no es por lo tanto un fenómeno innato, sino se construye a través de la experiencia.⁴¹ Los psicólogos de la Gestalt se oponían vehementemente al atomismo, predicando que *el todo no es igual a la suma de las partes*. A esto se debió su interés por el estudio de aquellos aspectos de la percepción que dependen de las propiedades de las figuras o las configuraciones enteras, analizando en especial el modo en el que la estructura de una figura entera organiza a sus subelementos. De hecho, el tér-

⁴⁰ WARE 2004, p.210.

⁴¹ PALMER 1999, pp.47-59, para una explicación de las teorías clásicas de la percepción.

mino alemán *Gestalt*, aunque de difícil traducción, suele significar según el contexto forma, figura, apariencia o configuración.

El primero en estudiar sistemáticamente los factores que estimulaban la agrupación perceptiva fue Max Wertheimer (1880-1943).⁴² Su trabajo sigue valorándose aun hoy, dado que provee una clara descripción de múltiples fenómenos perceptivos básicos, aunque los mecanismos neuronales que él y sus colegas creyeron reconocer en el origen de estos fenómenos han sido entre tanto refutados.⁴³ Los textos escritos por los psicólogos de la Gestalt incluían numerosas imágenes que no sólo ilustraban a la ley enunciada, sino que exponían directamente a la percepción del lector al fenómeno descrito. De hecho, las figuras que acompañan a la explicación de los principios de la agrupación perceptiva en las siguientes páginas se corresponden con este hábito. Este método fenomenológico es frecuentemente criticado, debido a su falta de procedimientos experimentales rigurosos. Palmer argumenta sin embargo que en la mayoría de los casos resulta innecesario realizar experimentos adicionales, dado que los fenómenos descubiertos son tan poderosos que aún hoy convencen de manera inmediata a quien los observa. No obstante, en aquellos casos en los que la situación era menos evidente, realizaban experimentos metódicos y recogían datos objetivos.⁴⁴

Es escaso el trabajo teórico moderno sobre los *principios de agrupación perceptiva*, aunque recientemente han sido propuestos tres nuevos factores, los cuales se incluyen en la siguiente descripción.⁴⁵

⁴² Max Wertheimer es considerado como uno de los fundadores de la psicología de la Gestalt, junto con Wolfgang Köhler y Kurt Koffka. Véase KOFFKA 1963 y METZGER 1953/2006.

Para una descripción detallada de los principios de la agrupación perceptiva, véase PALMER 1999, pp.255-266 y WARE 2004, pp.189-199.

⁴³ WARE 2004, p.189.

⁴⁴ PALMER, pp.257-258; véase también la introducción de Lothar Spillmann en METZGER 2006, pp.vii-ix.

⁴⁵ PALMER 1999, pp.259-261.

Principio de proximidad

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos elementos cuya proximidad relativa sea mayor. Los puntos negros que observamos en la figura 32 no dan origen a unidades perceptivas superiores, a excepción de una línea horizontal de puntos.

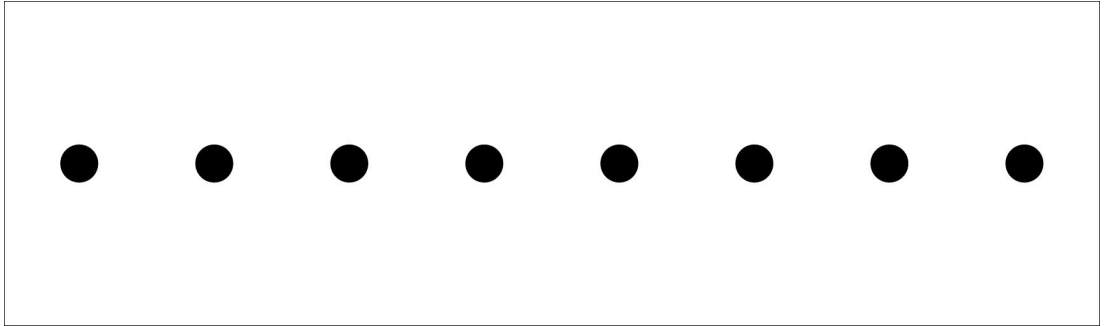


Fig. 32: Ocho puntos negros equidistantes.

Cuando el espacio entre los puntos adyacentes es alterado de manera que algunos pares quedan más próximos entre sí que otros, se agrupan fuertemente aquellos pares cuya distancia relativa sea menor. Así se percibirán en la figura 33 cuatro grupos de puntos.

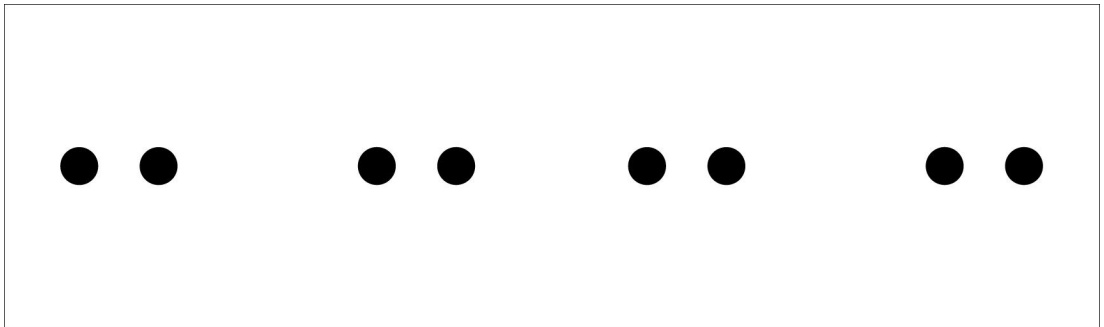


Fig. 33: Principio de proximidad

Principio de semejanza

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos elementos que son más similares entre sí. La semejanza puede surgir a partir de diferentes propiedades visuales, como lo son el color (fig. 34), la forma (fig. 35), el tamaño (fig. 36) o la orientación (fig. 37).

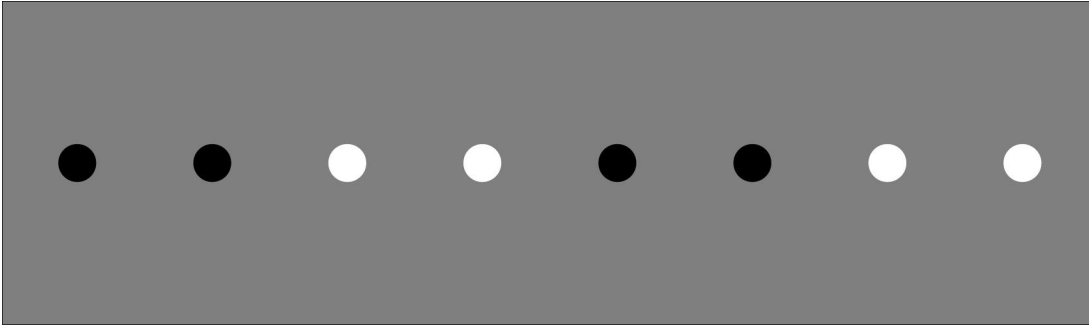


Fig. 34: Principio de semejanza (color)

Este principio encuentra múltiples aplicaciones en el diseño de la imagen informativa, dado que permite distribuir visualmente a los elementos representados en diferentes subgrupos, sobre los que se proyectará entonces, con ayuda de la leyenda, un significado específico. También las variables de color-textura descritas por Bertin se basan en este factor.

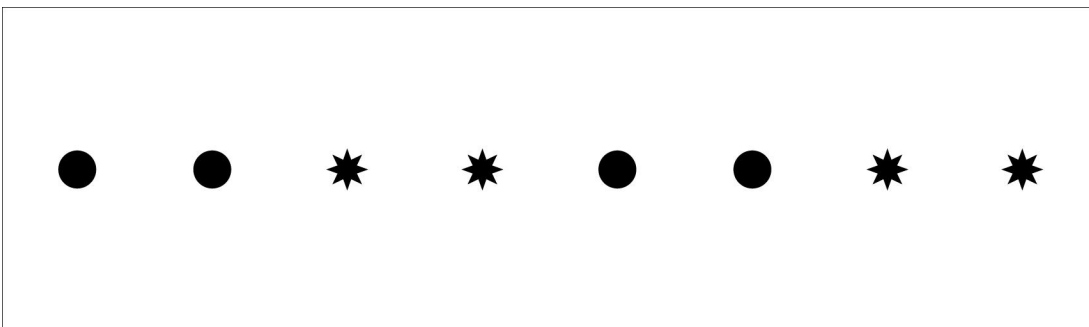


Fig. 35: Principio de semejanza (forma)

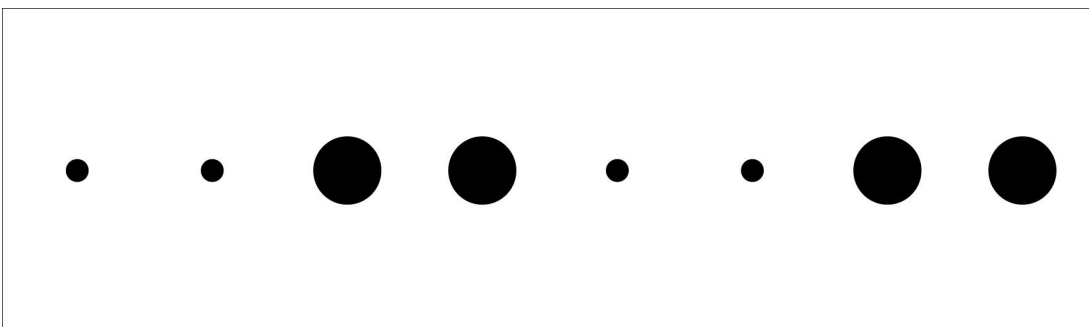


Fig. 36: Principio de semejanza (tamaño)

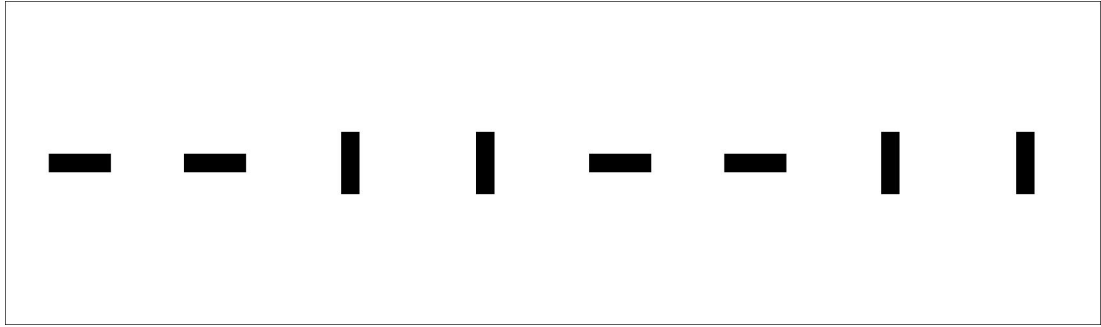


Fig. 37: Principio de semejanza (orientación)

Estrechamente relacionado con este principio se encuentra el llamado *efecto pop-out*: Dentro de un grupo de elementos idénticos o muy similares, destacará aquél que difiera de los demás en alguna de sus propiedades (color, forma, tamaño, orientación, movimiento, etcétera).⁴⁶

Principio de destino común

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos elementos que se mueven de la misma manera (fig. 38). De hecho, puede considerarse como un caso especial de semejanza, en la que la propiedad compartida es el movimiento.

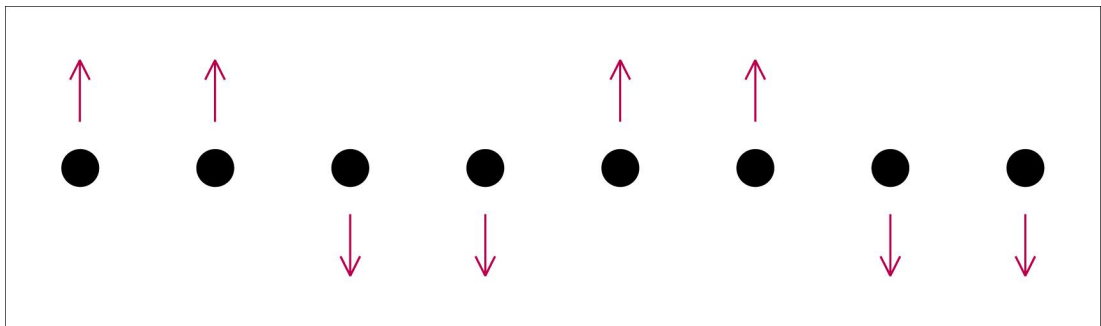


Fig. 38: Principio de destino común

⁴⁶ WARE 2008, pp.27-33: La psicóloga cognitiva inglesa Anne Treisman ha estudiado en detalle la relación entre percepción y atención.

Principio de sincronía

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos eventos visuales que ocurren simultáneamente. Así, entre una serie de puntos blancos y negros que cambian rítmicamente al color opuesto, se agruparán aquellos en los que el cambio se suceda de manera sincrónica, aunque no coincidan en cuanto a color de origen y destino.

Principio de región común

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos elementos que se hallan situados dentro de un mismo espacio cerrado (fig. 39). En este principio se basan los *diagramas de Venn*, en los que se comprende que todos los elementos que se hallan en el interior de un espacio delimitado comparten una serie de características.⁴⁷

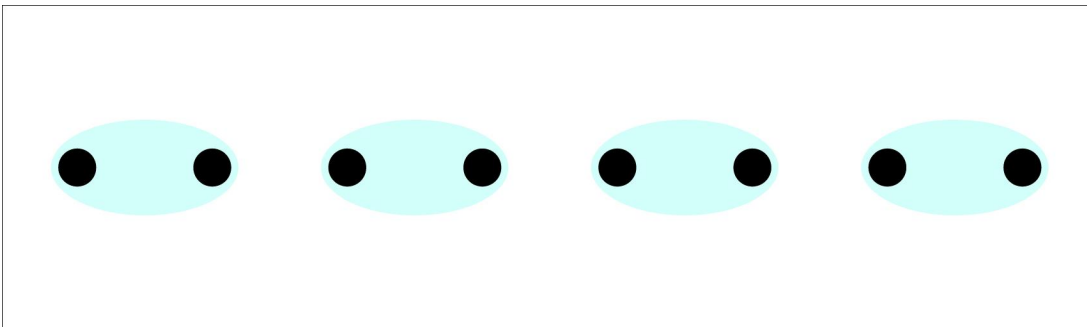


Fig. 39: Principio de región común

Principio de conexión

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellos elementos que se hallan conectados a través de otro elemento. Como vemos en la figura 40 se agrupan fuertemente entre sí aquellos puntos unidos por una línea horizontal (elemento adicional). El principio de conexión es uno de los principios más poderosos, que puede imponerse a otros principios, como por ejemplo el de proximidad. Es habitual que los elementos conectados se perciban como un elemento único, constituido por diferentes partes.

⁴⁷ HARRIS 1999, pp.435-436.

Son múltiples los diagramas que hacen uso de este principio. Entre ellos destacan sin duda los árboles genealógicos, en los que se visualizan las relaciones familiares directas a través del trazado de líneas que conectan a los diferentes individuos.

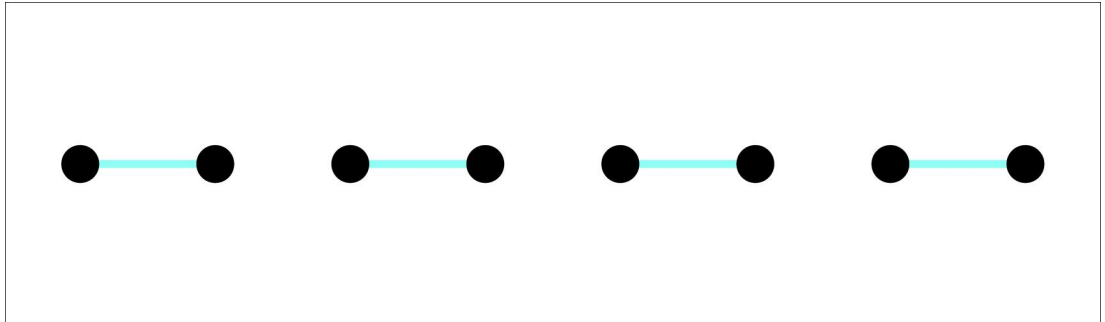


Fig. 40: Principio de la conexión

Los psicólogos de la Gestalt describieron, además de los principios que hemos visto hasta aquí, los diferentes factores que influyen la *agrupación perceptiva de elementos lineales*:

Principio de simetría

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellas líneas que son simétricas entre sí (fig. 41.1).

Principio de paralelismo

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellas líneas que son paralelas entre sí (fig. 41.2).

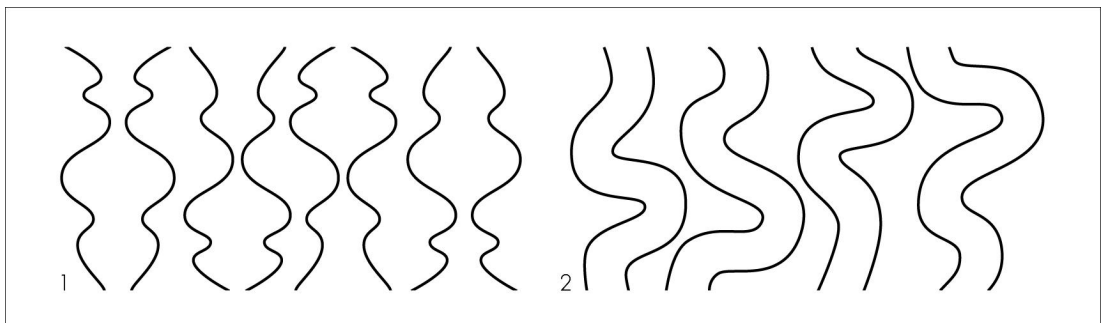


Fig. 41: 1. Principio de simetría 2. Principio de paralelismo

Principio de continuidad

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellas líneas que permiten ser entendidas como una línea única, lisa y fluida. Se evitarán por lo tanto aquellas interpretaciones que supongan que los elementos comprenden cambios de dirección abruptos. Así, en la figura 42.1 se percibirán dos líneas diagonales continuas que se cruzan, y no dos ángulos cóncavos cuyos vértices se tocan en un punto.

Es en vista a este principio que Colin Ware recomienda emplear líneas curvas al diseñar un diagrama de nodos, dado que las líneas rectas darían origen a líneas de fragmentación angular, donde la interpretación de la continuidad sería menos evidente a nivel perceptivo.⁴⁸

Principio de forma cerrada

Cuando todo lo demás permanece constante, tienden a agruparse aquellas líneas que forman una figura cerrada. Así, en la figura 42.2 se percibirán ahora dos formas cerradas que se tocan en el centro.

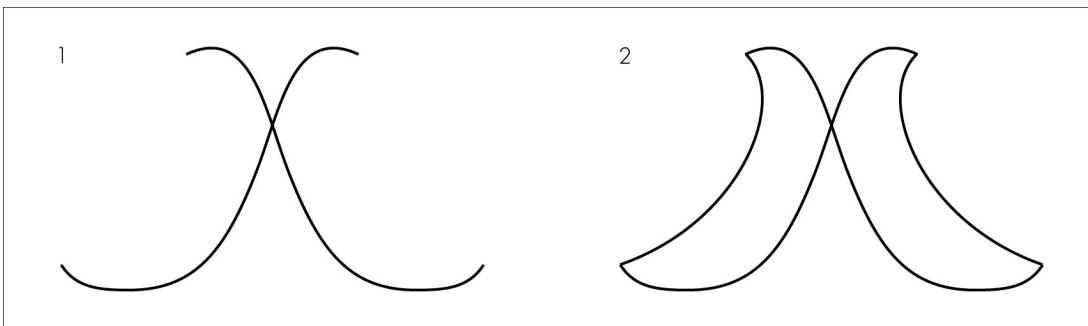


Fig. 42: 1. Principio de la continuidad. 2. Principio de la forma cerrada.

Los elementos agrupados perceptivamente pueden dar origen a *colecciones de elementos* [element aggregations], a confederaciones de objetos en las que cada uno de los elementos implicados conserva un elevado grado de independencia perceptiva, aunque exista claramente una interrelación con los demás elementos del grupo. Esto suele suceder cuando se constituyen los grupos basándose en los principios de proximidad, semejanza, región común y algunos casos de destino común. En otros

⁴⁸ WARE 2004, pp.191-193.

casos desemboca la agrupación perceptiva en la *formación de unidades* [unit formation], que es cuando el conjunto de elementos agrupados es percibido como un objeto único. Los elementos implicados se comprenden entonces como las diferentes subpartes que constituyen el objeto. El principio de continuidad, el principio de conexión y algunos casos del principio de destino común dan con frecuencia origen a esta interpretación.

El inconveniente de los diferentes principios explicados en este apartado reside en que sólo permiten predecir el resultado de la agrupación perceptiva en aquellas circunstancias en las que todo lo demás permanece constante. Cuando interaccionan dos o más factores agrupadores de manera simultánea resulta imposible predecir con seguridad cual de los principios se impondrá a los demás. Así, hemos visto en la figura 42 como el principio de la forma cerrada prevalece sobre aquél de la continuidad, dado que la interpretación de las dos líneas diagonales que veíamos en 42.1, se ve anulada al percibirse en 42.2. dos formas cerradas que se tocan en un punto.

Las ilustraciones que nos han servido como ejemplo para explicar la agrupación perceptiva en este apartado son figuras muy sencillas y esquemáticas, que poco parecen tener en común con la experiencia visual cotidiana. No obstante, los mecanismos que actúan cuando percibimos estos ejemplos gráficos son los mismos que dirigen el modo en el que determinamos los objetos y sus partes en nuestro entorno. Un ejemplo de la importancia que estos procesos desempeñan en nuestra experiencia perceptiva lo encontramos al estudiar el camuflaje en la naturaleza. Son cuantiosos los organismos que hacen uso de esta estrategia biológica para ocultarse de sus adversarios. La meta del camuflaje consiste en frustrar aquellos procesos que habitualmente nos permiten diferenciar a una figura como elemento independiente de su contexto. El organismo que se camufla con éxito logra agruparse perceptivamente con su entorno, por lo que serán los mismos principios que normalmente nos permiten distinguir a la figura del fondo los que ahora nos harán agrupar a la figura con el fondo. Basta que el organismo se parezca al espacio en el que se posiciona, imitándolo en cuanto a color, forma, tamaño y orientación, para que visualmente sea agrupado con éste por el principio de la semejanza. El engaño suele desaparecer en el momento en el que el organismo oculto se mueve, ya que, teniendo en cuenta el principio de destino común, se agruparán entonces aquellos elementos que se

mueven del mismo modo, por lo que el organismo (en movimiento) se distinguirá del fondo (estático).

Las tensiones entre código y percepción que se han esbozado con anterioridad en este texto surgen especialmente en aquellas situaciones en las que se perciben en la imagen informativa diferentes cualidades visuales (colores, formas, direcciones, etcétera) o distribuciones espaciales que no guardan un significado especificado a través de un código. Frecuentemente se imponen entonces aquellas relaciones que la percepción visual ha establecido a través de los procesos de agrupación perceptiva, aunque éstas contradigan al significado que la imagen expresa de manera intencionada. A modo ejemplar se puede recordar aquí la problemática que presentan los grafos matemáticos, cuya lectura establecida, en la que la distribución espacial del grafo no guarda significado, se opone radicalmente a la interpretación perceptiva de los mismos, imposibilitando la comprensión correcta de la visualización para el observador no iniciado. En vista a estos conflictos entre código y percepción resulta recomendable adaptar el código en medida de lo posible a los hábitos perceptivos, permitiendo así que el contenido sea captado tanto de modo perceptivo como analítico. En aquellos casos en los que ésto no sea posible, será necesario dirigir de manera decidida la atención del lector hacia esta circunstancia.⁴⁹

Es menos habitual que otros procesos perceptivos, como lo son la partición de la imagen, la diferenciación entre figura y fondo, la segmentación perceptiva o la interpolación perceptiva, interfieran con los códigos que rigen las imágenes informativas. Esto se debe al hecho que estas visualizaciones suelen favorecer un lenguaje formal sencillo y claro, exento de las ambigüedades o inestabilidades visuales necesarias para que surjan dificultades en relación a estos otros aspectos de la organización perceptiva, dado que la finalidad de las imágenes consiste en comunicar su contenido de manera directa y eficaz.

⁴⁹ BERTIN 1974, p.55.

2.3 La interpretación convencional

A demás de la interpretación perceptiva, existen otros sistemas que también pueden interferir con la lectura predeterminada, arraigados esta vez no en la constitución física del observador, sino en el ámbito cultural del que éste procede. La interpretación convencional pertenece a este grupo.

2.3.1 Definición de convención

Una de las definiciones que la Real Academia Española ofrece del término convención la describe como *“norma o práctica admitida tácitamente, que responde a precedentes o a la costumbre”*.⁵⁰ En la filosofía, la noción de convención juega un papel fundamental al ser estudiada como contraparte del concepto de verdad.⁵¹ También en la filosofía de la lengua ocupa un lugar central, dominando la discusión en torno al carácter convencional o innato de las reglas que rigen el lenguaje.⁵² Estas discusiones exceden el margen de este trabajo. No obstante, algunas de las exposiciones que el filósofo americano David Lewis ofrece en su obra *«Convention: A Philosophical Study»* nos permiten precisar brevemente la definición de convención empleada en este proyecto, y subrayar algunas de las características que implica dicha comprensión del término.⁵³

⁵⁰ www.rae.es | Consultado en línea el 01.10.11.

⁵¹ BEN-MENACHEM 2006, p.ix. En su obra hace un análisis de la historia del convencionalismo como posición filosófica y el impacto que ha tenido en la ciencia y la filosofía del siglo XX.

⁵² MILLIKAN 2005.

⁵³ LEWIS 2002. Las teorías de Lewis gozan de gran atención en el ámbito académico, aunque no dejan de ser controvertidas. Para una discusión detallada de las diversas dificultades que ofrecen sus ideas, véase GILBERT 1992, pp.315-407.

Lewis basa su teoría de la convención en la teoría de juegos, más concretamente en la teoría de juegos puros de coordinación. A esto se debe que describa la convención como solución a un problema de coordinación entre diferentes miembros de un grupo (por ejemplo, dos personas A y B que desean encontrarse: en este caso, la convención se establecería entre el grupo mínimo posible). Al depender el resultado de la acción de cada uno de los participantes del modo en el que actúen los demás, adquiere gran importancia la posibilidad de predecir el modo en el que actuarán los otros miembros del grupo. Así, la acción de la persona A de ir al lugar X será exitosa o no para la resolución del problema de coordinación dependiendo de si la persona B decide por su parte también ir al lugar X o no. Evidentemente, la forma más sencilla que permita que nuestros dos personajes se encuentren, será a través de un *acuerdo*: A y B deciden encontrarse en el lugar X. Cuando el seguimiento de este acuerdo explícito llegue a establecer una regularidad que los miembros del grupo sigan de modo constante, olvidando que en su origen se encontró una promesa común realizada por todos los involucrados de atenerse a una acción concreta para la resolución del problema de coordinación, entonces el acuerdo se habrá convertido en una *convención*.⁵⁴

Pero evidentemente, ésta no es la única solución posible. Otra posibilidad de alcanzar el éxito será a través de la coordinación por *precedencia*, que surgirá cuando todos los integrantes del grupo repiten aquella misma acción que en una situación similar previa conllevó a la solución del problema. Al igual que en el caso del acuerdo, se soluciona el problema de coordinación al originarse un sistema de expectativas mutuas coincidentes. Lewis define entonces la convención como una regularidad en el comportamiento de los miembros de un grupo frente a una situación que se repite, en la que todos los integrantes del grupo esperan y presuponen que la mayoría de los miembros actuarán de un cierto modo específico, por lo que ellos optan por esta misma acción.⁵⁵

Es un aspecto central en la definición de Lewis que los integrantes del grupo realicen una cierta acción porque esperan que los demás miembros del grupo actúen del mismo modo. Si al contrario un individuo sigue un determinado comporta-

⁵⁴ LEWIS 2002, pp.35-45 y 83-84.

⁵⁵ LEWIS 2002, p.78.

miento prescrito, independientemente de que sus compañeros de grupo realicen esa misma u otra acción, suele tratarse de una *norma*.⁵⁶ En tal caso, existe un interés por parte de susodicho individuo a atenerse a ésta por temor a represiones, por lo que ya no se trataría de una convención. De hecho a menudo una norma no es una convención por el simple hecho de que la apoyan numerosas sanciones. Aunque a su vez, toda convención implica ciertos aspectos que la aproximan a la norma, pues existe una cierta presión social (que va en caso de incumplimiento de la convención desde la reacción sorprendida de los demás hasta la exclusión de grupos sociales o profesionales) que hace que el individuo se atenga a ella.

Lewis destaca otra característica específica de las convenciones: éstas son siempre *arbitrarias*, pues siempre existirá una opción alternativa que hubiera podido ocupar su lugar. Así, nuestros personajes A y B podrían encontrarse en diferentes lugares. La única condición para que la acción conlleve a la solución del problema de coordinación es que ambos tomen la misma decisión. Si existiera un único lugar en el que fuera posible que A y B se encontrasen no constituiría la visita de éste una convención, sino una *necesidad*.

Según Lewis, presentan las convenciones las siguientes características:

- solucionan problemas de coordinación entre los miembros de un grupo.
- describen una regularidad en el comportamiento de los integrantes de un grupo frente a una situación que se repite.
- deberán ser seguidas por una mayoría de los miembros de un grupo para que el interés de cada individuo de atenerse a la convención no desaparezca.
- son arbitrarias.
- implican un mínimo de dos personas, pudiendo llegar a englobar grupos muy extensos.
- pueden tener su origen en un acuerdo ya olvidado; un acuerdo no es una convención, pero puede llegar a serlo.

⁵⁶ Lewis analiza en su trabajo también una serie de diferentes términos cercanos al concepto de convención, concretamente el acuerdo, el acuerdo social, la norma, la regla, la conformidad y la imitación. La diferenciación específica entre estos términos no es sencilla, y su detallada explicación excede el margen de este trabajo.

Para mayor información, véase LEWIS 2002, pp.83-121.

- pueden tener su origen en la iteración de una acción que resultó exitoso en una situación similar anterior.

Las convenciones rigen largamente nuestra interacción con aquello que nos rodea.⁵⁷ Su validez suele limitarse a un cierto contexto, pudiendo abarcar éste desde una cultura entera hasta un reducido grupo de tan sólo dos personas. Así, la comunicación entre los individuos suele hallarse fuertemente convencionalizada, como sucede por ejemplo con los hábitos de saludo, que difieren dependiendo del contexto cultural: en Europa se dará la mano, mientras que en grandes partes de Asia se saludará con una reverencia. Pero dentro de un mismo contexto cultural, los hábitos de saludo podrán diferir entre diferentes subgrupos: Así, una pandilla podrá establecer un gesto específico como convención de saludo, cuya finalidad será la demarcación del grupo frente a su entorno.

Otras convenciones, como la dirección de la circulación, han entrado a formar parte de las normas, dado que su incumplimiento acarrea consecuencias legales. No obstante, debido a su carácter arbitrario, existen diferentes hábitos según el país: así, se circulará por la derecha en países como España, Argentina o Irán, y por la izquierda en países como Inglaterra, Tailandia o Japón.

2.3.2 Las convenciones visuales

También la comunicación visual está regida ampliamente por convenciones. Entre ellas, la dirección de lectura, que establece el orden en el que interpretamos los signos del lenguaje escrito para descodificar así el contenido que el texto transmite, es sin duda una de las más omnipresentes, con la que nos topamos a diario. Comprobemos si esta convención presenta las características típicas definidas por Lewis. Según su sistemática, deberá ser arbitraria: de hecho, la dirección de lectura

⁵⁷ La diferencia entre términos como convención, hábito, costumbre o tradición es fluyente, y no guarda relevancia para este trabajo.

lo es, pues otras orientaciones no sólo son posibles, sino que son empleadas de manera habitual en otras culturas. No se tratará por lo tanto tampoco de una necesidad, dado que las otras variantes que coexisten son igualmente eficientes. Asimismo, la dirección de lectura será una convención y no una norma, ya que está permitido escribir en cualquier sentido. No obstante, al ignorarla no se solucionará el problema de coordinación planteado (siendo éste la comunicación con los demás), por lo que todo individuo perteneciente al área cultural de la convención optará generalmente por atenerse a ella. Por último, es posible que la convención surgiera de un acuerdo, pero si éste existió, ha pasado al olvido.

Aunque hablar de convenciones resulta habitual en el contexto del diseño, no es usual que las características que las describan sean definidas de modo explícito. Por ello no sorprende que el significado que los diferentes autores atribuyan al término varíe fuertemente. A esto se añade la circunstancia que hasta el momento parece existir una única publicación dedicada íntegramente y de manera global al estudio de las convenciones visuales: la obra titulada «Shaping Information: The Rhetoric of Visual Convention» de Charles Kostelnick y Michael Hassett.⁵⁸ En ella analizan los autores la manera en la que las convenciones facilitan la orientación de los usuarios, en cuanto a reconocimiento de la función de un diseño, como en la interpretación del significado que éste comunica. Así, para que sea posible identificar a un edificio como iglesia, será necesario que su arquitecto se haya atendido a una serie de convenciones visuales que permitan al observador percibirla como tal.

Kostelnick/Hassett comprenden a las convenciones como conceptos sociales que parten de una invención específica, que es aprendida, imitada y codificada posteriormente por un determinado grupo de usuarios, pudiendo estar éste constituido por organizaciones concretas, comunidades disciplinarias o culturas enteras. El término *convención* describe en su obra a todo aquello que es repetido sistemáticamente, y que ha logrado imponerse como hábito. Puede hacer referencia tanto a un lenguaje visual (concepto que se corresponde a grandes rasgos con aquello que suele denominarse *género* o *estilo*, en el sentido de un lenguaje estético específico),

⁵⁸ KOSTELNICK/HASSETT 2003.

Existen estudios que analizan de manera específica las convenciones visuales que dominan una campo disciplinar concreto, como por ejemplo aquél de la ingeniería o la arquitectura. Véase BOOKER 1979; FERGUSON 1993; ACKERMAN 2002.

como a cada una de los hábitos gráficos que, de modo conjunto, constituyen a éste. Las convenciones (como lenguaje visual) permiten comunicar de manera eficiente y abreviada una serie de contenidos predeterminados. Por ejemplo, posibilitan la rápida identificación del material impreso al que se enfrenta el usuario (diferenciando éste fácilmente un libro de un periódico), así como su eficaz orientación dentro de susodicho documento. Las convenciones individuales (como hábitos gráficos) en los que se basa un determinado lenguaje visual no son, como cabría pensar, convenciones absolutas e inflexibles, sino que forman parte de una gama de opciones visuales entre las que el diseñador puede elegir. No obstante, el interés de los autores no se centra tanto en las diferentes convenciones individuales y su naturaleza específica, sino en la manera en la que estas convenciones actúan de manera conjunta como lenguaje visual, y en su dinámica colectiva: tanto su mutabilidad (la manera en la que éstas varían a través del tiempo, desapareciendo en determinados momentos, y volviendo a veces a reaparecer) como su recepción (el modo en el que son interpretados) por parte de sus usuarios.⁵⁹

Tal vez se debe a esto que múltiples de las convenciones que describen en su obra no cumplen con las propiedades que según Lewis caracterizan a éstas. Consideran por ejemplo el uso de un diseño corporativo en una empresa (cuando logotipo, gama de colores, tipografía y composición son empleados de manera constante) como *convención visual*.⁶⁰ Si nos atenemos a la terminología propuesta por Lewis, no se tratará entonces de una *convención*, sino de un *acuerdo*, dado que su uso generalizado parte de una decisión tomada por la dirección de la empresa.⁶¹ A su vez, puede llegar a tener carácter *normativo* para los empleados de la empresa, ya que éstos se verán obligados a atenerse a las pautas gráficas establecidas.

Igualmente poco nítida resulta la línea que separa aquello que Kostelnick/Hassett denominan *convención* de aquello que podría definirse como *necesidad perceptiva*. Así, describen el hábito de posicionar en las instrucciones de montaje a las ilustra-

⁵⁹ KOSTELNICK/HASSETT 2003, pp.6-14.

⁶⁰ KOSTELNICK/HASSETT 2003, pp.84-85.

⁶¹ De hecho, el uso coloquial del término *convención* permite esta interpretación, pues el DRAE define convención también como «ajuste y concierto entre dos o más personas o entidades». Véase www.rae.es | Consultado en línea el 01.10.11.

ciones sobre un fondo blanco como convención visual.⁶² Si la finalidad de la imagen consiste en transmitir del modo más claro posible un contenido específico (el modo de montaje) será fundamental que la visualización se estructure de tal modo que la atención del espectador se centre en los elementos esenciales. Se omitirá entonces a todo *elemento decorativo*, evitando así que entre en conflicto con los *elementos esenciales*. Si nos atenemos a la terminología de Lewis, no describiremos el fondo blanco como *convención*, ya que no es arbitrario, sino más bien como *necesidad*, dado que su aportación a la resolución del problema comunicativo es central. No obstante, es cierto que la repetición continua de este hábito representativo ha hecho que llegue a convertirse en una característica propia de una tipología visual estandarizada. Esta misma indefinición se observa cuando los autores describen como convenciones a aquello que puede considerarse como *necesidades técnicas*, que han dado origen por ejemplo a los formatos de papel estandarizados, facilitando así su uso industrial, o a las *necesidades prácticas*, que condujeron a que los grandes diccionarios se impriman habitualmente sobre papel biblia, guardando espacio y ahorrando gastos.

La distinción entre aspectos convencionales y aspectos perceptivos, ignorada por Kostelnick/Hassett, se halla en la obra de Colin Ware, quien diferencia entre *aspectos sensoriales* (aquellos que derivan su poder expresivo de su habilidad de usar la capacidad de procesamiento perceptiva del cerebro sin necesidad de aprendizaje) y *aspectos arbitrarios* o *convencionales* (que tienen que ser aprendidos, pues no tienen una base perceptiva). Mientras que la efectividad de las representaciones sensoriales se halla en su correspondencia con las fases tempranas del procesamiento neural, por lo que tienden a ser estables a través de individuos, culturas y tiempo, derivan las convenciones arbitrarias su poder de la cultura, por lo que variarán según el entorno cultural. La mayoría de las visualizaciones son según Ware híbridos, pues hacen uso de códigos tanto sensoriales como arbitrarios, como sucede con los diagramas.⁶³

No obstante, es cierto que las mismas convenciones pueden llegar a influir en la percepción. Así, nuestra dirección de lectura, una convención, ha acabado por determinar el modo en el que nos enfrentamos a una imagen en la cultura occidental. Así

⁶² KOSTELNICK/HASSETT 2003, pp.13-14.

⁶³ WARE 2004, pp.10-16; WARE 2008, p.131.

es habitual que leamos los cuadros de arriba a la izquierda hacia abajo a la derecha, repitiendo inconscientemente el movimiento visual que realizamos al leer. La percepción no se halla, por lo tanto, completamente libre de influencias culturales.

La meta de este trabajo no consiste sin embargo en definir los múltiples hábitos formales que rigen el ámbito del diseño de información. Sin duda, gran parte de sus tipologías podrían considerarse como convencionales dado su extensivo uso, por ejemplo los *árboles genealógicos* o las *gráficas de pastel*. No obstante, el término convención no se empleará aquí para describir a un determinado lenguaje visual, prefiriéndose a cambio para este propósito el término *tipología gráfica estandarizada*.

En general se empleará en este estudio el término convención de una manera un tanto más restrictiva que aquella propuesta por Kostelnick/Hassett, más próxima a la terminología de Lewis. Mientras existan diversas alternativas viables para solucionar el problema de coordinación, no se considerarán a éstas como convenciones, sino como diferentes estilos gráficos u opciones visuales. El hábito de escribir en la portada de un libro su título en mayúsculas se considerará en este trabajo como una opción gráfica y no como una convención, ya que es posible destacar el título a través de otras estrategias visuales, como por ejemplo alterando el tamaño, el color o el estilo de la letra. Cuando la desatención de una costumbre visual específica frustrare la solución del problema de coordinación, impidiendo la comprensión del contenido que la imagen transmite, y no exista una opción alternativa que resuelva el problema, se considerará a ésta como *convención*. Ejemplos de *convención visual* se consideran, entre otros, la proyección de la variable temporal sobre el eje horizontal en las gráficas cuantitativas,⁶⁴ o el significado asignado a los colores. Así, en algunas culturas se considerará el negro como color de luto, expresión de tristeza, mientras en otras cumplirá esta misma función el color blanco.⁶⁵

Las convenciones visuales se hallan fuertemente arraigadas en el contexto cultural del que proceden. Es por lo tanto muy importante que la imagen informativa las tenga en cuenta a la hora de codificar sus contenido, pues su poder excede generalmente al de un código particular establecido para una visualización específica.

⁶⁴ LIPTON 2007, p.181.

⁶⁵ WARE 2004, p.16; WARE 2008, p.84. También se encuentran algunos ejemplos que conciernen a esta temática en GAGE 1994, pp.79-91.

2.4 La interpretación asociativa

En nuestra ocupación cotidiana con las imágenes, no nos supone ninguna dificultad definir si una escena representada es triste o alegre, dependiendo, a parte del motivo de la imagen, de su colorido, su iluminación y su movimiento. Tampoco nos costará ningún esfuerzo categorizar visualizaciones no-figurativas en razón al lenguaje formal del que hagan uso. Así, describiremos una tipografía específica como elegante, o, al contrario, como dinámica y juvenil. Estas conclusiones surgen sin que exista un código explícito que se aplique a la imagen. Su proceso interpretativo es más complejo, aunque no por ello más fortuito, pues los elementos visuales han sido seleccionados de tal manera por el diseñador para que favorezcan una serie de asociaciones específicas o permitan ser atribuidas a una tipología específica con su correspondiente significado. Al estudio de estos fenómenos se dedica el presente apartado.

2.4.1 El meta-mensaje de la imagen

El *meta-mensaje* de la imagen es aquél significado que se inscribe por encima del contenido que la visualización comunica de manera explícita. Se estudiarán brevemente cuatro conceptos que resultan productivos para este propósito: el mensaje connotado, el mito, la imagen canónica y el visiotipo.

MENSAJE DENOTADO Y MENSAJE CONNOTADO

El filósofo, escritor y crítico literario francés Roland Barthes analiza en su artículo «Retórica de la imagen»⁶⁶ los diferentes mensajes que puede contener una imagen publicitaria. Su interés por este género visual específico se debe al hecho que “*en la publicidad la significación de la imagen es con toda seguridad intencional*”. El punto de partida para su estudio lo supone un anuncio para productos alimentarios de la marca Panzani, en la que una fotografía presenta una serie de artículos de susodicha marca (un paquete de pasta, una lata de salsa y una bolsita de queso rallado) entremezclados con vegetales frescos que parecen desparramarse de una bolsa de redcilla. Abajo a la izquierda se sitúa un eslogan.

Barthes distingue tres mensajes diferentes que son transmitidos por esta imagen: un mensaje lingüístico, un mensaje icónico no-codificado y un mensaje icónico codificado. El *mensaje lingüístico* es transmitido por el breve texto explicativo y las etiquetas que se hallan en la imagen. Es posible subdividirlo a su vez en un mensaje denotado y un mensaje connotado,⁶⁷ dado que, junto al contenido explícito del texto, transmite el nombre de la marca un significado suplementario que puede definirse como *italianidad*.⁶⁸ El *mensaje icónico no-codificado* lo define Barthes como la imagen denotada, dado que para su lectura se requiere básicamente la capacidad de la percepción visual. La simple identificación de los elementos reflejados por la imagen supone una interpretación literal de ésta, reconociéndose inmediatamente los diferentes objetos que componen la fotografía. Finalmente, el *mensaje icónico codificado* consiste en lo que Barthes define como el mensaje simbólico de la imagen o imagen connotada. Para su interpretación es necesario un conocimiento cultural específico, que permita descodificar los diferentes mensajes que se transmiten. Así, la publicidad de Panzani despierta intencionadamente asociaciones con una serie de

⁶⁶ BARTHES 1986, pp.29-47.

⁶⁷ En semántica, es habitual diferenciar entre el significado denotado y el significado connotado de una palabra. Mientras que el primero hace referencia al significado objetivo, neutro del término, hace el segundo alusión a los significados subjetivos, emocionales o asociativos que acompañan a ese mismo término.

⁶⁸ De hecho, resulta sorprendente que Barthes hable de un único mensaje lingüístico y no de dos (mensaje lingüístico denotado y mensaje lingüístico connotado) como lo hace al hablar de la imagen. Esta circunstancia asombra también a FORCEVILLE 1996, p.71.

significados globales, penetrados de valores eufóricos: la idea de la visita al mercado, la compra de productos frescos (en oposición a productos alimentarios procesados de modo industrial), la preparación casera de la comida, la italianidad (un concepto típico francés que se basa en una serie de estereotipos turísticos), y la asociación con un significado estético, al recordar la composición de la fotografía a los bodegones o naturalezas muertas de la pintura.

En cuanto al mensaje lingüístico, distingue Barthes dos funciones que éste podrá desempeñar en relación a la imagen. Por una parte podrá fungir el texto como *anclaje*, fijando así la fluctuante cadena de significados posibles que rodean a la imagen en razón a su carácter polisémico. En el ámbito del mensaje literal servirá a la *identificación* de los elementos visualizados, a través del uso de la nomenclatura. En el ámbito del mensaje simbólico dirigirá a cambio la *interpretación*, evitando así que el significado connotado de la imagen se adentre en regiones excesivamente individuales. Por otra parte podrá desempeñar el mensaje lingüístico una función de *relevo*, surgiendo ésta cuando el texto y la imagen se hallan en relación complementaria. Tanto la palabra como la imagen formarán entonces parte de un sintagma más general, el mensaje se originará a un nivel superior. Esta función la hallamos por ejemplo en el cómic, donde el texto complementa a aquello que la imagen describe.

La distinción precisa entre el *mensaje literal* y el *mensaje simbólico* de una imagen resulta compleja, pues ambos se perciben de manera simultánea, y se hallan entremezclados de tal modo que el primero surge como portador del segundo. Así, es imposible comprender el mensaje simbólico si no se entiende también el mensaje literal. Por otra parte, prácticamente no existe un mensaje perceptivo que no implique a su vez un cierto mensaje cultural, es decir, que se halle libre de toda connotación.

No obstante, puede definirse el *mensaje denotado* como aquél que permite reconocer lo que es representado en la escena, pues sin este nivel básico de la identificación se percibirían sólo líneas, formas y colores. El *mensaje connotado* se construye a cambio a través de códigos culturales. Las diferentes lecturas que puedan hacerse de la imagen dependerán por lo tanto de los diferentes saberes que hayan sido aplicados a ésta: un saber práctico (la bolsa de rejilla se usa para ir al mercado), nacional (los estereotipos turísticos que predominan en Francia), o cultu-

ral y estético (el conocimiento de un género pictórico denominado bodegón). El número de significados descodificados por cada espectador podrá variar en relación a los conocimientos específicos que éste posea.

El hecho que estos dos mensajes icónicos se hallen tan intrínsecamente relacionados repercute significativamente en el modo en el que el *mensaje connotado* es comprendido. La falta de código de la fotografía hace que no se conciba a ésta como *transformación*, sino como *registro*, reforzándose así el mito de lo natural en la fotografía.⁶⁹ De este modo se convierte la imagen fotográfica en prueba de existencia, de presencia. Este proceso desemboca en la legitimación del mensaje connotado: “*La imagen denotada vuelve natural al mensaje simbólico, vuelve inocente al artificio semántico [...] de la connotación; [...]: la naturaleza parece haber producido de forma espontánea la escena representada; [...].*”⁷⁰ Barthes define a esta confusión que surge entre el mensaje perceptivo y el mensaje cultural como una característica típica de las imágenes de masas.

EL MITO

En un pequeño libro titulado «Mitologías», se recogen una serie de artículos que Barthes había publicado mensualmente entre 1954 y 1956, en los que reflexionaba sobre los mitos de la vida cotidiana francesa: exposiciones, obras de teatro, imágenes publicadas en revistas, objetos como coches, o materiales como el plástico protagonizaban sus estudios. La colección de artículos venía acompañada por un texto titulado «El mito hoy», en el que Barthes definía su concepto de mito de manera más metódica, sistematizando los materiales precedentes.⁷¹

Barthes analiza en este escrito el modo en el que el mito transforma *historia* en *naturaleza*. El mito convierte una *situación concreta*, que surge dentro de un contexto histórico específico (en el que sería posible identificar a diferentes elemen-

⁶⁹ BARTHES 1986, pp.39-40, sobre las diferencias que existen entre la imagen fotográfica y el dibujo.

⁷⁰ BARTHES 1986, p.41.

⁷¹ BARTHES 1999, pp.117-152.

tos agentes, con sus respectivas intenciones y responsabilidades), en *naturaleza*, presentando la situación como dada. De este modo se fundamenta como eternidad aquello que es en realidad contingencia.⁷²

Para comprender el modo en el que el mito logra poner en marcha este proceso de legitimación, es necesario entender primero como se constituye este lenguaje. Barthes define el mito como sistema de comunicación que se superpone a otro sistema previo, funcionando sin embargo de manera independiente a éste. Cualquier medio puede ser portador de un mito. Se trata pues de un sistema semiológico secundario, ya que siempre se construye sobre un sistema semiológico preexistente, por lo que Barthes lo denomina *metalenguaje*.

Mientras que en el lenguaje objeto suele comprenderse el signo como compuesto por el significante (la expresión material o acústica del signo) y el significado (aquello a lo que el significante hace referencia a nivel semántico), se convierten el signo (como asociación de significante y significado) del lenguaje objeto en simple significante en el metalenguaje. Para evitar malentendidos decide denominar entonces al significante en el lenguaje mítico forma, y al significado concepto. Al signo como asociación de significante y significado lo denomina significación (fig. 43).

El significante del mito se presenta, por lo tanto, de forma ambigua: es sentido (pues al ser signo del lenguaje objeto ya es combinación de significante y significado) a la vez que es forma (dado que al ser significante del metalenguaje necesita de un significado para dar origen a la significación). Como Barthes dice: "*lleno de un lado, vacío del otro*".⁷³ Así, mientras que en la lengua el signo es arbitrario (salvo raras excepciones no existe una razón por la que un significante haga referencia al significado específico), la significación mítica no lo será nunca de manera absoluta, pues el significante incorpora ya un sentido procedente del lenguaje objeto, la relación entre significante y significado contendrá por ello inevitablemente una dosis de analogía.

⁷² BARTHES 1999, p.142.

⁷³ BARTHES 1999, p.123.

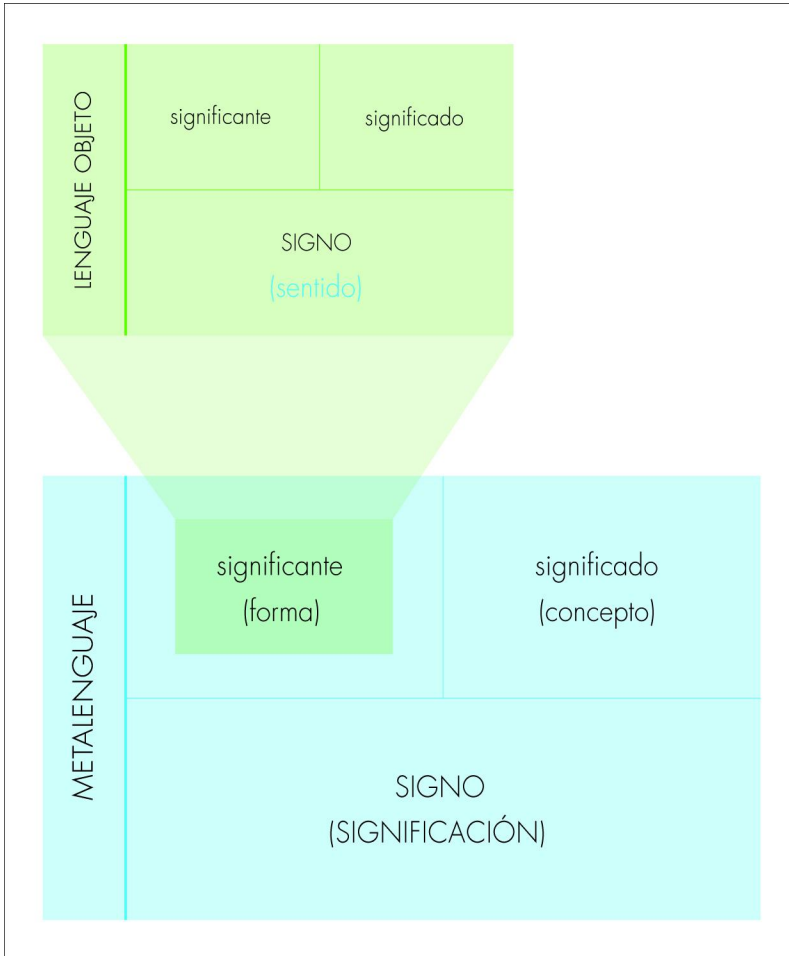


Fig. 43: Relación entre lenguaje objeto y metalenguaje según R. Barthes (Visualización adaptada por P. López)

Barthes analiza a una fotografía que aparece en la portada de la revista francesa *Paris-Match* para ejemplificar su sistemática. En ella se ve a un joven negro uniformado saludando a la bandera francesa. El *sentido* de la imagen es lo que se acaba de describir, una circunstancia concreta que muestra a una determinada persona al realizar una acción específica. La *significación* de la imagen traspasa sin embargo a este contenido. El metamensaje describe a Francia como un gran imperio, cuyos hijos, independientemente del color de su piel, sirven fielmente y con orgullo a su bandera. Se construye así a su vez un argumento eficaz en contra de los detractores del colonialismo, visto el afán del joven negro por servir a sus supuestos opresores. De este modo, en el mito, el concepto deforma el sentido; el negro es despojado de su historia, convertido en un gesto. No obstante, esta deformación no es una abolición, el negro sigue allí. El concepto tiene necesidad de él, se le ha robado la memoria, no

la existencia. Es esto lo que lleva a Barthes a afirmar: “[...] *el mito es una palabra robada y devuelta. Solamente la palabra que se restituye deja de ser la que se había hurtado: al restituirla, no se la ha colocado exactamente en su lugar.*” De este modo, surge la impresión que el signo primario (el sentido) provoca naturalmente el concepto asociado. El lector puede consumir el mito inocentemente, al no comprenderlo como sistema semiológico, sino como un sistema inductivo: “*Allí donde sólo existe una equivalencia, el lector ve una especie de proceso causal.*”⁷⁴

Aunque el mito impregna la mayoría de nuestra comunicación, existe sin embargo un lenguaje al que Barthes considera como no-mítico: el *lenguaje operatorio*. Este es el lenguaje que se emplea para interaccionar con los objetos, aquél que se halla ligado a éstos de manera transitiva. El lenguaje mítico surge sin embargo cuando no se usa el lenguaje para poner en acción a las cosas, sino a sus nombres: cuando se habla sobre algo. “*Este lenguaje segundo no es enteramente mítico, pero es el sitio exacto en el que se instala el mito; porque el mito sólo puede trabajar sobre objetos que ya han sufrido la mediación de un primer lenguaje.*”⁷⁵ El ejemplo del que se sirve Barthes para explicar el lenguaje operatorio es algo críptico, por lo que se opta aquí por presentar brevemente el ejemplo de Heinevetter/Sanchez.⁷⁶ Las autoras describen el modo en el que en Alemania el significado de *Latte Macchiato* excede de la simple definición de una bebida italiana específica. El término implica un significado mítico, convirtiéndose en expresión de una determinada actitud frente a la vida, que se caracteriza por ser más desenvuelta, relajada y placentera que la que la precedía. Un uso no-mítico del término será aquél que haga la camarera al pedir al barman que prepare un Latte Macchiato. En ese momento el término formará parte de un lenguaje puramente operatorio, en el que servirá sólo para identificar a una determinada bebida entre otras muchas.

Hemos visto en el apartado precedente como Barthes comprendía el mensaje connotado como mensaje codificado, dado que la imagen publicitaria transmite este contenido de modo intencional. También el mito es según Barthes intencional. Así pues diferencia tres posturas que pueden tomarse frente a éste: La *actitud analítica-cínica*, que es aquella adoptada por el productor de mitos, quien parte de un con-

⁷⁴ BARTHES 1999, pp.123-133.

⁷⁵ BARTHES 1999, p.143.

⁷⁶ HEINEVETTER/SANCHEZ 2008, pp.108-116.

cepto y le busca una forma específica. La *actitud analítica-desmitificante*, que es aquella del mitólogo, quien descifra el mito y lo entiende como deformación. Y, finalmente, la *actitud dinámica*, que es la postura adoptada por el lector del mito, quien lo percibe como una historia a la vez verdadera e irreal.⁷⁷

LA IMAGEN CANÓNICA Y EL VISIOTIPO

Los conceptos de *imagen canónica* y *visiotipo* no hacen referencia a la capacidad general de la que disponen las imágenes de adquirir significación mítica, sino designan a aquellos casos en los que una imagen específica, o un determinado tipo de imágenes, adquiere una significación mítica fija, por lo que se generaliza su uso para la expresión de este contenido.

El paleontólogo e historiador de la ciencia americano Stephen Jay Gould, conocido por su amplia labor de divulgación científica, estudia en su artículo «Leitern und Kegel» el modo en el que el uso de imágenes científicas estandarizadas influye y dirige no sólo la percepción de un hecho científico, sino también su posterior desarrollo. Es en este contexto donde surge la idea de *imagen canónica*, la cual es empleada por Gould para hacer referencia a aquellas imágenes que expresan contenidos normalizados, aceptados de manera generalizada, y que manifiestan así visualmente los términos claves de nuestra vida social e intelectual.⁷⁸ El “*contenido normalizado y generalmente aceptado*” que, según Gould, representan las imágenes canónicas, se corresponde con el concepto (significante) del lenguaje mitológico descrito por Barthes. La imagen propiamente dicha (el signo en el lenguaje objeto) puede variar dentro de un determinado margen, siempre y cuando esta variación no interrumpa su relación con el concepto.

Los diferentes ejemplos gráficos que Gould examina en el artículo proceden todos de su propia disciplina (la biología evolutiva). Entre ellos, se halla un análisis de los árboles que son empleados habitualmente para visualizar la diversificación

⁷⁷ BARTHES 1999, p.131.

⁷⁸ GOULD 1996, p.47.

de las especies. Gould demuestra como estas imágenes implican simultáneamente ideas como el progreso y la continuidad, aunque éstas no sean expresadas de manera explícita. Así, llega a afirmar que estas imágenes tienden a manifestar más a nuestras preferencias sociales y nuestras expectativas no formuladas, que a los resultados paleontológicos o a la teoría de Darwin.⁷⁹

La influencia que ejercen las imágenes canónicas, tan ampliamente difundidas y generalmente aceptadas, no suele percibirse conscientemente. No obstante, las implicaciones filosóficas que estas imágenes conllevan se hacen visibles cuando se crean visualizaciones alternativas, las cuales, aunque basándose en el mismo contenido original (el significado del lenguaje objeto), interrumpen la relación implícita que existía en la imagen canónica entre el sentido y el concepto.

El libro titulado «Weltmarkt der Bilder» [mercado mundial de imágenes] del filólogo alemán Uwe Pörksen está íntegramente dedicado al estudio de las imágenes canónicas. No obstante, su terminología difiere de la de Gould. Así decide denominar el autor a estas imágenes *visiotipos*, en referencia al concepto de *estereotipo*, dado que se trata de imágenes estereotipadas.⁸⁰ Su definición del término resulta algo problemática, ya que con él designa tanto a un tipo de visualización estandarizada, como lo son por ejemplo las gráficas cuantitativas en general (expresión de un determinado estilo de pensamiento, ya que significan una manera particular de acceder visualmente a la realidad) como a una imagen específica que haya adquirido vigencia global (por ejemplo la doble hélice con la que se representa el ADN).⁸¹

Pörksen propone construir una crítica de la imagen a equivalencia de la crítica lingüística ya establecida, precisando que, dado que la crítica lingüística se dedica al análisis del *uso* de la lengua, será al estudio crítico del *uso* de la imagen a lo que se dedicará su trabajo.⁸² Es por esto que su obra analiza un amplio número de imágenes, cuestionando siempre el significado o la función que éstas desempeñan, sin

⁷⁹ GOULD 1996, p.48.

⁸⁰ De hecho, considera que podrían denominarse también *ídolos visuales globales*, pero en vista a que términos como *ídolo*, *emblema*, *símbolo* o *icono* tienen una marcada significación histórica, decide favorecer el término artificial *visiotipo*. PÖRKSEN 1997, p.11.

⁸¹ PÖRKSEN 1997, p.186.

⁸² PÖRKSEN 1997, p.35.

nunca designar una intención o una responsabilidad en el acto del diseño de las visualizaciones.

La comparación que Pörksen realiza entre visiotipo y palabra le lleva a deducir que mientras que el significado de las *palabras* es plástico y flexible, pues éste se precisa al integrarse la palabra en una frase o en un determinado contexto, posee el *visiotipo* un significado aislado y estático, fijado por la convención, sin posibilidad de ser matizado dentro de una oración más compleja. Otra diferencia entre ambos conceptos la localiza en la relación que éstos establecen con el receptor. La palabra forma parte de un lenguaje del cual el receptor mismo participa, el conocimiento de su instrumental le permite reaccionar frente a ella si así lo desea. La situación en la que se halla el receptor frente a la imagen es diferente, pues no comparten un código común, lo cual sitúa a éste en una posición expuesta, dejándolo indefenso.⁸³ Esto le conduce a la conclusión que los visiotipos, rodeados por una aura de ciencia y verdad, generan una *coacción fáctica*, ejerciendo así una autoridad de difícil contestación.

No cabe duda que los ejemplos que Pörksen analiza en su libro señalan de modo ameno múltiples problemas que surgen en torno al uso generalizado de las llamadas infografías. Su amplio concepto de visiotipo, que abarca desde una imagen canónica específica hasta tipologías gráficas enteras resulta sin embargo muy problemático.

Así, estudiar el uso de las imágenes de manera independiente a la codificación visual de su contenido puede hacer sentido en cuanto al análisis de las imágenes canónicas, dado que éstas vinculan intrínsecamente una significación concreta con una forma precisa. Esto permite hablar de *usar* una imagen (preexistente, ya establecida como estándar) para transmitir un contenido fijado, ya que no es creada de modo específico para un determinado acto comunicativo. Tampoco el receptor suele descodificarla, ya que recurre, por así decirlo, a una conexión automática entre forma y significado. Resulta sin embargo algo sorprendente hablar del *uso* de una imagen cuando ésta ha sido realizada expresamente para un contexto particular. Ignorar su proceso de creación por la simple razón de que la imagen pertenezca a

⁸³ PÖRKSEN 1997, pp.159-163.

una determinada tipología dará, visto desde la perspectiva del diseño, origen a un análisis muy superficial de las visualizaciones.

El hecho de comprender a la imagen como resultado de un proceso en el que una serie de elementos básicos (como líneas, texturas o colores) son dispuestos de tal modo que retransmitan un significado específico, suele implicar el conocimiento de que este mismo significado puede ser alterado variando la organización de los elementos constituyentes. Al negar esta flexibilidad comunicativa a la imagen se la arrincona en un callejón sin salida, despojándola de su propia capacidad expresiva. Es entonces lógico considerarla como estática y aislada. Es probable que el origen de este problema resida en la comparación que Pörksen realiza entre palabra y visio-tipo. Cabe cuestionarse hasta que punto este tradicional modo de proceder resulta productivo, tratándose de dos sistemas comunicativos tan diferentes.

Pero, sin duda, el mayor problema reside en el hecho que esta actitud impide un análisis crítico tanto del contenido visualizado como del lenguaje visual empleado. Barthes determina a un *creador del mito* que dirige de manera intencionada las asociaciones despertadas por la imagen, mientras que Gould propone la creación de variantes visuales para superar a los problemas inscritos en una imagen específica. El análisis de Pörksen conduce sin embargo siempre a la crítica indiferenciada de la imagen como un todo, expandiéndose así sus conclusiones incluso a tipologías enteras. De este modo no ofrece nunca un espacio de reacción frente al problema identificado. La única salida posible parece ser prescindir completamente del uso de estas imágenes, aunque Pörksen insiste repetidamente en que no alberga intenciones iconoclastas, y que no trata de condenar a las imágenes como tal.⁸⁴ En su libro precedente, denominado «Plastikwörter. Die Sprache einer internationalen Diktatur» [Palabras de plástico: el lenguaje de una dictadura internacional], analizaba la manera en la que términos del lenguaje popular eran adquiridos y transformados por la Ciencia, que los devuelve entonces al lenguaje coloquial, canonizados y mitificados. Aunque su estudio es sin duda acertado en múltiples aspectos, es la misma falta de una salida productiva al problema descrito, la que le ha valido las críticas por “*intentar estigmatizar a un determinado vocabulario y ponerlo en una lista negra*”.⁸⁵

⁸⁴ PÖRKSEN 1997, p.32; p.35.

⁸⁵ PÖRKSEN 1997, p.35; PÖRKSEN 1988.

Pörksen tiende además a describir al receptor como indefenso y expuesto al poder de la imagen. Cabe plantearse hasta que punto esta afirmación conserva su actualidad hoy, quince años tras la publicación original del texto. La frontera que antes separaba claramente al creador de imágenes del consumidor de imágenes es cada vez más borrosa. El éxito de lo digital ha democratizado el acceso a los medios tanto en lo que a la generación de imágenes se refiere, como en cuanto a su manipulación y su distribución. Lo que antes se hallaba reservado al especialista está ahora al alcance de la mayoría de la población. De hecho, la incapacidad de respuesta frente a la imagen ha quedado sin duda superada. El comentario irónico de material visual es hoy habitual, ya sean respuestas a películas o a videoclips, que son entonces publicadas a través de internet, o en forma de creaciones personales por parte de artistas, como sucede con las *gráficas cuantitativas íntimas* de Andrew Kuo.⁸⁶ Asimismo, la creación de proyectos interactivos como ManyEyes, que ofrece herramientas para que el usuario pueda construir sus propias gráficas, ha contribuido sin duda a que la visualización de datos cuantitativos haya perdido su aura mítica de lo científico y lo irrevocable, de modo conjunto con las múltiples plataformas de discusión que han surgido en internet en torno a esta temática.⁸⁷

El receptor forma hoy parte activa no sólo del lenguaje verbal, sino también del lenguaje visual. Sin duda esto repercute en una actitud más crítica y menos desvalida frente a la imagen, dado que el consumidor podrá recurrir a su propia experiencia visual, evaluando las posibilidades de variación y estimando el modo en el que las alternativas visuales afectan al significado transmitido. Evidentemente, este desarrollo contemporáneo no protege al consumidor de manera automática de toda manipulación visual, al igual que sucede con el lenguaje verbal, deberá fomentarse siempre la actitud crítica frente al medio.

⁸⁶ <http://www.earlboykins.blogspot.com> | Consultado en línea el 1.10.11.

⁸⁷ <http://www-958.ibm.com/software/data/cognos/manyeyes> | Consultado en línea el 1.10.11.

2.4.2 La metáfora

La metáfora es una figura retórica cuyo uso constituye una de las técnicas más frecuentemente empleadas a la hora de añadir un meta-mensaje a la imagen: la metáfora. Goza de una larga tradición que se remonta a la «Poética» y la «Retórica» de Aristóteles.⁸⁸ En las últimas décadas ha gozado de gran atención a nivel académico.⁸⁹ Forceville observa sin embargo que *“Aunque existe un creciente interés por parte de los científicos cognitivos por la metáfora, se centran la gran mayoría de las publicaciones en metáforas verbales, o al menos en las manifestaciones verbales de la metáfora.”*⁹⁰ La falta de una *teoría de la metáfora visual* propiamente dicha sugiere que se estudien primero algunas de las posiciones teóricas que analizan la metáfora a nivel general. Para ello se revisarán dos estudios que presentan gran interés para este trabajo, dado que han contribuido de manera decisiva a la ampliación del concepto de metáfora por encima del ámbito estrictamente literario. Después se revisará la terminología y los conceptos de metáfora que predominan hoy en relación a lo no-verbal.

MAX BLACK: LA METÁFORA COMO INTERACCIÓN

El filósofo americano Max Black publica en 1962 una innovadora aproximación a la temática de la metáfora. En la obra titulada «Models and Metaphors: Studies in Language and Philosophy» amplía los enfoques habituales que describían a *la metáfora como sustitución* (cuando la metáfora es empleada para comunicar un significado que podría haber sido expresado literalmente; el lector tiene que invertir la sustitución).

⁸⁸ ORTONY 1979, p.3.

⁸⁹ Para una bibliografía exhaustiva de la temática, véase SHIBLES 1971, VAN NOPPEN 1985, VAN NOPPEN 1990.

⁹⁰ FORCEVILLE 1996, p.1: «Although there is an increasing interest from cognitive scientist in metaphor, the vast majority of the publications focus on verbal metaphors, or at least on verbal manifestations of metaphor.»

ción para entender la metáfora) y a *la metáfora como comparación* (cuando la metáfora consiste en la presentación de una analogía o similitud subyacente; es considerada por lo tanto como símil elíptico) con un nuevo enfoque: *la metáfora como interacción*.⁹¹ Esta perspectiva permite definir a la metáfora como una interacción entre el *sujeto primario* (aquél término que es empleado de modo literal) y el *sujeto secundario* (el término empleado de modo figurativo),⁹² en la que el sujeto secundario proyecta su *sistema de implicaciones asociadas* sobre el sujeto primario. El sistema de implicaciones asociadas está constituido según Black por el conjunto de ideas triviales ligadas a una palabra específica. Estas asociaciones no tienen por qué ser ciertas: pueden incluir imprecisiones e incluso errores. Para el funcionamiento de la metáfora sólo es relevante que puedan ser evocadas con facilidad y de modo espontáneo. Dependerán además fuertemente del contexto cultural; no obstante, el autor de la metáfora podrá crear asociaciones no-convencionales al generar un nuevo sistema de implicaciones para el término secundario, el cual deberá anteponerse a la metáfora propiamente dicha.⁹³

Al proyectar el sujeto secundario su sistema de implicaciones asociadas sobre el sujeto primario no sólo selecciona aquellos aspectos que resultan coherentes con la metáfora, suprimiendo aquellos otros que no los son, sino que además lo transforma, sacando a la luz cualidades que no se advertirían al observar el sujeto a través de otro medio. Por lo tanto, el sujeto primario es visto *a través* de la expresión metafórica. Tomemos como ejemplo una de las múltiples metáforas analizadas por Black: «El hombre es un lobo». En ella, el sujeto primario es hombre, y lobo consti-

⁹¹ BLACK 1966, pp.25-47. Black contribuyó algunos años más tarde con un artículo titulado «More about Metaphor» a la obra «Metaphor and Thought» (ORTONY 1979), con la intención de complementar su estudio anterior (BLACK 1979, p.20). En el presente trabajo se han tenido en cuenta ambos textos. En cuanto a la terminología específica se ha optado por favorecer aquella de fecha más reciente.

Para un análisis detallado de la teoría de la metáfora de Black, y de las objeciones presentadas por algunos de sus críticos, véase FORCEVILLE 1996, pp.4-36.

⁹² A lo que Black denomina *sujeto primario* se le llama también *marco* [frame] u *objetivo* [target], para aquello que designa el *sujeto secundario* se emplea asimismo el término *foco* [focus] o *f fuente* [source]. Los términos *sujeto primario* y *sujeto secundario* suponen un cambio que Black realiza en 1979 con respecto a su terminología original de 1962, donde hablaba de *sujeto principal* y *sujeto subsidiario*. BLACK 1979, p.28.

⁹³ BLACK 1966, pp.28-43.

tuye el sujeto secundario. Para entender la metáfora no es necesario disponer de un conocimiento preciso sobre la vida y los hábitos del lobo. La idea de lobo forma parte de un sistema de ideas que, sin estar delimitado claramente, permite sin embargo una detallada enumeración: el lobo es fiero, carnívoro, traicionero, alarmante, etcétera. Al denominar al hombre *lobo* se evoca el sistema de implicaciones asociadas a lobo, que se aplica entonces al término *hombre*. Con esto se dará origen a un nuevo sistema de implicaciones en torno al sujeto primario que se diferenciará notoriamente de aquello que habitualmente consideraríamos como el sistema de implicaciones asociadas a *hombre*, pues se encuentra determinado por las asociaciones con el sujeto secundario. Así, la metáfora de lobo suprimirá algunas implicaciones del término *hombre*, mientras enfatizará e incluso dará origen a otras. La metáfora organizará nuestra concepción de hombre.⁹⁴

El interés de la obra de Black reside especialmente en el hecho que logra elevar a la metáfora por encima de la simple decoración, que es el modo en el cual solía ser interpretada tradicionalmente, partiendo de la perspectiva comparativa y sustitutiva. Black fue el primero en atribuirles significado a nivel cognitivo, al tener en cuenta no sólo su aporte a nivel estético, sino también aquél que las metáforas realizan el ámbito del entendimiento, al hacernos percibir aspectos de la realidad que ellas mismas ayudan a constituir.

LAKOFF/JOHNSON: LA METÁFORA COMO MECANISMO COGNITIVO

La teoría de la metáfora de Black ha sido retomada y expandida por el lingüista George Lakoff y el filósofo Mark Johnson, quienes dieron con su ya clásica obra «Metáforas de la vida cotidiana» origen a lo que hoy se conoce con el nombre de lingüística cognitiva.⁹⁵ En ella demostraron que el uso de la metáfora no se limita al ámbito de la poética o la retórica, sino que forma parte íntegra de la lengua cotidiana. Probaron además que no se trata de un fenómeno puramente lingüístico,

⁹⁴ BLACK 1966, pp.39-41.

⁹⁵ CUENCA/HILFERTY 2007, p.98.

pues la metáfora juega un papel fundamental en la estructuración de nuestro sistema conceptual, el cual ejerce una influencia significativa en nuestro pensamiento y nuestro modo de actuar.

Nuestros conceptos son esenciales para la definición de nuestras realidades cotidianas, pues determinan tanto la manera en la que nos relacionamos con otros individuos, como el modo en el que percibimos lo que nos rodea. No obstante, es poco usual que seamos conscientes de nuestro propio sistema conceptual. Lakoff y Johnson proponen por esta razón el estudio cuidadoso de nuestro lenguaje cotidiano, al basarse éste en los mismos conceptos en los que se basa nuestro pensamiento y nuestro modo de actuar. De este modo han podido demostrar que nuestro sistema conceptual es principalmente metafórico.⁹⁶

Metáforas estructurales

Uno de los múltiples ejemplos que Lakoff/Johnson explican en el libro hace referencia al concepto *tiempo* y a la metáfora conceptual *tiempo es dinero*. Su existencia da origen a una serie de expresiones verbales según las cuales el tiempo puede ser ganado o perdido, ahorrado o derrochado, gastado o invertido. Esta metáfora, hoy tan habitual, es de fecha relativamente reciente. Las prácticas que se relacionan con ella (por ejemplo el pago de un salario determinado por hora de trabajo) han surgido con el nacimiento de las sociedades industrializadas modernas. La conceptualización del tiempo en términos de dinero no es ineludible, pues es específica de nuestro contexto cultural, en otras culturas no existe esta interrelación. Lakoff/Johnson denominan a este tipo de metáforas *metáforas estructurales*, pues en ellas se estructura un concepto metafóricamente a partir de otro.⁹⁷

La misma sistemática que permite captar un aspecto específico de un concepto (sujeto primario) a través de la imagen de otro concepto (sujeto secundario), oculta forzosamente ciertos aspectos del concepto original o primario. Así, el concepto metafórico *argumentación es guerra*, que Lakoff/Johnson explican de modo detallado en la obra, realza los aspectos bélicos de la actividad argumentativa, escondiendo sin embargo aquellas otras características con las que la metáfora no es consistente.

⁹⁶ LAKOFF/JOHNSON 2001, p.14.

⁹⁷ LAKOFF/JOHNSON 2001, pp.15-22.

Por ejemplo, el aspecto cooperativo de la argumentación, presente en el hecho que los implicados dedican parte de su esfuerzo y su valioso tiempo para alcanzar el entendimiento mutuo.

A su vez, la estructuración metafórica de conceptos es según Lakoff/Johnson siempre parcial. Cuando un concepto es aplicado a otro, permitiendo que expresiones de una determinada área sean empleadas para hablar sobre conceptos de otra área definida de modo metafórico, siempre existen unas partes del concepto secundario de las que se hacen uso y otras partes que son dejadas de lado. De hecho, si la estructuración metafórica fuese total, entonces ambos conceptos serían idénticos, y no tendría sentido emplear uno de ellos para comprender a partir de éste, al otro. El concepto metafórico *teorías son edificios*, que permite hablar del *fundamento de una teoría* o relacionar a ésta con verbos como *construir* o *derrumbar*, hace uso de ciertos aspectos del concepto *edificio*, dejando sin embargo a otros inutilizados. Así, aunque techo, habitaciones, escaleras y pasillos forman parte de lo que habitualmente se considera como edificio, no suelen ser aplicados al concepto de *teoría*. Esto no significa que estos elementos no puedan ser utilizados con este propósito, pero las frases resultantes, aunque comprensibles, no forman parte del lenguaje coloquial, sino constituirán aquello que habitualmente se denomina lenguaje de sentido figurativo o lenguaje simbólico. La frase *“su teoría está compuesta por largos y laberínticos pasillos y una infinidad de pequeñas cámaras”* es comprensible, su carácter metafórico es sin embargo evidente, ya que su uso no está convencionalizado.⁹⁸

Metáforas orientativas

Existen otras posibilidades para estructurar metafóricamente un concepto, a parte de las metáforas estructurales. Una de ellas es a través de la *metáfora orientativa*, en la que se le atribuye a un concepto una relación espacial. Esta relación no es nunca arbitraria, pues se basa tanto en nuestra experiencia física, la cual se encuentra unida indisolublemente a la constitución y el modo de funcionamiento de nuestro cuerpo, como en nuestra experiencia cultural. Un ejemplo lo plantean los conceptos atribuidos a la pareja antagónica arriba-abajo. Mientras que con *arriba* se asocian entre otros conceptos como felicidad, salud, vida, poder y virtud, se relacio-

⁹⁸ LAKOFF/JOHNSON 2001, pp.18-21, pp.59-68.

nan con *abajo* sus opuestos: tristeza, enfermedad, muerte, exposición al poder y vicio. Este enfoque se manifiesta en múltiples expresiones coloquiales: estar de subidón, caer en una depresión, estar por encima de una situación, tener a alguien bajo control, caer en la tentación, etcétera.

Lakoff/Johnson encuentran la justificación para el origen de la mayoría estas expresiones en nuestra experiencia física. Mientras que la posición erguida suele ser habitual para una persona que goza de buena salud y optimismo, suele ser la postura encorvada expresión típica de tristeza y depresión, pudiendo llegar la enfermedad a forzar al individuo a reposar en posición horizontal (abajo, en el suelo). En otras ocasiones se conectan estos conceptos físicos con interpretaciones sociales y culturales. Es este el caso, cuando se considera, por ejemplo, a la *virtud* como un valor posicionado *arriba*. Esto se hará porque *la virtud es buena*, y todo lo bueno (como salud, felicidad, poder) se sitúa arriba, por lo que se localizará a la virtud también arriba.⁹⁹

Metáforas ontológicas

La estructuración metafórica puede tener lugar también a través de lo que Lakoff/Johnson definen como *metáforas ontológicas*. Éstas se originan al trasladar nuestra experiencia con objetos concretos (en especial con nuestro propio cuerpo) a otros conceptos, permitiéndonos hablar así de una serie de hechos, actividades, emociones o ideas como si se tratara de entidades y materias. Una vez que hayamos realizado esta identificación, podremos categorizar, resumir y cuantificar y referirnos a estos fenómenos con mayor facilidad, lo cual nos permite asimismo reflexionar sobre ellos. Una práctica usual en este contexto consiste en la proyección de límites sobre conceptos que carecen de una delimitación física real. Esto nos permite referirnos a ellos como si fueran entidades independientes. Tanto monte como vecindad pertenecen a esta categoría. En estrecha relación con este fenómeno se encuentra la identificación de conceptos con recipientes: Al percibirnos a nosotros mismos como seres delimitados a través de la superficie de la piel del resto del mundo, interpretamos a nuestro cuerpo como un recipiente con una clara diferenciación entre el dentro y el fuera. La proyección de esta orientación dentro–fuera

⁹⁹ LAKOFF/JOHNSON 2001, pp.22-30.

sobre diversos conceptos da lugar a expresiones como *salir del agua* o *entrar en una discusión*. Al asociar conceptos con entidades físicas es asimismo posible proyectar características inherentes a la materia sobre el concepto en cuestión. Este fenómeno permite hablar del *alma* como si se tratara de un *objeto frágil*. Finalmente, son también metáforas ontológicas aquellas en las que se especifica un concepto a través de la prosopopeya, es decir, atribuyendo a un concepto u objeto físico características humanas. Esta estrategia nos ofrece una herramienta para comprender multitud de nuestras experiencias con entidades no-personificadas, al poder asociarlas así a motivaciones, características o actividades típicamente humanas. Expresiones como “*su teoría explica el comportamiento de las ballenas en cautiverio*” o “*la inflación nos arrinconan*” forman parte de este grupo.¹⁰⁰

La teoría de Lakoff/Johnson considera a la metáfora no sólo como figura literaria, sino como mecanismo cognitivo empleado para procesar información abstracta a partir de conceptos más simples, concretos y familiares. Al liberarla de este modo de su tradicional asociación con el lenguaje, permiten reconocer a la metáfora en toda expresión del pensamiento humano, así también en el ámbito de lo visual.

FORCEVILLE: LA METÁFORA PICTÓRICA

La aplicación del concepto de metáfora a fenómenos no-verbales no es novedosa.¹⁰¹ No obstante, su estudio sistemático ha surgido tan sólo en las últimas décadas, basándose, sobre todo, en los conceptos iniciados por Black y desarrollados posteriormente por Lakoff/Johnson. Aun así, si se compara con el número de investigaciones que son realizadas en el campo de la metáfora literaria o la metáfora cognitiva, sigue siendo una minoría de la comunidad científica la que se dedica a su

¹⁰⁰ LAKOFF/JOHNSON 2001, pp.35-70.

¹⁰¹ WHITTOCK 1990, p.2, cita un texto de 1936 en el que un tal W. Bedell Stanford se muestra indignado por el uso "indebido" del término metáfora. Al describir un crítico de cine en la revista «The Spectator» una escena específica como metáfora visual, se opone Stanford vehementemente a este empleo del término, alegando que metáfora no debe ser utilizado para transferencias no-verbales, sino que en tal caso deberá hablarse de simbolismo.

estudio. Una de las obras más sistemáticas en cuanto a la identificación e interpretación de metáforas visuales es aquella de Charles Forceville, titulada «Pictorial Metaphor in Advertising», dedicada a las metáforas en la publicidad.

La razón por la que Forceville elige a las imágenes publicitarias como objeto de estudio es básicamente la misma que, treinta y cinco años antes, llevó a Barthes a analizar el anuncio de Panzani: la certeza acerca de la intencionalidad del significado que la imagen retransmite. En el proceso de creación del anuncio publicitario está implicado todo un equipo de expertos (compuesto por el jefe de ventas, el redactor publicitario, el director artístico y el cliente de la agencia publicitaria, entre otros), cuya meta consiste en lograr comunicar un determinado mensaje a su público objetivo, con el fin de estimular el interés por el producto anunciado e incrementar de este modo las ventas. El uso de la metáfora presenta gran utilidad con respecto a este propósito, pues permite conectar el sistema de implicaciones asociadas de un sujeto ya conocido con el producto cuya venta desea fomentarse. Además, al presentarse de este modo un objeto o concepto fuera de su contexto habitual, se dará origen a un momento de sorpresa, que atraerá la atención del consumidor en potencia.¹⁰²

Forceville propone con su trabajo un marco para el análisis de metáforas en la publicidad, realizando de este modo una significativa contribución a la teoría de la metáfora pictórica. Tras el estudio detallado de diferentes libros y artículos que preceden al suyo propio (la mayoría de ellos dedicados a las metáforas en el Arte) identifica una serie de problemas que habitualmente dificultan el establecimiento de un modelo teórico satisfactorio en cuanto a la metáfora pictórica. La comprensión de esta problemática le lleva a organizar su propia sistemática de análisis en torno a tres cuestiones básicas: La identificación de los dos términos de la metáfora, la especificación de la función que desempeñan éstos (sujeto primario o secundario), y la descripción de los aspectos del dominio del sujeto secundario que son proyectados sobre el sujeto primario.¹⁰³

Forceville realza además la importancia que el contexto juega a la hora de interpretar las metáforas pictóricas, diferenciando entre *contexto interno* y *contexto externo*.

¹⁰² FORCEVILLE 1996, pp.67-69, pp.98-99.

¹⁰³ FORCEVILLE 1996, p.108.

El *contexto interno* describe por una parte la relación que se establece en el anuncio publicitario entre los elementos pictóricos y el texto acompañante (para ello hace uso de la terminología de Barthes en cuanto a anclaje y relevo). Por otra parte hace alusión a la relación que los diferentes elementos pictóricos presentan entre sí. El *contexto externo* lo divide a su vez en el *entorno físico* en el que se encuentra integrada la imagen y en el *contexto cultural* (o la subcultura específica) en el que ha sido concebida la imagen o al que va destinada.¹⁰⁴ También la identificación tanto del *comunicador* como del *destinatario* del anuncio la considera fundamental para un análisis productivo.

Antes de proceder al análisis de las metáforas pictóricas será sin embargo necesario determinar si dicha representación pictórica puede ser considerada como metafórica. Según Forceville será éste el caso cuando la lectura literal o convencional sea percibida como incompleta o anómala.

Tras establecer su sistemática, pasa a aplicar ésta al estudio de un gran número de anuncios. Esto le lleva a diferenciar entre cuatro tipos de metáforas pictóricas.¹⁰⁵ Al primer grupo pertenecen aquellas metáforas pictóricas que visualizan sólo a uno de los dos términos metafóricos, y en las que el contexto permite comprender la sustitución. Así, un anuncio para neumáticos que muestra la imagen de un coche en el cual las ruedas han sido sustituidas por salvavidas pertenecerá a esta categoría. La metáfora *los neumáticos son salvavidas* es comprensible sin que el sujeto primario (los neumáticos) esté presente visualmente, aunque sí se halle presente indirectamente a nivel textual, pues aparece el logotipo de la marca anunciante. El segundo grupo está constituido por aquellas metáforas pictóricas que visualizan simultáneamente a los dos sujetos metafóricos, dando generalmente origen a un híbrido que presenta características propias de ambos términos. Un anuncio que muestra una vela encendida, cuya forma, colorido y dibujo se corresponde con el planeta Tierra, pertenecerá a este grupo. El texto acompañante, cuyo título dice: *“Extraemos energía*

¹⁰⁴ EL REFAIE, 2009, demuestra de modo convincente la manera en la que el contexto sociocultural del que proceden los lectores influye en la comprensión de las metáforas. Para ello ha estudiado el grado de comprensión que un público multicultural presentaba frente a la interpretación de las metáforas de las que hacían uso una serie de viñetas políticas. Otros autores que destacan el significado del contexto cultural para la interpretación de metáforas son WHITTOCK 1990 y KENNEDY 1982.

¹⁰⁵ FORCEVILLE 1996, pp.109-162.

de la Tierra como si fuera inagotable", permite deducir que el sujeto primario es *Tierra* y el secundario es *vela*, siendo en este caso la preposición *"provee una cantidad de energía limitada"* la idea del dominio del concepto *vela* la que se aplica a *Tierra*. El tercer grupo lo constituyen los símiles pictóricos, en los que la yuxtaposición de los dos términos permite que se proyecten ciertas características del sujeto secundario sobre el sujeto primario. Así, un anuncio para una marca de ropa deportiva posiciona paralelamente el cuerpo de una nadadora, vestida con un bañador de susodicha marca, con un delfín. La similitud que es creada a nivel formal permite atribuir las cualidades asociadas al concepto de delfín al bañador, y por extensión, a la marca anunciada. El cuarto y último grupo está constituido por las metáforas verbo-pictóricas, aquellas en las que sólo uno de los dos términos es visualizado gráficamente, mientras que el otro es expresado a través del texto.¹⁰⁶ A este grupo pertenece un anuncio en el que se muestra una botella de aceite de motor cabeza abajo, de la que fluye un hilo de brillante aceite. La metáfora *"el aceite de motor de la marca x es un suero intravenoso"* surge tan sólo a partir del texto que acompaña a la imagen, y que dice: *"cuidado intensivo"*.

Aunque tanto la sistemática que propone Forceville para el análisis de las metáforas pictóricas, como las tipologías que establece a partir del material visionado, demuestran ser extraordinariamente productivas para el estudio de las imágenes publicitarias, presentan sin duda ciertas dificultades cuando intentan aplicarse a los diagramas cualitativos. No obstante, la cuidadosa descripción de las diferentes particularidades que rodean a la metáfora en uno y otro ámbito gráfico nos permitirá precisar el concepto de metáfora visual empleado en este trabajo.

¹⁰⁶ Forceville expande esta idea en un artículo posterior, en el que presenta su concepto de "metáfora multimodal". Con este nombre designa a aquellas metáforas en las que el sujeto primario y el sujeto secundario no pertenecen al mismo modo, es decir, en el que ambos corresponden a diferentes sistemas de signos. Así, un término secundario acústico puede transformar metafóricamente a un término primario visual. Véase FORCEVILLE/URIOS-APARISI 2009, pp.19-42.

LA METÁFORA EN LA INFORMÁTICA

En la informática, como en tantas otras ramas de la Ciencia, abunda el uso del lenguaje metafórico.¹⁰⁷ Así, es habitual hablar de ratones, escritorios, ventanas, papeleras, virus, redes o memoria, aunque evidentemente ninguno de estos términos hace referencia a su significado literal. Las metáforas verbales aparecen con frecuencia en torno a descubrimientos e innovaciones, conectándose los nuevos conceptos por el principio de similitud o analogía con el vocabulario establecido. Su uso habitual acabará convirtiéndolas en metáforas muertas, al olvidar la conciencia lingüística de los hablantes el significado original del sujeto secundario, o bien cuando se acaba por entender a los dos significados como un caso de polisemia.¹⁰⁸

No obstante, el uso de metáforas en la informática no se limita al ámbito de lo verbal. La metáfora más famosa es sin duda la llamada metáfora de escritorio, en la que una serie de iconos que representan a objetos que habitualmente nos rodean en nuestro lugar de trabajo (documentos, carpetas, papeleras, etcétera), disfrazan por así decirlo al sistema de archivos jerárquico, basado en ficheros y directorios, propio del sistema operativo. La metáfora de escritorio formaba parte de uno de los primeros interfaces gráficos que a finales de los años setenta del pasado siglo sustituyó a la entonces habitual interfaz de línea de comandos.¹⁰⁹

Sin duda el término metáfora está muy expandido en el contexto de la informática, prácticamente todos los libros dedicados a la temática las mencionan en algún momento. Pero no parece existir ningún trabajo de carácter más teórico que precise el significado y el uso el término, que elabore una tipología detallada y que establezca una sistemática para su estudio, como sucede con la metáfora lingüística o la

¹⁰⁷ KUHN 1987, pp.111, llega a la conclusión que la ciencia no es pensable sin metáforas.

Para el significado de las metáforas en la ciencia véase también KUHN 1979, BRANDT 2004, NIERAAD 1977.

¹⁰⁸ CHAMIZO DOMÍNGUEZ 2005. Ejemplos de metáforas muertas son términos como "rascacielos" o "célula".

¹⁰⁹ Un interfaz gráfico, también denominado GUI (Graphical User Interface) es un programa informático que hace uso de un conjunto de elementos visuales para representar las acciones disponibles en la interfaz, facilitando así la comunicación del usuario con el sistema operativo del ordenador. Para una descripción detallada de origen de la metáfora de escritorio y el interfaz gráfico véase MOGGRIDGE 2007.

metáfora pictórica. Esto conduce a una situación un tanto complicada, en la que coexisten nombres y conceptos que son, al menos en parte, contradictorios.

Es frecuente encontrar el término *metáfora visual* como expresión genérica para hacer alusión de modo indiferenciado a las metáforas en la informática. Juan Carlos Dürsteler define en su revista digital a la metáfora visual como “*la representación de un sistema mediante atributos visuales propios de un sistema diferente que ya es familiar al usuario y que se comporta de una manera análoga*”.¹¹⁰ Morville y Rosenfeld distinguen a cambio tres tipos diferentes de metáfora que pueden ser aplicadas al diseño de páginas web (de hecho dicen, que existen otros muchos tipos, a los que sin embargo no mencionan en la obra). Las *metáforas organizativas* son aquellas que hacen uso de sistemas organizativos familiares para facilitar una rápida comprensión de la organización de un nuevo sistema. Las *metáforas funcionales* asocian los modos de interacción a los que estamos habituados de los entornos tradicionales con los nuevos entornos. Finalmente, las *metáforas visuales* crean conexiones entre elementos gráficos familiares, como los son imágenes o codificaciones de color específicas, con elementos novedosos.¹¹¹ Arndt precisa a esta clasificación y diferencia a seis tipos de metáfora de las que pueden hacerse uso a la hora de diseñar aplicaciones interactivas: metáforas estructurales, visuales, verbales, auditivas, de interacción y táctiles. A su vez distingue a las metáforas según su función: así, la *metáfora de sistema* es la metáfora conceptual central que organiza una aplicación entera. Dentro de ésta podrán identificarse múltiples metáforas individuales, que a su vez podrán ser consistentes con la metáfora de sistema (metáforas individuales integrantes) o no (metáforas individuales autárquicas).¹¹² Los diferentes tipos de metáfora no parecen excluirse mutuamente, dado que generalmente aparecen de modo combinado. Así la metáfora de escritorio (una metáfora de sistema) abarca aspectos estructurales (el archivo de los documentos en una carpeta), visuales (los iconos que representan carpetas, impresoras, etcétera), de interacción (se pueden mover los documentos libremente sobre el escritorio), auditivos (el ruido que hace la papelera cuando es vaciada), etcétera.

¹¹⁰ <http://www.infovis.net/printMag.php?num=91&lang=1> | Consultado en línea 1.10.11.

¹¹¹ MORVILLE/ROSENFELD 2007, pp.273-275.

¹¹² ARNDT 2006, pp.26-31.

La utilidad de las metáforas a la hora de dirigir la interacción entre usuarios y máquina suele ser generalmente aceptada. Una visión crítica de la temática la propone Alan Cooper,¹¹³ quien considera que su uso no sólo es frecuentemente ineficaz, sino incluso perjudicial, dado que vincula innecesariamente el interfaz a los procesos del mundo físico. Cooper distingue tres paradigmas que dominan el diseño tanto conceptual como visual de los interfaces. Éstos podrán ser *tecnológicos* (aque- llos interfaces centrados en la implementación, que exigen que el usuario comprenda el funcionamiento de aquello con lo que interacciona), *metafóricos* (basa- dos en una analogía, funcionan a partir de las relaciones intuitivas que el usuario establece entre los indicios visuales de un interfaz y sus funciones) o *idiomáticos* (basados en el aprendizaje, no exigen conocimientos previos ni la constitución de asociaciones). Es a esta última tipología a la que Cooper considera como la más fruc- tífica, dado que, libre de las asociaciones originadas en un determinado contexto sociocultural y exenta de las limitaciones dadas por una analogía con un objeto real, se basan en la capacidad de aprendizaje que poseen los seres humanos.

La crítica que Cooper ofrece en su texto parece radicar en su comprensión parti- cular del concepto de metáfora. En comparación con las otras definiciones, es éste bastante restringido, pues las limita al ámbito de lo visual. Al describir a las metáfo- ras como imágenes que representan la finalidad o los atributos de una cosa, atribuye a la mayor parte de los controles de un interfaz gráfico (por ejemplo ventanas, menús o barras de desplazamiento) al paradigma idiomáticos, al no poseer éstos un modelo físico al que imitan.¹¹⁴

¹¹³ COOPER/REIMANN/CRONIN 2010, pp.259-268.

El capítulo al que se hace referencia aquí se basa en un texto publicado por Alan Cooper en 1995 en la revista "Visual Basic Programmer's Journal" con el título "The Myth of Metaphor".

¹¹⁴ COOPER/REIMANN/CRONIN 2010, p.262.

2.4.3 Discusión terminológica

No cabe duda que la distinción propuesta por Barthes entre el mensaje denotado y el mensaje connotado de la imagen publicitaria resulta también interesante para el análisis de diagramas cualitativos. Surgen sin embargo una serie de diferencias entre ambas tipologías que deberán ser tenidas en cuenta.

La diferencia más marcada se halla en el hecho que los diagramas, al contrario de las fotografías, no son nunca figurativos, pues no representan una realidad externa que pueda ser percibida visualmente. Resultará por lo tanto imposible traducir al medio gráfico los procesos o relaciones que vinculan a una serie de elementos independientes sin hacer uso de un código que fije la correspondencia entre lo abstracto y lo concreto. La diferenciación que Barthes propone entre mensaje icónico codificado y mensaje icónico no-codificado resulta un tanto desconcertante si se aplica al tipo de imágenes estudiadas en este trabajo, ya que en éstas no existirá nunca una imagen pura, que se sitúe al principio del proceso interpretativo. De hecho, es probable que esta circunstancia se halle al origen de la idea de Bertin de considerar a la gráfica como sistema monosémico.

No obstante, aunque no exista en este contexto una imagen libre de código, sí será posible distinguir en los diagramas cualitativos entre mensaje denotado y mensaje connotado. Así, se considerará en este estudio como *mensaje literal* o *mensaje denotado* a aquél contenido que se halla codificado de manera explícita en la imagen informativa, ya sea a través de la localización espacial de sus elementos o a través del uso de las variables de color-textura. Como *mensaje simbólico* o *mensaje connotado* se comprenderá entonces a aquellos significados que acompañan a la imagen sin que haya sido establecido un código manifiesto que los regule. Desde esta perspectiva surge en consecuencia el diagrama cualitativo como imagen que consta de dos niveles de codificación superpuestos: un primer nivel básico, compuesto por un código visual explícito, y un segundo nivel constituido por un código cultural implícito.

De hecho, la idea de *mensaje icónico connotado* se corresponde ampliamente con el concepto de *mito* del mismo autor. Al definir al mito como un metalenguaje que se inscribe sobre un sistema semiológico ya establecido, funcionando sin embargo

de manera independiente a éste, deduce Barthes que cualquier medio puede ser portador de un mito, a excepción del lenguaje operatorio, como hemos visto más arriba. Por lo tanto, también las imágenes estudiadas en este trabajo podrán poseer un mensaje connotado, siempre y cuando el uso de la visualización no sea puramente operatorio.

Se han visto a inicios de este capítulo las posibilidades de las que dispone el diseñador a la hora de codificar visualmente el contenido de un diagrama. Definir a cambio los métodos empleados para generar el mensaje simbólico en la imagen informativa resulta bastante más complejo, pues el hecho que este significado no sea expresado de manera abierta dificulta sin duda la identificación de los procedimientos empleados. Surge en relación a este fenómeno la pregunta sobre la *intencionalidad* del mensaje connotado, pues, en oposición a lo que sucede con la imagen publicitaria, suele considerarse generalmente a esta tipología gráfica como *monosémica*, presuntamente libre de toda intención manipuladora.

La *imagen canónica* o *visiotipo* presenta un interés limitado para este trabajo, dado que hace referencia a aquellas imágenes en las que la forma y el significado constituyen conjuntamente una unidad compacta. Este estudio se centra sin embargo en el análisis detallado del modo en el que se constituye la significación específica de una visualización. Es por ello escasa la atención que se prestará a las repeticiones estandarizadas de una imagen concreta, prefiriéndose a cambio la evaluación del significado que poseen las múltiples variantes visuales que pueden crearse a partir de un único concepto. No obstante, cuando se considere necesario, se hará uso del término *visiotipo* para hacer referencia a este género de imágenes. Se ha optado por favorecer a esta expresión frente a *imagen canónica* por su pregnancia, y porque resulta menos ambigua. No obstante, se empleará únicamente con el significado más restringido de los dos establecidos por Pörksen, es decir, designándolo a las imágenes específicas que han adquirido una vigencia global, y no a tipologías visuales enteras.

También la terminología referente a la *metáfora* presenta ciertas dificultades al tratar de aplicarse directamente a las imágenes estudiadas en este trabajo.

La teoría de la interacción de Black ofrece gran interés, dado que proporciona una serie de herramientas teóricas para analizar de modo preciso aquello que sucede cuando dos conceptos son conectados a través de una metáfora. Tanto a la hora de identificar al *sujeto primario y secundario*, como al determinar el *sistema de implicaciones asociadas* resulta fructífero para el estudio de las metáforas visuales, permitiendo especificar los aspectos que son proyectados sobre el término primario, y definir en consecuencia el modo en el que éste es transformado.

Igualmente productiva resulta la teoría de Lakoff/Johnson, quienes localizan a la metáfora en el ámbito de lo cognitivo. Al describirla como mecanismo que permite percibir a un concepto en términos de otro concepto más familiar o concreto, permiten hallarla no sólo en las expresiones verbales, sino también en las expresiones visuales, que manifiestan igualmente el sistema conceptual humano.

El marco propuesto por Forceville para el estudio de las metáforas pictóricas resulta también muy útil para este trabajo. No obstante, las particularidades de las tipologías gráficas *publicidad y diagrama cualitativo*, dan origen a diversos problemas que exigen que se precise el concepto de *metáfora visual* que se empleará en este proyecto.

La primera dificultad a la que nos enfrentamos reside en el hecho que todas las imágenes estudiadas por Forceville son figurativas. Los elementos representados en los anuncios (en su mayoría fotografías o fotomontajes, a excepción de algunas ilustraciones tipo cómic) poseen una relación inequívoca con la realidad visual que nos rodea. Forceville establece en consecuencia que para identificar a una metáfora pictórica como tal será necesario que la *lectura literal o convencional* de la imagen no sea percibida como exhaustiva, sino como *anómala o incompleta*.¹¹⁵

Los diagramas cualitativos presentan una situación completamente diferente, pues no visualizan a objetos concretos, sino a relaciones y desarrollos temporales, es decir, a circunstancias que son abstractas y que no poseen una visibilidad directa. Por lo tanto, el sujeto primario de la metáfora, cuando ésta surja en un diagrama, será siempre un concepto abstracto, y nunca de carácter figurativo. Esto plantea por

¹¹⁵ FORCEVILLE 1996, p.64.

su parte la cuestión si la visualización de un concepto abstracto no es ya por sí misma una metáfora. Con ella se conecta una *imagen específica*, la cual, por muy abstracta que sea, siempre presentará determinadas características formales y espaciales, a un *concepto* que no puede, por su propia naturaleza, poseer estas características. Así se proyectarán ciertas cualidades propias de la imagen (sujeto secundario) sobre el concepto abstracto (sujeto primario), uniéndolos de manera íntima e incondicional, reproduciendo de este modo la interacción típica que caracteriza según Black a las metáforas. No obstante, resulta difícil definir si esta imagen cumple la condición requerida por Forceville para poder ser considerada como metáfora pictórica, pues determinar si la lectura literal de un diagrama cualitativo abstracto (que no haga uso de elementos figurativos) es anómala o no, resulta complicado, al no apoyarse la visualización en la correspondencia visual con un objeto familiar.

Existen sin embargo ocasiones en las que el carácter metafórico de un diagrama cualitativo es indiscutible. Un ejemplo clásico lo constituyen aquellos árboles genealógicos en los que sobre la imagen figurativa de un árbol, con tronco, ramas y follaje, colores y texturas se inscribe la genealogía de una familia (fig. 73). La metáfora expresada por esta visualización es evidente: "*la genealogía es un árbol*", donde el sujeto primario es un concepto abstracto (genealogía) y el sujeto secundario es una imagen figurativa (árbol). En este caso se cumplirá la condición establecida por Forceville para la identificación de metáforas pictóricas, ya que la lectura literal es percibida sin duda como anómala, pues es obvio que los descendientes de un determinado progenitor no anidan realmente en las ramas de un árbol, ni que de sus pechos surjan ramas que porten a sus hijos y nietos.

Otro tema que presenta cierta dificultad en relación a los diagramas cualitativos es el de la *intencionalidad*. Tanto Barthes como Forceville deciden analizar en sus trabajos a anuncios publicitarios, pues ambos buscan la certeza acerca de que el significado comunicado por la imagen sea intencionado. En las visualizaciones informativas resulta sin embargo muy difícil definir si el contenido que no es transmitido a través de códigos explícitos es intencional o no. Únicamente en aquellos casos en los que la imagen incluye a una metáfora figurativa (como sucede con el mencionado árbol genealógico) puede establecerse con seguridad que la *interacción* entre el concepto visualizado y el sistema de implicaciones asociadas a la imagen es

deliberada, ya que los elementos decorativos que la evocan no desempeñan ninguna función dentro del código. Su presencia no es necesaria, sino voluntaria, por lo que puede afirmarse que el nexo generado es intencional.

Para poder diferenciar de manera precisa a los dos tipos de interacción que, como hemos visto, surgen en el contexto de los diagramas cualitativos, se ha optado en este trabajo por aplicar el término *metáfora visual* únicamente a aquellas situaciones en las que la visualización, haciendo uso de una serie de elementos ilustrativos, da origen a una imagen figurativa, que permite identificar de un modo inmediato e inequívoco al sujeto secundario por la similitud visual que presenta con éste. Las *metáforas visuales* serán por lo tanto siempre intencionales, y la interpretación literal del significado de la imagen resultará en consecuencia siempre anómala.¹¹⁶

Se ha optado a cambio por denominar *asociaciones metafóricas* a aquellas interacciones que surgen en los diagramas cualitativos entre el concepto visualizado y la visualización abstracta, exenta de elementos figurativos, del concepto que es traducido gráficamente. Al contrario de lo observado en las metáforas visuales, no podrá definirse con seguridad si las asociaciones generadas son intencionales, ni si la lectura literal es anómala o no.¹¹⁷

Resulta fructífero subdividir a su vez a las asociaciones metafóricas en dos grupos, siguiendo el ejemplo de las especificaciones habituales en el ámbito de las metáforas en informática. Se diferenciarán en este trabajo las *asociaciones metafóricas estructurales* de las *asociaciones metafóricas formales*. Las *asociaciones metafóricas estructurales* designan a aquellas asociaciones que surgen tanto a partir de la estructura visualizada como de la organización espacial de ésta. La estructura se halla generalmente determinada por los datos en los que se base la visualización, de modo que para alcanzar otra estructura será necesario o bien hacer uso de diferentes criterios a la hora de filtrar los datos disponibles, o bien utilizar a un set de datos alternativo

¹¹⁶ Se ha favorecido el término *metáfora visual* frente a aquél de *metáfora pictórica* por ser más habitual en el contexto del diseño gráfico, probablemente por no insinuar una vinculación a una técnica artística específica.

¹¹⁷ WHITTOCK 1990, p.50, citado por FORCEVILLE 1996, p.63. El concepto de "asociación metafórica" aquí expuesto presenta en cierta forma similitud con aquello que Whittock denomina "metáforas no-acentuadas o subliminales": en la interpretación de Forceville designan éstas a los fenómenos cinematográficos que no imponen al espectador una lectura metafórica, aunque sí la posibilitan.

que represente a otra hipótesis. La ordenación espacial de las relaciones visualizadas dependerá por su parte del modo en el que se haya codificado el espacio de la imagen. Las *asociaciones metafóricas formales* designan a aquellas asociaciones que parten de la traducción gráfica del contenido, dependiendo por lo tanto del lenguaje formal, del colorido y de las texturas elegidas.

Suele ser habitual hablar de *árboles*, *mapas* o *escaleras* a la hora de describir a las estructuras abstractas que surgen en los diagramas cualitativos, aunque éstos no hagan uso de elementos ilustrativos que subrayen de manera explícita la conexión. La metáfora no surge entonces sólo a nivel visual, sino que además es enfatizada a nivel verbal, al establecerse una interacción intencionada entre la estructura y el significado del nombre que le es atribuido. Resulta sin embargo interesante observar como estos términos, tan frecuentemente empleados, no se hallan definidos de manera precisa.

Se ha mencionado que la clasificación de metáforas habitual en la informática resulta productiva para este trabajo, dado que nos permite diferenciar entre *metáfora estructural* y *metáfora visual*. No obstante, el concepto de metáfora que encontramos en este contexto disciplinario difiere bastante de aquello que habitualmente se define como tal. En otros ámbitos conecta la metáfora a dos términos ya establecidos (por ejemplo, *hombre y lobo*) a través de una relación atípica. La analogía que vincula a los conceptos no es obligada, sino que es creada por la metáfora, pues sería posible organizar el sujeto primario a partir de otra idea. En la informática suele comprenderse el término *metáfora* con una definición más amplia, basada habitualmente en la teoría de Lakoff/Johnson, quienes declaraban: “*la esencia de la metáfora consiste en comprender y experimentar un tipo de cosa en términos de otra*”.¹¹⁸ Esta descripción permite concebir al diseño de algo novedoso basándose en experiencias ya conocidas como un proceso metafórico. No obstante, la tensión que se observaba entre los dos términos en la interpretación más restringida de metáfora desaparece entonces, al convertirse en cierto modo el sujeto primario en una *imitación* del sujeto secundario.¹¹⁹ Gran parte de las metáforas informáticas descritas en las obras de

¹¹⁸ LAKOFF/JOHNSON 2001, p.13. Es una de las obras más citadas en este contexto: MORVILLE/ROSENFELD 2007, p.273 y ARNDT 2006, pp.24-25, entre otros.

¹¹⁹ BRANDT 2004, p.33, llega al punto de afirmar que Lakoff/Johnson han disuelto el concepto de metáfora.

Morville/Rosenfeld y Arndt se consideran por lo tanto en el contexto de este trabajo como una simple incorporación y aplicación de sistemáticas, tipologías y convenciones preestablecidas a una nueva aplicación. Así, Morville/Rosenfeld describen como ejemplo de metáfora visual a una página web la cual, dedicada a ofrecer un directorio de empresas en línea, hace uso del amarillo como color de fondo para conectar la nueva aplicación interactiva con la tradicional publicación de las páginas amarillas. Desde nuestra perspectiva se trataría aquí más bien de un caso de *convención visual* aplicada a un nuevo contexto gráfico.¹²⁰

Se ha indicado ya más arriba lo complicado que se presenta el análisis de los significados que una imagen comunica de manera asociativa, no sólo porque éstos no son expresados de manera explícita, sino porque su interpretación variará dependiendo de los contextos culturales, sociales e incluso personales de los que proceda el observador.¹²¹ Es por ello que Colin Ware propone el uso de metodologías procedentes de las ciencias sociales para este propósito. No obstante, el mismo proceso de trasladar un fenómeno que tiene lugar a nivel visual y cognitivo al ámbito de lo verbal resulta extremadamente problemático.¹²²

Hasta aquí se ha tematizado el análisis de los significados connotados de la imagen. No obstante, para este trabajo no sólo resulta de gran interés estudiar el poder que poseen las asociaciones, sino también prestar atención a su omnipresencia. Todo apunta a que resulta imposible diseñar imágenes libres de toda connotación, pues estamos habituados a interpretar de modo asociativo las más mínimas expresiones visuales. A esto se añade que toda visualización será siempre fruto de una situación histórica específica y pertenecerá a un determinado contexto cultural, y, aunque se halle libre de toda intención manipuladora, reflejará inevitablemente la ideología del momento en el que nace. Como dice Colin Ware: *“Culturally embedded aspects of visualizations persist because they have become embedded in ways in which we think about problems.”*¹²³

¹²⁰ MORVILLE/ROSENFELD 2007, p.274.

¹²¹ WARE 2008, p.124; BARTHES 1986, pp.42-43.

¹²² WHITTOCK 1990, p.49, BARTHES 1986, pp.43-44.

¹²³ WARE 2004, p.16.

2.5 Análisis de casos ejemplares

Se analizan a continuación una serie de visualizaciones, con el fin de identificar los diversos conflictos que aparecen cuando el contenido transmitido por el código gráfico no se corresponde con la lectura que sugiere la interpretación perceptiva, convencional o asociativa del diagrama.

Para ello se yuxtaponen a las imágenes seleccionadas una serie de variantes visuales. Éstas han sido diseñadas específicamente para que, a través de métodos comparativos, pueda distinguirse la manera en la que alteraciones en la organización espacial, o en el lenguaje formal, repercuten en el modo en el que el mensaje transmitido por la visualización es interpretado. Esta metodología se corresponde con las técnicas experimentales empleadas habitualmente en el diseño, explicadas con anterioridad.

2.5.1 Perspectiva informativa y contexto

Se ha visto como los diagramas traducen un determinado contenido a través del uso de una serie de códigos espaciales y formales. La imagen obtenida dependerá tanto de los datos que visualiza, como de la codificación gráfica empleada. Este primer apartado centra su interés en el significado que reside en la selección de los datos, y en el modo en el que ésta influye en la comprensión del contenido.

Es evidente que para asegurar la veracidad de un diagrama será necesario que las informaciones en los que éste se base sean ciertas. Para que la imagen retrate una determinada situación de manera adecuada, será también decisiva la perspectiva informativa que ésta ofrezca (tanto la selección de los datos que se representan, como el tipo de relaciones que se establecen entre éstos) y la manera en la que ubique las informaciones visualizadas en un contexto.

Esta problemática se observa fácilmente en el ámbito de las gráficas cuantitativas. Los diferentes procedimientos matemáticos a los que se someten los datos en la estadística se hallan claramente definidos. La selección del método apropiado en cada caso se basa sin embargo con frecuencia en un proceso más subjetivo. De la elección de este método dependerá en gran medida la impresión generada e incluso las conclusiones alcanzadas. Sin falsear los datos, es así posible manipular al observador. Es por ésto que Darrell describe a la estadística como una disciplina perteneciente simultáneamente al ámbito del Arte y la Ciencia.¹²⁴ Huff, quien ya en 1954 advertía en «Como mentir con estadísticas» de las dificultades que plantea la cuestión, en especial en relación con un público no-experto, inició con su obra una tradición que perdura hasta hoy, aunque los libros contemporáneos presentan un mayor énfasis en los aspectos visuales, probablemente debido a las facilidades tecnológicas actuales, que sin duda han repercutido en la difusión de este tipo de imágenes.¹²⁵ También Edward Tufte ha dedicado una serie de contundentes estudios a este tema. Entre ellos destaca sin duda aquél en el que demuestra como la inadecuada selección de datos impidió reconocer a tiempo el peligro que las bajas temperaturas suponían para el lanzamiento del transbordador espacial *Challenger*. El dramático accidente de 1986 hubiera podido evitarse si se hubiera visualizado una perspectiva informativa diferente.¹²⁶

Alejándonos ya de las gráficas cuantitativas, y adentrándonos en el ámbito de los diagramas cualitativos que suponen el tema central de este trabajo, se analizará a continuación la manera en la que la yuxtaposición de diferentes perspectivas informativas da origen a una comprensión profundizada de la temática visualizada, al constituirse así un contexto que relativiza el mensaje absoluto de cada uno de los diagramas. Para ello se estudiará detalladamente un ejemplo procedente del ámbito de la lingüística.

La disciplina lingüística que estudia la evolución de las lenguas (su cambio a través del tiempo) se denomina *lingüística histórica*. A través de la comparación de las similitudes léxicas y fonéticas de una serie de idiomas contemporáneos y el estu-

¹²⁴ HUFF 1954, p. 120.

¹²⁵ Entre otros STRANGE 2007, KOSSLYN 2006, TUFTE 1998, TUFTE 2001, TUFTE 2002, WAINER 1997, WAINER 2005, WAINER 2009.

¹²⁶ TUFTE 2002, pp.38-52.

dio de las fuentes escritas que se conservan de los estadios lingüísticos que precedieron a las formas actuales, logra la lingüística histórica establecer la posible relación de parentesco entre las lenguas, y, en caso de que exista tal relación genética, reconstruir la protolengua de la que descienden.¹²⁷

Una de las grandes familias lingüísticas que ha sido reconstruida en el transcurso de los últimos dos siglos es aquella de lengua indoeuropea, a la que pertenecen la mayoría de las lenguas habladas en Europa y Asia meridional. La familia está formada por una serie de nueve subfamilias: la albanesa, armenia, báltica, céltica, eslava, germánica, griega, indoiraniana (constituida por las lenguas indoarias y las iránicas) e itálica (que incluye al latín y a las lenguas románicas). Se le suman además dos subfamilias que no han perdurado hasta nuestros días: la anatólica, que incluye a la lengua hitita, y la tocharia. A través del método comparativo se ha reconstruido hipotéticamente la protolengua de la que descienden todas las lenguas indoeuropeas, a la que se denomina *proto-indoeuropeo*. De hecho, no se conserva ningún testimonio histórico escrito de esta lengua, la reconstrucción se basa en las similitudes observadas entre el sánscrito, el griego clásico, el latín, el germánico y las demás lenguas indoeuropeas. La discusión en el ámbito lingüístico actual gira en torno a aspectos específicos de la hipótesis indoeuropea, los rasgos básicos de la teoría han sido aceptados de modo generalizado.

Supongamos ahora que debemos visualizar la relación que las diferentes lenguas indoeuropeas guardan entre sí, basándonos en las informaciones descritas en el «Herkunftswörterbuch» de Duden.¹²⁸ El tipo de estructura que se emplea con mayor frecuencia para expresar esta temática visualmente es la estructura de árbol, de organización temporal horizontal o vertical. Para evitar algunos de los problemas que surgen con este tipo de estructuración temporal, originados por la variante distancia entre la protolengua y sus descendientes actuales (véase también siguiente apartado) o la omisión de una parte de la información como respuesta frente a la necesidad de salvaguardar la legibilidad del diagrama, se ha optado aquí por una organización temporal circular (fig. 44).

¹²⁷ Las informaciones lingüísticas en las que se basa el presente apartado proceden de las siguientes obras: JANSON 2003, DUDENREDAKTION 2001, KÖNIG 2001, VIREECK/VIREECK/RAMISCH 2002.

¹²⁸ DUDENREDAKTION 2001.

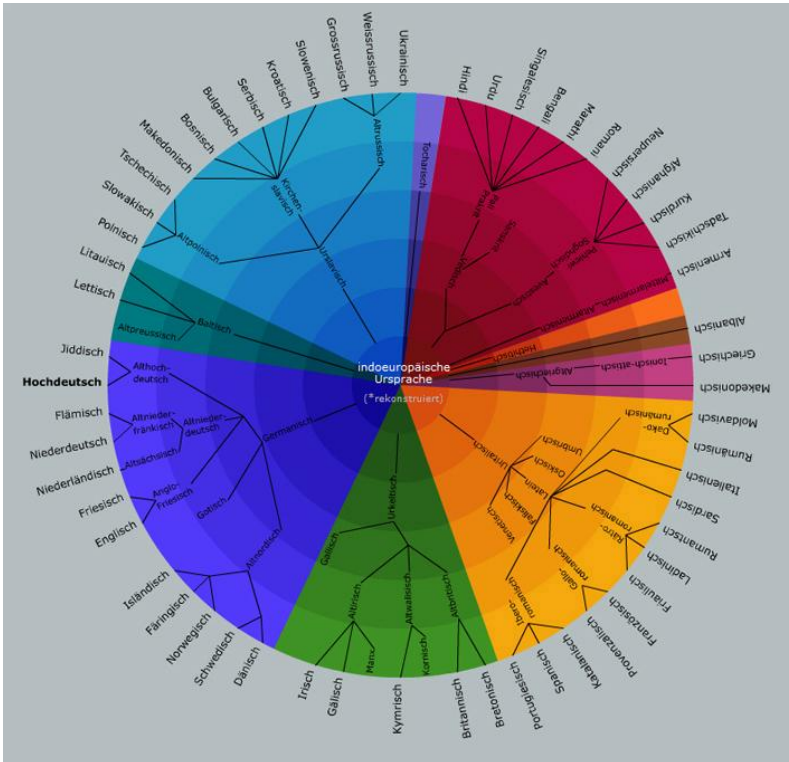


Fig. 44: Diagrama de la familia de las lenguas indoeuropeas.

El centro de la visualización lo constituye el *protoindoeuropeo*. De él parten diferentes ramas, en las que se sitúan las lenguas ancestrales, que se subdividen y ramifican hasta dar lugar a las lenguas indoeuropeas contemporáneas, ordenadas de modo circular en torno al diagrama.¹²⁹ Los colores identifican a las diferentes subfamilias; los círculos concéntricos que subdividen a estas zonas en diferentes tonalidades forman una escala temporal absoluta (entre un círculo y otro discurren mil años). Las indicaciones temporales pueden ser activadas por el usuario cuando éste lo considere necesario. El disco puede girarse además en ambos sentidos, asegurando así que todas las lenguas indoeuropeas sean igualmente legibles.

Para la problemática que se analiza en este apartado no resulta de gran ayuda la complejidad informativa de la imagen, por lo que se ha decidido crear un nuevo diagrama que se limita a visualizar la relación de parentesco entre las diferentes lenguas, eliminando las indicaciones temporales y la identificación escrita de cada

¹²⁹ La imagen procede de una aplicación interactiva creada por Paloma López Grüninger en 2003.

idioma. Los procesos de diversificación de la lengua siguen siendo perfectamente reconocibles, al igual que la constitución de las diferentes subfamilias (fig. 45.1).

La imagen 45.2 inscribe sobre la estructura de la visualización 45.1 a los documentos textuales que conservamos de los diferentes idiomas indoeuropeos.¹³⁰ El círculo adquiere entonces un aspecto radicalmente diferente. Así se percibe ahora con claridad el hecho que el protoindoeuropeo es una lengua reconstruida hipotéticamente, de la que no poseemos evidencia escrita. También se advierte como no existe realmente una documentación exhaustiva del proceso evolutivo de un idioma, sino únicamente instantáneas de momentos lingüísticos específicos. En general puede apreciarse como el número de textos conservados es mayor cuanto más nos aproximamos al presente, aunque existen períodos históricos de los que o bien por su alta productividad textual, por el significado que generaciones subsiguientes adscribieron a sus escritos, o simplemente por los caprichos del azar, conservamos mayor cantidad de fuentes escritas.

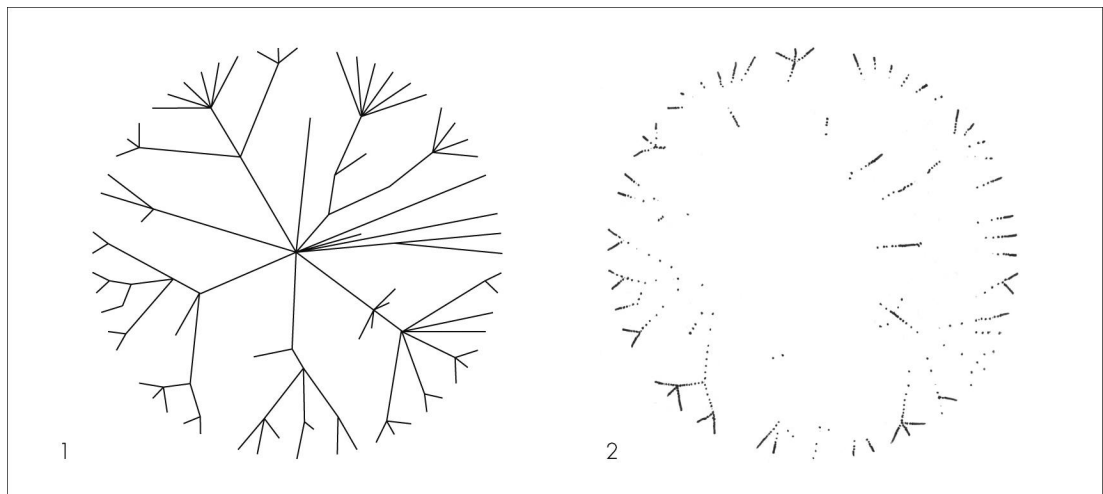


Fig. 45: Diagrama de la familia de las lenguas indoeuropeas:
1. La teoría de parentesco. 2. Las fuentes escritas conservadas.

La imagen 45.1 y la imagen 45.2 no difieren principalmente porque se haya empleado un lenguaje visual diferente o creado una organización espacial alternativa para cada una de ellas. Son dos visualizaciones distintas porque se basan en dos

¹³⁰ La figura 45.2 es aproximativa, al no basarse en datos numéricos precisos que indican el número exacto de escritos conservados, sino en la descripción resumida de las fuentes históricas especificadas en KÖNIG 2001, DUDENREDAKTION 2001, VIREECK/VIREECK/RAMISCH 2002.

sets de datos completamente diferentes, aunque relacionados temáticamente. La existencia de la segunda imagen no cuestiona la veracidad de la teoría expuesta en la primera, pero sí la contextualiza, añadiendo informaciones que ésta no visualiza. El cambio de perspectiva que representa la contraposición de los dos diagramas posibilita una visión más completa de un mismo contenido.

Son raras las ocasiones en las que los diseñadores tienen la posibilidad de crear una serie de imágenes con contenido alternativo relacionado con la temática central. Los hábitos de trabajo actuales, en los que la persona que suministra los datos no es la misma que aquella que los traduce a lo visual, hace que el diseñador no suela disponer ni de la variedad necesaria de informaciones, ni de un conocimiento profundizado de la materia específica para permitir que cuestione las formas estandarizadas.

No obstante, el medio digital podría ser una plataforma ideal para la creación de este tipo de visualizaciones. El espacio no guarda aquí ya el mismo significado económico que poseía en el material impreso, donde el gasto de papel y tinta restringía la incorporación de aquellos elementos visuales que no fuera estrictamente imprescindibles. Además, la posibilidad de crear aplicaciones interactivas permitiría contraponer diferentes perspectivas sin grandes costes adicionales.

2.5.2 Interpretación de la distancia en el espacio no-codificado

Se ha descrito como la codificación del espacio de un diagrama puede ser total, parcial o nula, dependiendo del número de dimensiones que se hallan codificadas. Establecer un espacio libre de código no resulta difícil a nivel conceptual. El problema suele surgir cuando la imagen es interpretada por el observador, pues es habitual que éste superponga inconscientemente algún código o escala a la dimensión no-codificada. En el presente apartado se analiza este tema partiendo de una serie de sencillos diagramas que visualizan de modo abstracto la evolución de una especie ficticia.

Supongamos pues que debemos visualizar una información que describe como una especie da origen a dos nuevas especies, desapareciendo ella misma en el instante preciso de su propia diversificación; la especie original se denominará x , las especies hijas a y b . La figura 46 ilustra este acontecimiento ateniéndose a las convenciones representativas habituales para esta temática.

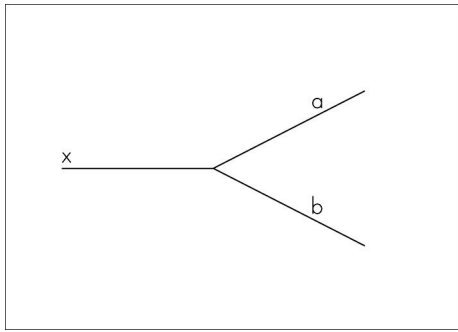


Fig. 46: Especie con dos especies hijas.

La codificación de la imagen es sencilla. Cada una de las líneas representa una especie. En la *horizontal* se desarrolla de izquierda a derecha un (invisible) eje temporal relativo, pues la existencia de la especie x precede a su propia variación y extinción y al desarrollo de las especies hijas a y b . No existen sin embargo indicaciones temporales precisas. La *vertical* está exenta de una codificación explícita. En ella parece inscribirse la *variedad*, pero sin atenerse a una escala identificable. El hecho que a y b diverjan de la dirección original de x en ángulos opuestos parece hacer referencia a su *diferencia*, tanto con respecto a la especie predecesora como entre ellas mismas, aunque sin indicar en qué aspectos se exterioriza ésta.

Supongamos ahora que la información nos habla no de dos, sino de tres nuevas especies a las que x da origen: a , b y c . La imagen 47 visualiza este fenómeno siguiendo la misma estructuración que la imagen anterior. No obstante, surge aquí un problema que no se daba en la imagen precedente. Al ordenar los extremos de las líneas a , b y c en el eje vertical se crean diferentes relaciones de proximidad entre las tres especies visualizadas. La distancia que separa a de b equivale a aquella entre b y c ; el espacio entre a y c sin embargo se eleva al doble. Aunque hemos visto que la vertical no está explícitamente codificada, resulta fácil interpretar la cambiante distancia como expresión de mayor o menor semejanza entre las especies, superponiendo, por así decirlo, una escala de similitud. Los datos de los que dispo-

nemos (la información sobre una especie que en un momento dado da origen a tres especies hijas) no permiten sin embargo establecer tal orden gradual de parecidos.

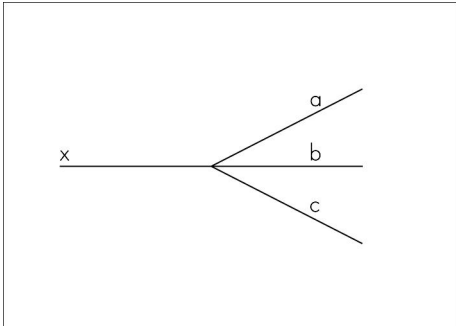


Fig. 47: Especie con tres especies hijas.

Si abandonamos el plano y pasamos al espacio tridimensional lograremos evitar esta lectura no intencionada, ya que es posible crear una estructura en la que los tres puntos finales de las líneas a , b y c se encuentran a igual distancia uno de otro en un plano, dando origen a un triángulo equilátero (fig. 48). Asimismo, el espacio entre el punto de origen de las líneas y el plano es constante, es decir, la longitud de los segmentos a , b y c es idéntica. Esta visualización permitiría eludir la problemática que hemos visto en la imagen anterior, al ser la distancia entre los tres elementos constante.

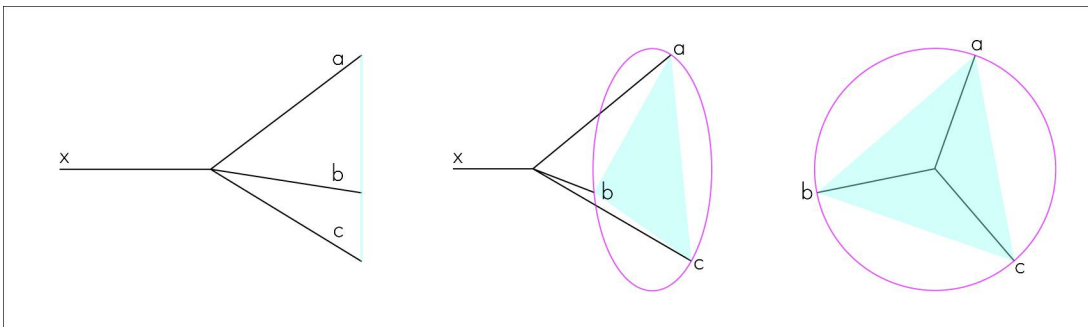


Fig. 48: Especie con tres especies hijas como modelo tridimensional.

La ventaja que presenta el espacio tridimensional para resolver la problemática de la interpretación de la distancia como similaridad gradual, llega sin embargo pronto a un límite. Si el número de ramificaciones que surgen de la especie original son cuatro (fig. 49), y no tres, como en el ejemplo anterior, nos enfrentaremos al hecho que resulta imposible ordenar cuatro puntos en un plano de modo que todos

sean equidistantes entre sí. Si su organización da lugar a un cuadrado se logrará que cada punto se halle a igual distancia de aquél otro con el que se encuentre conectado por un lado (es decir, la distancia $a - b$ será idéntica a aquella de $b - c$, $c - d$, y $d - a$). No obstante, el espacio entre aquellos puntos que se encuentran situados en la diagonal (tanto $a - c$, como $b - d$) será significativamente mayor.

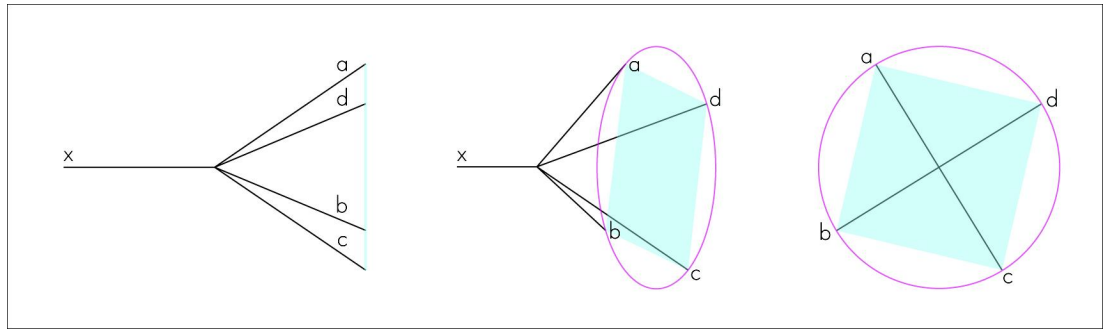


Fig. 49: Especie con cuatro especies hijas como modelo tridimensional.

Conforme incrementa el número de ramificaciones,¹³¹ se complica el problema a nivel interpretativo. Tanto en la visualización plana como en el modelo tridimensional crece la distancia entre las diferentes posiciones de los puntos finales de las ramas cuanto mayor es el número de descendientes de la especie original.

En el caso de la visualización tridimensional que se ha venido estudiando, se debe ésto a que los puntos finales se hallan proyectados sobre una circunferencia, dando origen a un polígono regular (fig. 50). Conforme aumenta el número de lados de éste, incrementa de modo exponencial la diferencia entre la longitud de las diagonales del polígono y la longitud de los lados. No obstante, la extensión de las líneas que representan a cada una de las especies hijas permanece constante. Al ordenarse los segmentos de modo circular dan origen a un cono, en el que la distancia desde el vértice – el punto en el que confluyen los todos los segmentos – hasta la circunferencia que describe la base, es constante.

¹³¹ Las teorías contemporáneas suponen que la especiación es binaria, es decir, que las especies se dividen siempre en dos subespecies, y nunca en tres o más. Los ejemplos aquí citados no tratan de visualizar una realidad científica, sino hacer evidente la problemática que existe cuando se intenta representar gráficamente la relación que surge entre varios elementos sin dar origen a una lectura no contenida en la información inicial.

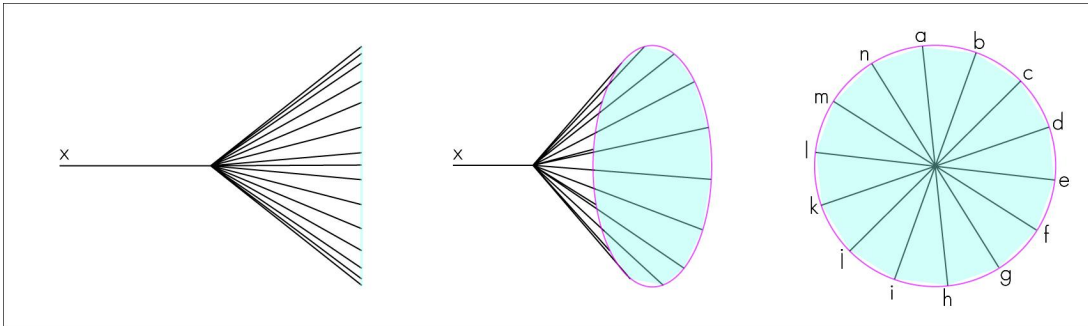


Fig. 50: Especie con catorce especies hijas como modelo tridimensional

Este tipo de modelo tridimensional, al que suele denominarse *árbol cónico* [cone tree], es generalmente de carácter interactivo, y se utiliza para visualizar jerarquías de varios niveles, en las que nuevos conos surgen a partir de los puntos ordenados en el perímetro de la base del cono original, y así sucesivamente. Fue descrito por primera vez en 1991 por Robertson, Mackinlay y Card del *Xerox Palo Alto Research Center*.¹³² Para evitar los problemas propios de este tipo de visualización, surgen proyectos que hacen uso de la geometría hiperbólica para visualizar a los grafos. Entre ellos destaca la tesis doctoral de Tamara Munzner, quien propone distribuir los puntos finales de las ramas no sobre el perímetro de la base circular del cono, sino sobre una semiesfera que cubra a ésta.¹³³ El espacio empleado por este método de visualización es menor, pues al distribuir los puntos sobre la totalidad de la superficie semiesférica, y no sólo sobre el perímetro, es posible conservar una distancia que salvaguarde la legibilidad de la visualización, sin tener que aumentar exageradamente el radio, como sucede con los *árboles cónicos*.

En las investigaciones de Munzner se basa la herramienta libre Walrus, que crea imágenes no sólo informativas, sino también de gran esteticismo, como puede observarse en la correspondiente página de internet.¹³⁴ No obstante, y a pesar del uso de diferentes proyecciones geométricas y organizaciones espaciales, implican todas las visualizaciones presentadas la problemática descrita en este apartado: las distancias entre los diferentes elementos varía, sin que en esta variación resida un significado codificado específicamente.

¹³² ROBERTSON/MACKINLAY/CARD 1991, pp.189-194; ARNDT 2006, pp.199-201.

¹³³ MUNZNER (2000), apartado 3.2.3.

http://graphics.stanford.edu/papers/munzner_thesis/#toc | Consultado en línea el 1.10.11.

¹³⁴ www.caida.org/tools/visualization/walrus | Consultado en línea el 1.10.11.

En la visualización en el plano se presenta la situación aun más compleja si cabe. Al problema de la cambiante distancia entre los puntos finales se suma otro más: el de la variación de la longitud de los diferentes segmentos que representan a las especies hijas. Así, a la interpretación no intencionada de la proximidad espacial como similitud gradual entre las especies, se suma una segunda lectura, en la que se concede un significado no deliberado a la variante longitud de los segmentos que visualizan las especies descendientes.

En la escala temporal que subyace al diagrama tienen todas las especies hijas una extensión temporal equivalente. Todas surgen en un mismo momento y todas finalizan en la misma vertical que atraviesa un determinado punto de la escala temporal. La longitud de los segmentos que visualizan a las diferentes especies hijas varía sin embargo fuertemente, como puede observarse al comparar la extensión del segmento *a* con aquella del segmento *g* (fig. 51).

Las interpretaciones atribuidas a las diferentes distancias recorridas por las especies descendientes suelen tener en cuenta tanto el mayor distanciamiento del origen común (se presupone mayor diferencia entre la especie original *x* y la nueva especie *m* que entre *x* y *h*), como la interpretación del camino más corto como símbolo de una evolución más directa, sin desvíos innecesarios, sin pérdida de tiempo.

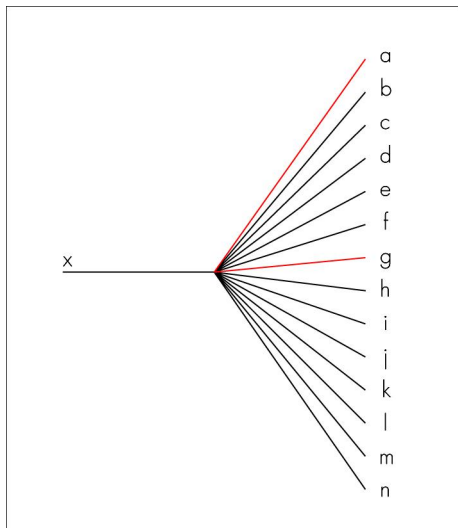


Fig. 51: Especie con catorce especies hijas.

La problemática descrita hasta aquí aumenta en evidencia cuando se trata de visualizaciones de mayor complejidad, en las que se suceden varios procesos de especiación (fig. 52). La distancia entre una especie descendiente de a y una especie descendiente de d se hace cada vez más manifiesta. Entre ellas se interponen multitud de otras especies, el camino entre ellas parece más largo y sembrado de obstáculos. Asimismo, la disposición espacial insinúa mayor proximidad entre algunos de los descendientes de dos especies distintas que entre descendientes de una misma especie. Así, al primero y al último de los descendientes de a les separa mayor espacio en la vertical que entre el último descendiente de a y el primero de b , al ser estos contiguos.

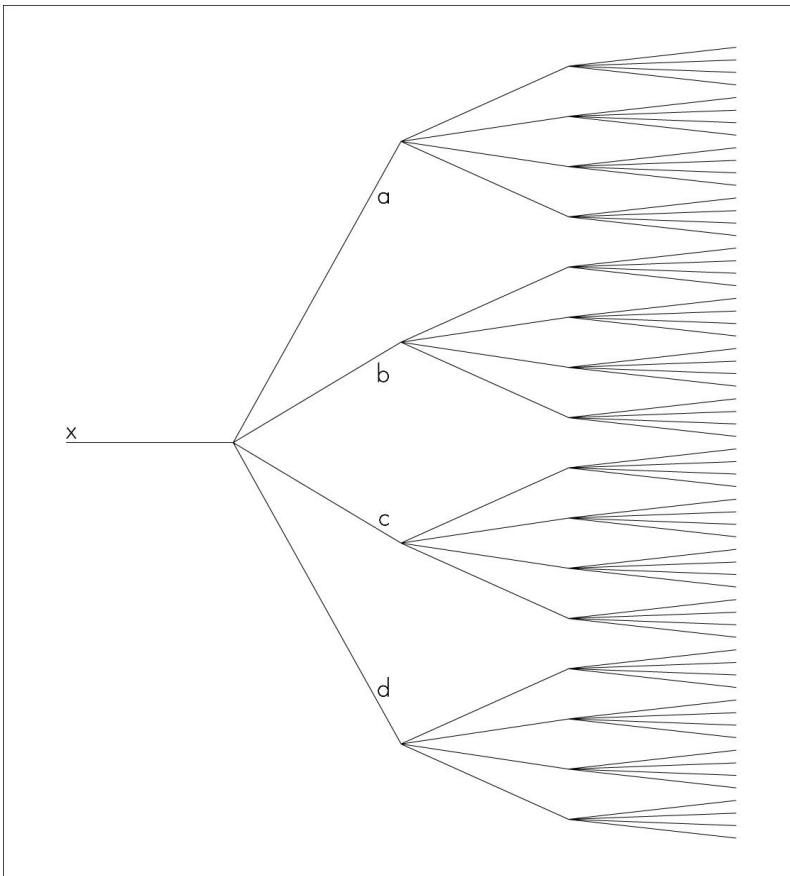


Fig. 52: Proceso de especiación múltiple.

En todos los ejemplos descritos en este apartado tendemos a interpretar la cambiante distancia entre los diferentes elementos del diagrama como indicio de algo que trasciende el significado intencionado por el diseñador en el momento de la

codificación de la imagen. La mayor o menor proximidad espacial es entendida como parecido, y no como simple resultado del azar el cual, en un espacio de codificación unidimensional, ha designado un lugar aleatorio a las componentes de la visualización dentro de los márgenes de la dimensión no codificada.

No obstante, hay que admitir que no son pocos los casos en los que el autor de la visualización crea lo que podría denominarse como *pseudoorden*, pues sin aplicar un código consecuente a la organización de la imagen, y a menudo sin expresarlo de modo específico, agrupa dentro de lo posible a aquellos elementos que presentan algún tipo de similitud (fig. 53). Esto conduce a que el observador se vea afirmado en su tendencia a presuponer similitud entre elementos próximos, aunque esta interpretación no sea legítima en cuanto a la totalidad de los datos transmitidos. Cabe observar que en aquellos diagramas que son generados por medio de la programación informática no suelen surgir problemas con códigos encubiertos.

Es probable que nuestro hábito de presuponer similitud entre los elementos que se encuentren más próximos entre sí se halle relacionado con nuestros mecanismos perceptivos. Se ha visto como el *principio de proximidad* describe la manera en que tienden a agruparse perceptivamente aquellos elementos cuya proximidad relativa es mayor. Aunque en los ejemplos vistos en este apartado no existen elementos independientes que permitan ser propiamente *agrupados*, sí parece ser que proyectamos una especie de *subgrupos* sobre las componentes que se encuentran más próximas entre sí. Suponer que estos subgrupos compartan al menos alguna característica común, como suele ser habitual entre los elementos de un grupo, es una consecuencia lógica. Así se explica que presupongamos mayor similitud entre elementos más cercanos que entre aquellos que se hallen a mayor distancia.

Pero, aun conociendo en detalle los problemas que surgen a la hora de interpretar a este tipo de diagramas, no existe modo de evitarlos eficazmente. La organización espacial de las informaciones se encuentra sujeta a una serie de limitaciones específicas del mismo medio que las transmite. Dado que resulta imposible ordenar tres puntos de modo equidistante sobre una línea, nos veremos forzados a crear diferentes relaciones de proximidad cuando los elementos a distribuir excedan un cierto número. Será entonces imprescindible comunicar de modo claro e insistente que las relaciones espaciales no guardan ningún significado.

El uso de la perspectiva, simulando el espacio tridimensional, constituye sin duda una interesante posibilidad. No obstante, cuando se trata de informaciones de una cierta complejidad, siempre implican una pérdida significativa en cuanto a la legibilidad de la visualización, al quedar unos datos ocultos tras otros.¹³⁵ El medio digital ofrece mayores ventajas en este respecto, pues permite tanto la creación de un modelo tridimensional, como la posterior interacción con éste. Así se le posibilitará al usuario acceder a aquellas zonas que quedan escondidas por otras informaciones, adaptando el foco de atención a sus propias necesidades. Otra posibilidad consiste en animar el modelo (plano o tridimensional) de tal modo, que los elementos constituyentes se hallen en un lento pero constante movimiento, lo cual permite relativizar las relaciones de distancia que se crean entre los diferentes elementos de la visualización. De hecho, son múltiples las visualizaciones que usan estas posibilidades mediales. Entre ellas destaca la bellísima aplicación *anemone* de Ben Fry, que forma parte de la tesis que éste realizó en 2004 en el MIT.¹³⁶

Los diagramas analizados en este apartado funcionan de un modo similar al de los grafos orientados, en los que únicamente viene preestablecida la dirección de lectura. De hecho, la mayoría de los árboles que visualizan la descendencia de las especies son un tipo específico de grafo (*cladogramas*). El estudio de estas imágenes por parte de personas no-expertas suele originar frecuentemente interpretaciones no intencionadas.

El problema de la creación involuntaria de un orden no es exclusivo al ámbito de lo visual, de hecho, cada expresión medial da origen a una serie de limitaciones específicas. También el lenguaje, tanto hablado como escrito, superpone un orden a los elementos que enumera, dado que su linealidad narrativa da origen a una secuencia, en la que unas componentes se hallan más próximas o lejanas a otras.

¹³⁵ DÜRSTELER 2005, nº 173.

www.infovis.net/printMag.php?num=173&lang=1 | Consultado en línea el 1.10.11.

¹³⁶ www.benfry.com/anemone/about | www.benfry.com/anemone/applet
Consultado en línea el 1.10.11.

2.5.3 Interpretación del espacio vertical no-codificado (metáfora orientativa)

Se ha explicado como el observador tiende a proyectar una escala de similitud sobre las dimensiones no-codificadas de la imagen. En este apartado se estudiará otro problema que surge con frecuencia cuando la codificación espacial es débil: suele superponerse entonces una escala valorativa a la orientación vertical de la imagen, con independencia a la intención del autor de la visualización.

Se han descrito las relaciones de parentesco que las lenguas indoeuropeas guardan entre sí, y se ha analizado un diagrama que inscribía a éstas sobre una estructura temporal circular, en la que el radio de la circunferencia fungía como escala temporal (fig. 44). Las informaciones visualizadas en la ilustración de Thomas C. Moore, publicada en el año 1990 en *Spektrum der Wissenschaft* (la versión alemana de la revista de divulgación científica *American Scientist*), se corresponden aproximadamente con los datos en los que se basa el diagrama precedente (fig. 53).

No cabe duda que se trata de un ejemplo de metáfora visual, pues no es sólo a nivel estructural que la imagen se asemeja a un árbol. El número de elementos figurativos explícitos es limitado. Pueden considerarse como tal las irregularidades cromáticas del suelo, que recuerdan a manojos de hierba, y la parte del tronco y las raíces del árbol, que poseen un claro carácter ilustrativo. En lo demás, es el lenguaje formal, de fluidez orgánica, y el colorido pardo-verdoso lo que crea la similitud entre las superficies de decreciente expansión, sobre las que se hallan inscritos los idiomas, y las ramas de un árbol. También el sombreado realiza una aportación en esta dirección, pues, junto con los entrecruzamientos, otorga a la estructura visualizada una cierta tridimensionalidad. El fondo degradado color azul refuerza la asociación, trasladando el diagrama al contexto natural de un árbol, haciendo alusión al aire libre y el cielo abierto.

Del tronco, que representa al idioma protoindoeuropeo, surgen diferentes ramificaciones. Éstas se subdividen a su vez en ramas menores, para desembocar finalmente en unas ramificaciones muy sutiles. Sobre las ramas, o junto a éstas cuando son demasiado delgadas, se inscriben los nombres de los idiomas a los que representan. En el texto adjunto se especifica la codificación tipográfica: cursiva

para las lenguas extintas, y entre corchetes aquellos idiomas de los que no nos ha llegado testimonio escrito. Las ramas más finas son coronadas por el nombre de la familia de lenguas a las que pertenecen. La disposición circular y el luminoso color verde de estos nombres, escritos en letras mayúsculas fuertemente espaciadas, les hace asemejarse a la culminación frondosa de la que el deshojado árbol de la familia indoeuropea carece.

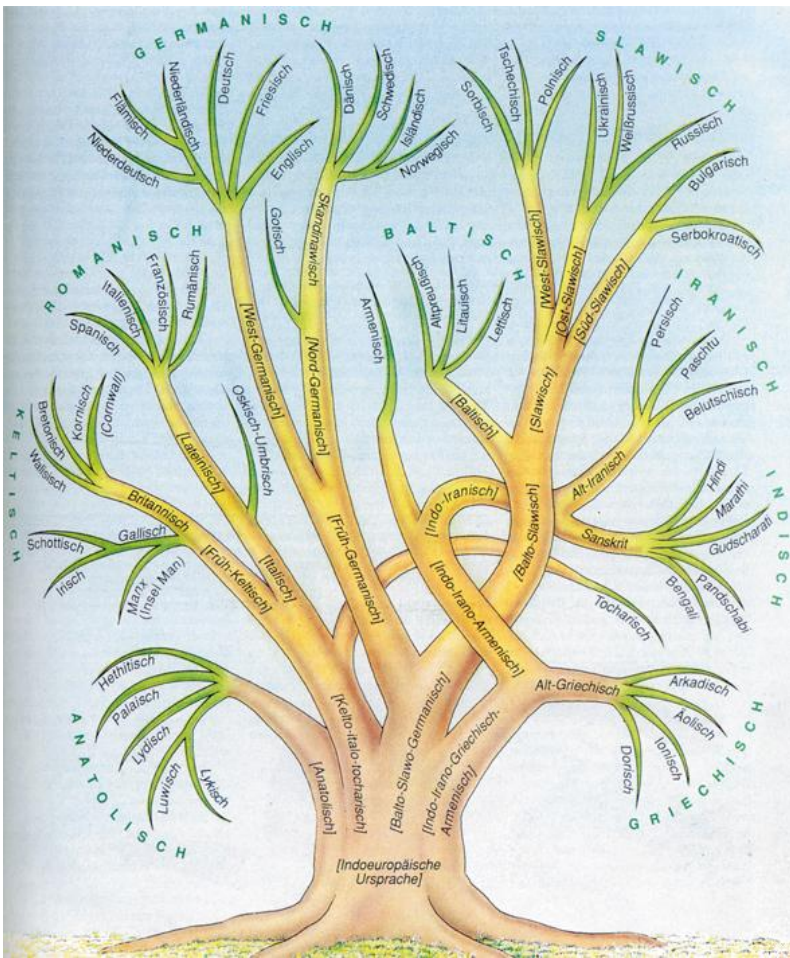


Fig. 53: Árbol de las lenguas indoeuropeas, Thomas C. Moore, 1990.

La codificación temporal de la imagen viene dada por la coherencia metafórica. Nuestra experiencia con los árboles que encontramos en la naturaleza nos hacen asumir que el tronco es más antiguo que las ramas, y que las terminaciones de éstas son los elementos más recientes. La lectura histórica de las informaciones retratadas deberá realizarse por lo tanto partiendo del tronco y siguiendo el desarrollo de las

diferentes ramas hasta llegar a su ápice. Así se establece una escala temporal relativa.

Lo que queda menos claro es el significado de las extrañas curvas que algunas de las ramas describen girando en torno a otras. Del texto acompañante se puede entrever que podría tratarse de una estrategia para aproximar en el espacio a aquellas lenguas que han tenido algún tipo de conexión; no obstante, la codificación no es unívoca.¹³⁷ La estructuración espacial de la imagen es bastante indefinida. Parece que existe una especie de retícula geográfica superpuesta al espacio por el que se despliega el árbol, dado que las familias de lenguas que incluyen idiomas nórdicos (la familia germánica con el islandés, la familia eslava con el ruso) son las que se encuentran en la parte superior de la imagen, mientras que las familias más sureñas se distribuyen por la parte baja del árbol. Pero no se trata de una estructuración consecuente, pues la familia de lenguas indo-iránicas se encuentra posicionada en la misma horizontal que la familia de lenguas celtas, y la familia báltica se sitúa a la misma altura que la familia de lenguas romances. Tampoco existe coherencia geográfica entre los diversos idiomas de una misma familia de lenguas, pues no existe una diferenciación reconocible en la disposición de los elementos, como puede observarse fácilmente en el caso de las lenguas germánicas. Todo esto hace suponer que la distribución espacial sigue tanto criterios geográficos como estéticos, pues la voluntad de ordenar los diferentes idiomas de modo homogéneo, dando lugar a una estructura en la que todas las informaciones sean perfectamente legibles es también visible en la imagen.

La escasa codificación del espacio da origen a diversos problemas interpretativos. Así queda abierto el significado que deba atribuirse al hecho que algunas lenguas surjan de ramas más largas que otras, como se observa al comparar por ejemplo el idioma ruso con el irlandés.

No obstante, el problema más significativo al que se enfrenta esta visualización es a la interpretación valorativa de la localización vertical de sus elementos. Recordemos que Lakoff/Johnson han descrito el modo en el que los conceptos pueden estructurarse metafóricamente cuando se les atribuye una relación espacial, a lo que denominan *metáforas orientativas*. Posicionando un elemento arriba, se asociará a éste

¹³⁷ GAMKRELIDSE/IWANOW 1990, p.131.

una valoración positiva, mientras que los elementos localizados más abajo, tenderán a despertar asociaciones más negativas. Lakoff/Johnson explican la manera en la que esta proyección se encuentra estrechamente ligada con nuestra propia existencia corpórea.¹³⁸

Visto desde esta perspectiva resulta contundente que la creación de un espacio neutro, es decir, un espacio en el que la posición no guarde significado ninguno, es un ideal irrealizable. Siempre tenderemos a proyectar sobre la distribución de los elementos constituyentes de un diagrama aquellos valores que habitualmente relacionamos con los conceptos *arriba* y *abajo*, y siempre organizaremos mentalmente a las diferentes componentes según su superioridad o inferioridad respecto a las posiciones de los demás. Volviendo a nuestro ejemplo, será fácil interpretar el hecho concreto que algunas familias lingüísticas se encuentren posicionadas por encima de otras como expresión de su desarrollo superior, su mayor complejidad o su perfección, pues han logrado dejar a los demás idiomas tras de sí, superándolos en su incesante ascenso hacia la cumbre. Aquellas lenguas situadas en las ramas más bajas del árbol quedan como las perdedoras de la evolución, pues siguen cercanas al suelo, próximas al origen del que no han logrado distanciarse aun.

La misma problemática de la interpretación metafórica persiste, aun cuando el espacio vertical de la imagen se halla codificado. Surge entonces un conflicto entre la lectura intencionada por parte del autor del diagrama y aquella otra interpretación que nace de la valoración del espacio arraigada en la estructuración de nuestro pensamiento. No obstante, cuanto más débil la codificación espacial, más sencillo resulta superponer otras lecturas a ésta.

¹³⁸ LAKOFF/JOHNSON 2001, p.22-30.

2.5.4 Interpretación metafórica de la organización espacial

Se han descrito las asociaciones metafóricas estructurales como aquellas asociaciones que se originan a partir de la estructura visualizada y de su ordenación espacial. Es generalmente la perspectiva informativa la que determina la estructura de la visualización, por lo que es poco habitual que se dispongan de los datos necesarios para realizar un cambio en ésta. Más sencilla se presenta sin embargo la variación de la *ordenación espacial* de la visualización, ya que ésta depende del modo en el que se codifique el espacio de la imagen. En el presente apartado se analiza la manera en la que una diferente organización espacial influye en las asociaciones que la imagen despierta.

La figura 54.1 visualiza el árbol genealógico de una especie ficticia a la que denominaremos x . La estructuración de la imagen se corresponde con la tipología habitualmente empleada para esta temática. El espacio horizontal codifica el tiempo de modo relativo, siguiendo nuestra dirección de lectura convencional. Un elemento situado en la parte izquierda del diagrama, precederá en el tiempo a aquellos otros que se posicionan más próximos al límite derecho de la visualización. El espacio vertical no encierra ninguna codificación explícita, es empleado para expresar la variedad. Así, a través de una serie de líneas rectas que se ramifican, dando origen a nuevas líneas y a sucesivas ramificaciones, se visualiza como algunos de los descendientes de x se extinguen, mientras otros perduran hasta hoy.

Sin alterar el contenido de las informaciones transmitidas, se ha creado a partir de esta imagen un diagrama alternativo (fig. 54.2). En ella se ha sustituido la codificación lineal del tiempo (de izquierda a derecha) por una organización circular de los datos (del centro hacia la periferia). Las informaciones que la imagen comunica son idénticas, se pierde únicamente la expansión temporal de la especie ancestral x .

Ambos diagramas organizan cronológicamente los eventos visualizados, tanto los procesos de especiación como la desaparición de determinadas especies. Resulta fácil establecer un orden temporal en la figura 54.1, pues para ello sólo es necesario trazar una serie de líneas verticales imaginarias que proyecten a los diferentes puntos del diagrama sobre el eje horizontal. Más complicada se presenta la situación en la figura 54.2. Resulta aquí prácticamente imposible determinar a simple vista el

orden en el que se suceden los diferentes momentos históricos. Si la imagen debe transmitir una clara estructuración temporal será imprescindible que se incorporen al diagrama una serie de circunferencias, que permitan determinar la distancia relativa de los diferentes puntos al centro.

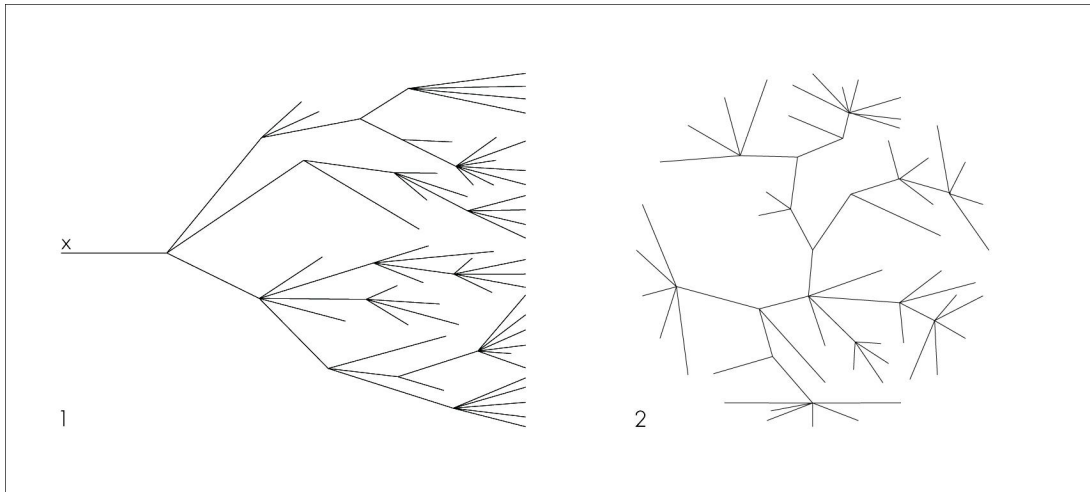


Fig. 54: Diferente codificación espacial para idéntico set de datos.

Pero, en lo que las visualizaciones más difieren es en cuanto a la impresión que cada una de ellas genera. En ambos casos es eminente la asociación con un organismo vegetal en crecimiento: el primero recuerda a un arbusto posicionado lateralmente; el segundo sugiere la imagen de un árbol a vista de pájaro. No obstante, el crecimiento visualizado por la estructura circular parece más desordenado, más arbitrario y menos previsible que aquél de la figura 54.1. La falta de una dirección común para el desarrollo de sus elementos hace que sea más difícil asociar a la imagen una idea como aquella del progreso.

La figura 55.1 se basa en los mismos datos que la figura 54.1. El diagrama visualiza ahora sólo la estructura jerárquica del contenido, omitiendo las informaciones temporales específicas. Es habitual que una estructura así visualice, por ejemplo, el sistema de archivos que organiza la información guardada en el disco duro de un ordenador. Evidentemente, si se interpreta la imagen desde la perspectiva del contenido al que visualiza (la evolución de una especie ficticia denominada x) será posible ver en ella una organización temporal básica.

Una visualización alternativa del contenido del diagrama 55.1 se presenta en la figura 55.2. Esta tipología, habitualmente conocida con el nombre de *treemap*, visualiza a datos jerárquicos como un conjunto de rectángulos anidados. Para su realización se parte de una superficie rectangular, la cual se divide alternativamente en zonas verticales y horizontales. El número espacios creados dependerá del número de elementos que constituyan a cada uno de los niveles jerárquicos. Para obtener un treemap basado en la figura 55.1 se deberá dividir primero a la superficie inicial con líneas verticales en tres zonas, y después, a través de líneas horizontales, a la primera de éstas en tres, a la segunda en dos y a la tercera en cinco franjas – lo cual se corresponde con el número de ramas que presenta cada una de las tres ramificaciones iniciales en la estructura de árbol. Este proceso deberá continuarse hasta haber visualizado a los restantes niveles jerárquicos.

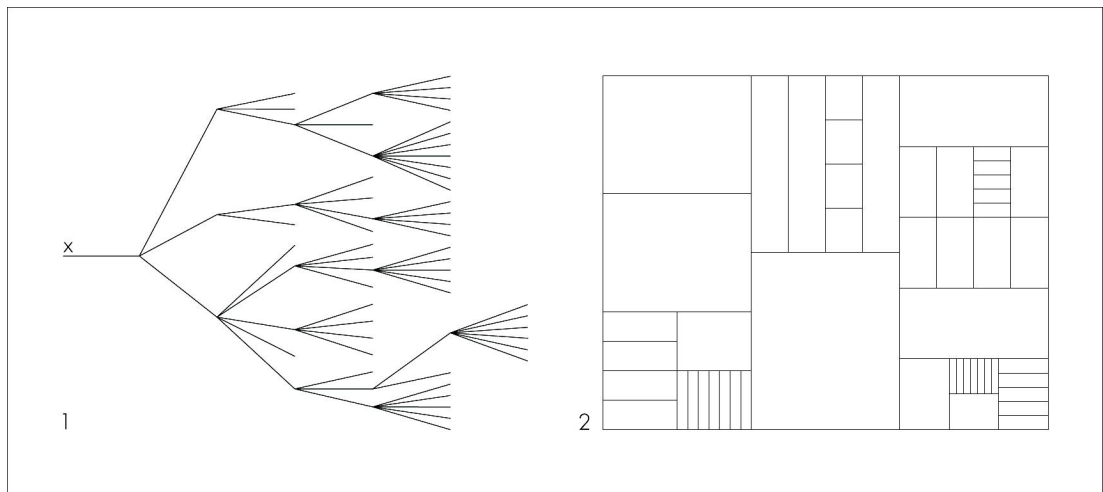


Fig. 55: Diferente codificación espacial para idéntico set de datos.

Generalmente se codifican a los treemaps de tal modo que la superficie de los rectángulos sea además proporcional a una característica específica de los datos. Así, en un treemap que visualice a los diferentes documentos archivados en un disco duro, serán las áreas de los rectángulos generalmente proporcionales al tamaño de los documentos representados. Esta tipología gráfica fue diseñada por Ben Shneiderman a principios de los años noventa del pasado siglo.¹³⁹

¹³⁹ SHNEIDERMAN 2009.

El contenido transmitido por ambas imágenes es idéntico, las dos traducen la misma estructura jerárquica al ámbito de lo visual. No obstante, la cambiante organización espacial hace que los diagramas difieran radicalmente en cuanto a las asociaciones que cada uno de ellos genera. Aunque la estructura de la figura 55.1 sea más sistemática y resulte menos caprichosa que la visualización que aun veíamos en la figura 54.1, siguen predominando las asociaciones con lo orgánico y lo natural. A partir de éstas resulta sencillo derivar conceptos como el crecimiento expansivo, y comprender el proceso representado a partir de una perspectiva temporal.

La asociación formal con un árbol pasa completamente desapercibida en la segunda imagen, y con ella la idea de crecimiento a través del tiempo. Esta tipología presenta en consecuencia claras ventajas a la hora de visualizar una estructura jerárquica que no implique aspectos temporales, al no generar asociaciones que sugieran una lectura no intencionada del contenido. Su empleo presenta sin embargo un claro inconveniente, pues la interpretación de los *treemaps* no es en absoluto intuitiva, al no basarse su diseño en los mecanismos propios de nuestra percepción, como sucede al contrario con los diagramas de árbol.¹⁴⁰ Para que el observador decodifique correctamente el contenido que la visualización transmite será imprescindible que éste se encuentre en posesión de conocimientos previos sobre la estructuración de la tipología; y aún cuando se conozcan a sus códigos, será necesario un cierto hábito para poder reconocer a simple vista la constitución de la organización del contenido.

¹⁴⁰ Véase WARE 2008, pp.62-64.

2.5.5 Interpretación metafórica de la traducción gráfica

Se han descrito a las *asociaciones metafóricas formales* como aquellas asociaciones que se originan a partir de la traducción gráfica del contenido de la visualización; dependen por lo tanto del lenguaje formal, del colorido y de las texturas empleadas. En este apartado se analizarán una serie de ejemplos en los que se modificará únicamente el uso de las *variables de color-textura*, sin reorganizar el diagrama a nivel espacial.

Retomemos de nuevo el diagrama descrito anteriormente, que visualiza la relación de parentesco entre las lenguas indoeuropeas. Recordemos que los idiomas son representados por líneas rectas y ordenados de modo circular en torno al punto del que surgen (fig. 56.1). En la imagen 56.2 se han sustituido las líneas rectas por líneas curvadas. La conexión entre la lengua original y sus descendientes parece ahora más fluida (lo cual se corresponde, como hemos visto, con el *principio de continuidad*), la figura como tal más sinuosa. La asociación con la idea de lo orgánico es ahora eminente, la identificación con un gran organismo vegetal en constante proceso de expansión es aun mayor que con la traducción lineal geométrica, aunque se encontraba ya inscrita en ésta a nivel estructural, como hemos visto en el ejemplo precedente.

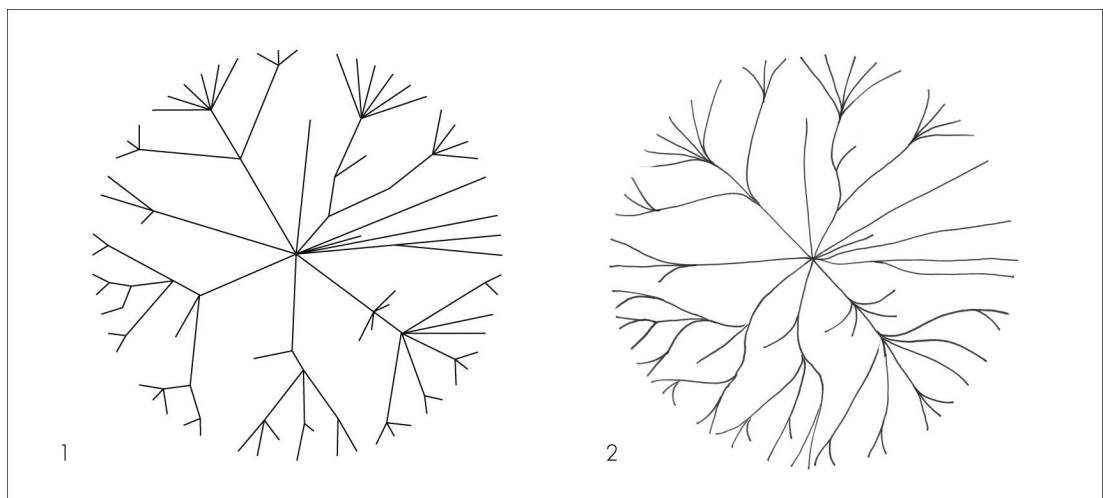


Fig. 56: Diagrama de la familia de las lenguas indoeuropeas: Diferente traducción visual para idéntico set de datos.

Los datos en los que se basan ambas imágenes son idénticos: El mismo número de líneas, equivalente cantidad de ramificaciones. La ordenación espacial de las informaciones tampoco sufre modificación. Es el lenguaje formal empleado para traducir gráficamente el contenido de la visualización quien ha amplificado, aun sin introducir asociaciones completamente nuevas, aquellas que ya sugería la misma estructuración del diagrama. No cabe duda de que se trata de una *asociación metafórica formal* y no de una *metáfora visual*, pues prescinde del uso de elementos figurativos, como podrían serlo en este caso la simulación de la textura de madera para el trazado de las ramas, o una serie de hojitas naturalistas posicionadas a lo largo de éstas, que harían que la asociación con una planta fuera ya ineludible. No obstante, se aproxima a ésta, al prescindir de aquello que suele considerarse como un *lenguaje formal neutro*.

Retomemos ahora el diagrama que en el ejemplo precedente visualizaba al árbol genealógico de una especie ficticia x (fig. 57.1). También aquí podrá alterarse la traducción gráfica de tal modo que se modifiquen las asociaciones metafóricas generadas por la imagen, aunque en este caso la alejarán de la metáfora sugerida por su propia ordenación espacial.

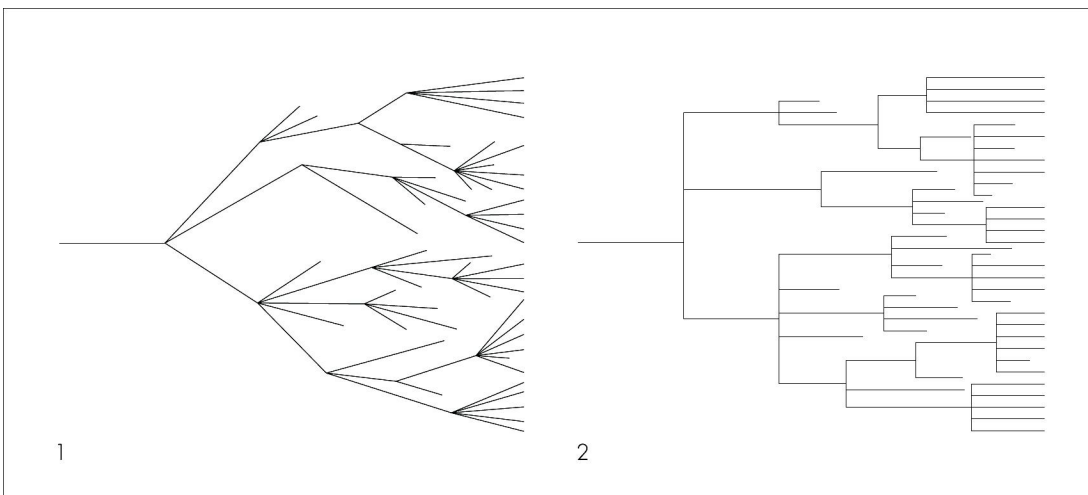


Fig. 57: Diferente traducción visual para idéntico set de datos

Sin alterar el contenido de las informaciones transmitidas, podemos crear un diagrama con un aspecto diferente, como aquél que se presenta en la figura 57.2. Para su trazado siguen empleándose exclusivamente líneas rectas, pero los ángulos

a los que dan origen las ramificaciones ahora ya no son ni agudos ni obtusos, sino siempre rectos. También aquí surge el cambio a partir de la modificación del lenguaje visual empleado, sus consecuencias se extienden sin embargo a la estructuración espacial de la imagen, pues para evitar superposiciones y conservar la legibilidad de la visualización ha sido necesario reorganizar el posicionamiento de los diferentes elementos, creando nuevas relaciones espaciales entre éstos.

Aunque a nivel estructural compartan ambas imágenes las mismas asociaciones metafóricas, dado que su organización se corresponde con aquello que habitualmente se denomina *árbol*, es la diferente traducción visual la que aleja a la figura 57.2 de la metáfora vegetal. A pesar del uso exclusivo de líneas rectas en el primer diagrama, predomina en éste la idea de lo orgánico y lo natural; en la segunda visualización se establecen al contrario asociaciones con lo mecánico, lo artificial, lo computable, lo maquinal. En este caso, la transformación asociativa es opuesta a la que hemos visto anteriormente, pues no refuerza la asociación metafórica estructural (o al menos la asociación que sugiere el nombre que la designa), sino que nos distancia de ella.

Las sensaciones a las que remiten ambas imágenes son completamente diferentes. Mientras que resulta poco problemático atribuir al proceso evolutivo retratado en la primera visualización características naturales, como pueden serlo el *crecimiento arbitrario* o la *diversificación azarosa*, se presupone para la segunda visualización un modo de proceder más sistemático, calculado y planificado. Las implicaciones asociadas al lenguaje visual geométrico y rectangular repercuten por lo tanto de modo significativo en las cualidades que concedemos a lo visualizado.

Se ha expuesto más arriba la dificultad de estimar la intencionalidad de las *asociaciones metafóricas*, al contrario de lo que sucede con las metáforas visuales, donde la interacción entre sujeto primario y sujeto secundario es sin lugar a dudas deliberada. Con este problema nos enfrentamos cuando queremos determinar si las diferentes asociaciones despertadas por los ejemplos presentados en este apartado son intencionadas, pues en ninguno de los dos casos codifican las diferentes traducciones visuales un contenido de manera explícita. No obstante, esto evidencia la imposibilidad de crear un lenguaje formal neutro, libre de connotaciones, pues toda expresión visual tiende a presentar una cierta disponibilidad hacia un tipo de asociación u otra.

2.5.6 Interpretación de los cambios de lenguaje gráfico no-codificados

Se ha descrito cómo la variación de las propiedades visuales en una imagen informativa tiende a ser interpretada por el observador como significativa, aunque el motivo para este cambio sea puramente decorativo o casual, y no subyazca a ningún código. El presente ejemplo muestra como esta diferencia formal puede dar origen a una interpretación metafórica del diagrama.

Retomemos de nuevo la imagen del árbol genealógico ficticio que hemos visto en el ejemplo precedente (fig. 58.1). Partiendo de los mismos datos, se ha diseñado la figura 58.2. Para ello se ha alterado únicamente la distribución vertical de las líneas, pero, como se ha explicado anteriormente, esta dimensión no se halla codificada, por lo que el contenido de la información transmitida no se ve afectado por la reorganización espacial. La estructuración temporal de la visualización sigue siendo la misma, la distancia horizontal entre los puntos de diversificación es constante en ambos diagramas. Tampoco se ha añadido ningún tipo de codificación suplementaria a la imagen, y siguen empleándose únicamente líneas rectas para la visualización del contenido.

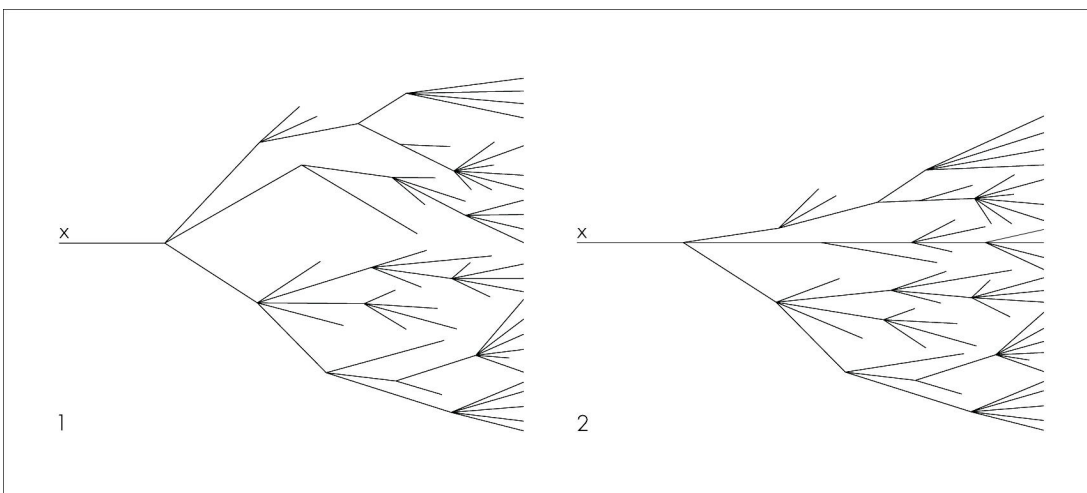


Fig. 58: Diferente traducción visual para idéntico set de datos.

Fijémonos ahora en la evolución de una especie concreta, descendiente de x , a la que llamaremos h . El camino que recorre esta especie a través del tiempo en la figura 59.1 es caprichoso: entre ascensos y descensos acaba llegando al presente, ocupando un lugar fortuito en la línea vertical. Es posible seguir el desarrollo de la misma especie h también en la imagen 59.2; pero, debido a la reorganización vertical del diagrama, el recorrido es ahora directo, sin rodeos. En cada punto de diversificación son las demás especies las que se desvían hacia los laterales, mientras que h prosigue sin vacilar su camino.

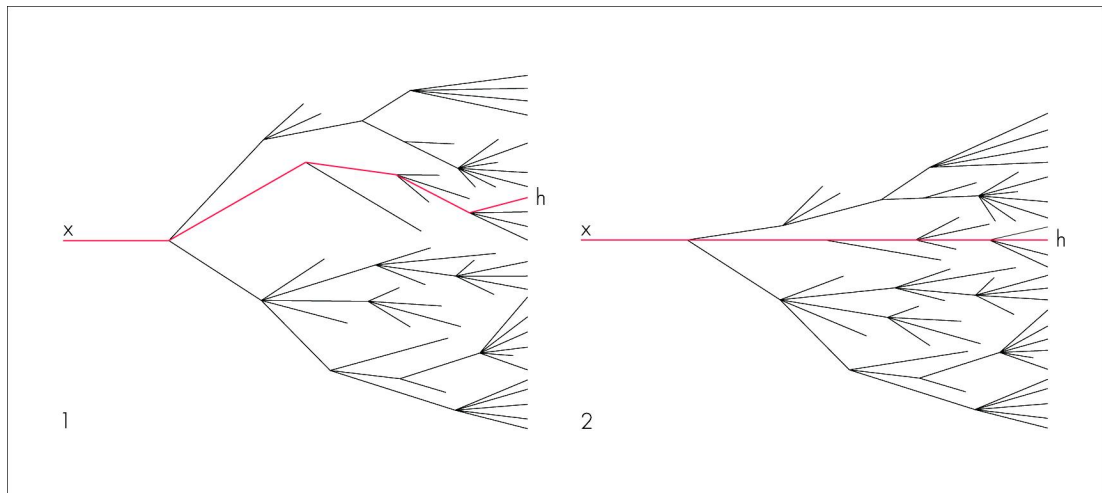


Fig. 59: Visualización del desarrollo evolutivo de la especie h .

Al alterar la distribución vertical de la visualización no hemos modificado el sistema de codificación espacial existente, pero sí hemos dado origen a un nuevo lenguaje gráfico, pues ahora pueden distinguirse dos tipos de líneas diferentes: junto a la línea de flexiones múltiples de la que se componía exclusivamente la primera imagen, surge ahora la línea recta continua. Es fácil entonces atribuir un significado particular a aquella especie cuyo trazado la distingue de las demás. Esta reacción está estrechamente ligada con los mecanismos propios de nuestra percepción: el *principio de la semejanza* explica como tienden a agruparse aquellos elementos que son similares entre sí. En consecuencia es lógico que se interprete la diferencia del lenguaje visual como significativa.

Una vez constituida la diferenciación entre especies de evolución flexionada y aquella otra de evolución directa, es interpretada la variación de la traducción visual

de modo metafórico. Al camino directo se le atribuyen conceptos como aquél de la seguridad, la determinación, lo racional, incluso lo predestinado; con la línea flexionada se asocian ideas como lo errático, lo inseguro, lo azaroso o lo irracional.

La disposición de una especie concreta en la misma horizontal en la que se sitúa su origen, de modo que ambos queden vinculados por una línea recta continua, en contraste con las líneas flexionadas que unen a las demás especies con este mismo origen, es una estrategia empleada con cierta frecuencia para centrar la atención del observador en un desarrollo evolutivo específico (aquél visualizado por la línea recta). La interpretación metafórica de esta diferencia formal es prácticamente inevitable, aunque también aquí queda abierto si esta asociación es intencionada o no, pues no se halla codificada de manera explícita. El conflicto entre codificación y lectura metafórica suele resolverse en favor de esta última.

2.5.7 Interpretación metafórica de la abstracción (metáfora ontológica)

En este apartado se analizarán dos ejemplos en los que el carácter abstracto de la visualización influye de manera decisiva en la comprensión del contenido expuesto. Retomemos para ello el diagrama que visualiza la relación de parentesco que las lenguas indoeuropeas guardan entre sí. En él, los idiomas, representados por líneas rectas, se ordenan de modo circular en torno al protoindoeuropeo, punto del que originalmente proceden (fig. 44).

La visualización de un proceso evolutivo como una serie de líneas continuas y ramificadas se ha convertido en una forma convencional de comunicar este tipo de contenidos. Su omnipresencia nos hace olvidar el elevado grado de abstracción que presupone la equiparación del concepto de *lingua* con una línea gráfica.¹⁴¹ Las lenguas se encuentran en un constante proceso de transformación, no son homogéneas ni constantes, ni a nivel *sincrónico* (siempre coexisten una serie de variedades lin-

¹⁴¹ Lo mismo sucede cuando se representa el concepto *especie* a través de una simple línea, como es habitual en la visualización de la evolución de los seres vivos.

güísticas, inteligibles entre sí) ni a nivel *diacrónico* (la lengua está en un proceso continuo de modificación, al que se denomina *cambio lingüístico*). La línea uniformemente coloreada, delimitada de modo preciso del fondo sobre el que es trazada, no presenta gran semejanza con aquello a lo que representa.

Prestemos atención a un aspecto específico de la evolución de las lenguas: a su diversificación. En la visualización habitual se representa este fenómeno como un punto determinado a partir del cual se ramifica la línea. Los nuevos tallos relevan, por así decirlo, la línea original. La realidad lingüística difiere habitualmente de esta representación. El *proceso de diversificación* es un proceso prolongado, en el que las diferentes variedades lingüísticas adquieren cada vez mayor relevancia, y donde la confluencia de una serie de circunstancias políticas, económicas o sociales, como por ejemplo el fin de una ocupación territorial o la pérdida de las relaciones comerciales con una población vecina, hacen que se desvanezca el interés de los hablantes por emplear la lengua establecida como estándar comunicativo. Por ejemplo, en el proceso de formación de las lenguas románicas discurrieron casi mil años desde el momento en el que empiezan a aparecer diferentes formas de *latín vulgar* (nombre genérico con el que se designa a los dialectos vernáculos del latín) hasta que éstos se diferencian con claridad y son finalmente reconocidos como lenguas romances en el siglo IX.

El diagrama que vemos en la figura 60.2 visualiza el proceso de diversificación de un modo menos sintético que la figura 60.1. Las líneas nítidas y monocromas han sido sustituidas por formas de contornos indefinidos, de tonalidad variante. Se advierte ahora como los momentos de ramificación están constituidos por zonas más extensas y de menor nitidez, en las que empiezan a distinguirse paulatinamente los orígenes de aquello que serán las nuevas ramas, que más adelante alcanzarán su período de mayor definición. El diagrama ya no comunica convicción, certeza y precisión del modo que lo hacía en la variante anterior, es ahora más complejo e incierto, y menos simplista.

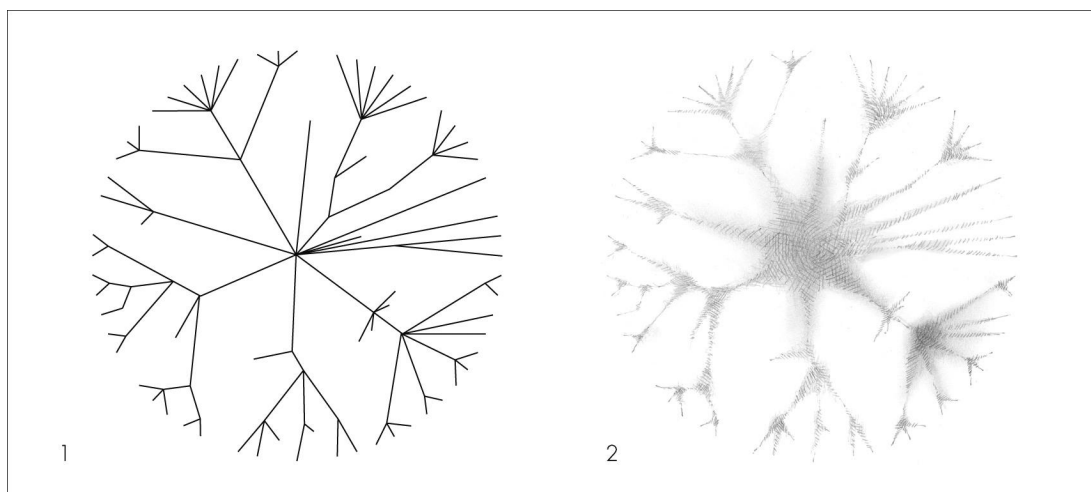


Fig. 60: Diagrama de la familia de las lenguas indoeuropeas. 1. Teoría del parentesco. 2. Visualización alternativa de la teoría del parentesco.

Aunque el contenido que transmiten ambas imágenes sea básicamente el mismo, engloba la figura 60.2 información sobre la dinámica de los procesos lingüísticos que no encontramos en la primera. La diferencia entre las dos imágenes no se limita al lenguaje visual empleado. No obstante, es a través de éste que la diferencia de contenido encuentra su expresión.

Cabe plantearse si la visualización de un idioma como línea no es un caso de *metáfora ontológica*, a la que Lakoff/Johnson describen como aquel tipo de metáfora en la que se proyecta la idea de lo corpóreo, lo finito, lo definido, sobre conceptos que en sí no poseen estas características. Al aplicar las características visuales de la línea: rectitud, homogeneidad, precisión, delimitación, sobre un concepto tan abierto como *lenguaje* se nos permite captarlo mejor, a la vez que se simplifica el modo en el que podemos hacer referencia a él. Surge aquí la pregunta si no se trata acaso incluso de una doble metáfora: la primera establecida a nivel lingüístico (el concepto *lengua* como metáfora ontológica), a la que se superpone una segunda metáfora al visualizar lengua como línea gráfica (la *abstracción* como metáfora ontológica).

El hecho de representar un idioma como línea recta constituye una abstracción de indudable utilidad cuando se trata de comunicar una serie de informaciones sobre su evolución, pues posibilita que nos concentremos más fácilmente en aquello que se nos quiere transmitir. Por ejemplo, que la lengua *x* dio origen a una serie de nuevas lenguas. Algunas de ellas se extinguieron, otras se diversificaron de nuevo y

perduran hasta hoy. No obstante, esa misma simplificación proyecta una imagen de la lengua que no se corresponde con la realidad. Cada vez que vemos este tipo de diagrama se nos sugiere de nuevo que una lengua es definida y homogénea. Esta visión del idioma se establece y permanece en nuestra consciencia, trascendiendo el contexto específico en el que la simplificación cumplía un cometido concreto, transfiriéndose a otras discusiones relacionadas con la lingüística, en las que sería conveniente poseer una comprensión más diferenciada del tema.

El significado de la problemática varía dependiendo de la función que deba desempeñar la imagen y del público al que vaya destinada. En su uso científico suele ir acompañada por un conocimiento extensivo de la materia, lo que hace que los usuarios reconozcan la abstracción como tal. El uso popular de este tipo de visualización, en el que el diagrama es empleado como herramienta para la comunicación de teorías o hipótesis científicas a un amplio público, es algo más ambiguo, pues a menudo es interpretada la imagen de un modo más naturalista que lo que fue intencionado originalmente. La razón por la que se sigue empleando esta tipología a pesar de los diversos problemas interpretativos que origina, se debe no tanto a la falta del conocimiento adicional necesario, pues éste se encuentra a menudo al alcance de quien crea la imagen, sino al hecho que este tipo de imagen se ha convertido en una *tipología estandarizada* a la hora de expresar contenidos evolutivos.

Para eludir las diversas dificultades que estas representaciones originan en su uso popular, resulta de gran utilidad la contraposición de dos visualizaciones, en la que cada una cumple una función particular. En el ejemplo descrito visualizaría la primera las relaciones de parentesco entre los idiomas, subrayando la segunda el carácter específico del lenguaje.

Finalmente, hay que añadir que la problemática no sólo tiene que ver con la intención o la convención representativa, sino también con la técnica en la que la imagen es realizada. El medio digital tiende a favorecer visualizaciones vectoriales, en especial cuando las imágenes son generadas directamente por un programa, basándose en informaciones procedentes de una base de datos, como sucede por ejemplo con los *cladogramas*. La creación de formas irregulares, amoldadas a casos particulares, o de superficies heterogéneas, como se encuentran en la figura 60.2, resulta menos compleja cuando se realiza a través de las técnicas del dibujo tradicional, que cuando se visualizan por medio de las nuevas tecnologías.

El ya explicado *círculo indoeuropeo*, el cual forma parte de una aplicación interactiva realizada por P. López, visualiza sobre una estructura circular a las diferentes lenguas indoeuropeas; el código cromático permite una clara identificación de las diez familias lingüísticas que lo constituyen. Los círculos concéntricos que se superponen a la estructura constituyen una escala temporal absoluta, de modo que el centro indica el origen de la protolengua (hace presuntamente seis milenios) y la periferia la actualidad.

La figura 61.1 muestra otra pantalla de la misma aplicación interactiva. Aquí se visualizan las conexiones que relacionan un término alemán contemporáneo (en el ejemplo la palabra *gelb*) a través de su origen protoindoeuropeo con otros términos lingüísticos actuales que surgieron de la misma raíz. Estas informaciones se organizan sobre la misma estructura circular que hemos visto en la figura 44; la variedad de colores que caracterizaba a ésta ha sido sustituida ahora por el color azul, que corresponde en el código cromático a la familia de las lenguas germánicas (familia a la cual pertenece el alemán, cuyo vocabulario se visualiza aquí). Las gradaciones tonales señalan los diferentes períodos de esta lengua.

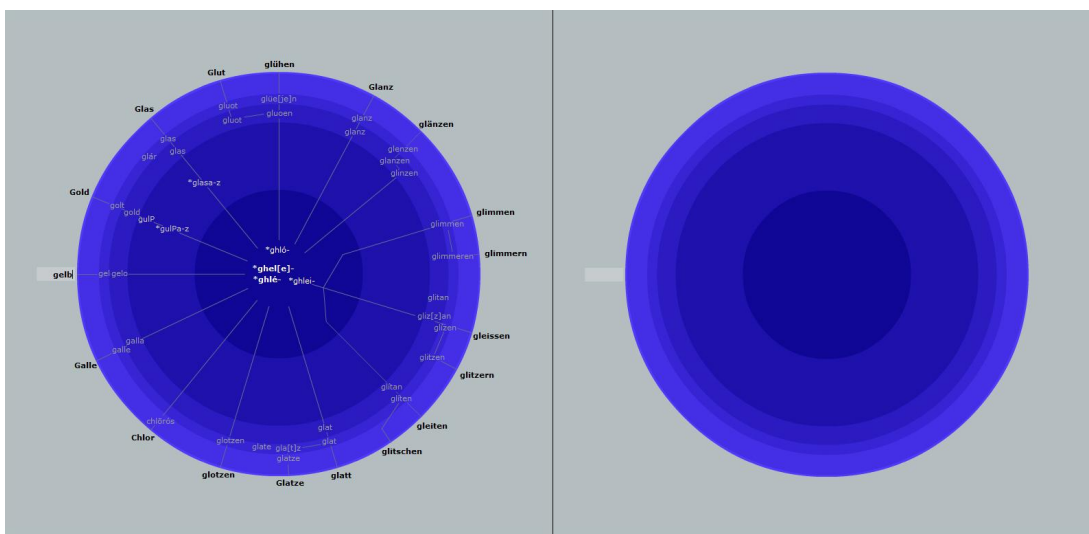


Fig. 61: 1. Círculo de la lengua alemana en uso. 2. Estructura del círculo de la lengua alemana.

Un *período lingüístico* como tal es un concepto abstracto que se superpone a la evolución histórica de una lengua. Todo idioma se encuentra en un constante proceso de cambio, el denominado *cambio lingüístico*. La división de este cambio continuo en una serie de etapas será siempre artificial. Así se agrupan los diferentes

estados de un idioma en torno a un grupo de características compartidas, asignándoles un límite temporal concreto. Por otra parte, el número de períodos establecidos dependerá de nuestro conocimiento de una lengua y sus variaciones, donde tengamos un conocimiento más extenso será posible crear diferenciaciones más sutiles. Así se explica que el número de períodos lingüísticos se sucedan con mayor rapidez conforme nos aproximamos al presente (fig. 61.2), dado que incrementa el número de fuentes escritas conservadas. La cantidad de documentos de los que dispongamos influirá a su vez en la precisión de los límites establecidos. Cuanto más retrocedamos en el tiempo, más aproximativos serán estos valores.

Es evidente que el cambio de un período lingüístico a otro no supone una alteración real de los hábitos verbales de una comunidad en un momento histórico específico. La variación se sucede de una manera continua, los implicados no suelen siquiera apercibirse de ella. No obstante, la visualización de los períodos de la lengua alemana que observamos en la figura 61.2, en la que éstos se nos presentan como zonas cromáticas perfectamente delimitadas, con un borde preciso y pulcro, parece comunicarnos lo contrario. Al igual que se ha visto en el ejemplo anterior, en el cual se proyecta sobre el concepto de lengua una uniformidad y delimitación que no se corresponde con las cualidades verdaderas del objeto al que define, se establece aquí un lenguaje formal que permite presuponer que los períodos lingüísticos son eventos reales y específicos que pueden localizarse de manera exacta en el tiempo.

A esta visualización se opone aquella otra de la figura 62.1. Los bordes nítidos han sido suavizados a través de la creación de pequeños degradados que hacen que el paso de un tono a otro sea visualmente menos brusco. Cuanto más nos adentramos en el pasado, más borrosos e indefinidos se presentan estos límites. En vista a que el número de fuentes escritas disminuye conforme retrocedemos en el tiempo, deberán ser las delimitaciones temporales cada vez menos precisas. De este modo se previene que la visualización genere una visión excesivamente limitada de aquello que es un *período lingüístico*.¹⁴²

¹⁴² Es evidente que el número de documentos no decrece siempre proporcionalmente con los años. Existen múltiples excepciones: períodos de los que, por cuestiones del azar (los documentos de una biblioteca mesopotámica se conservaron debido a un incendio que ésta sufrió: así, las tablillas de arcilla se cocieron, quedando conservadas para la posteridad), debido a la materialidad del

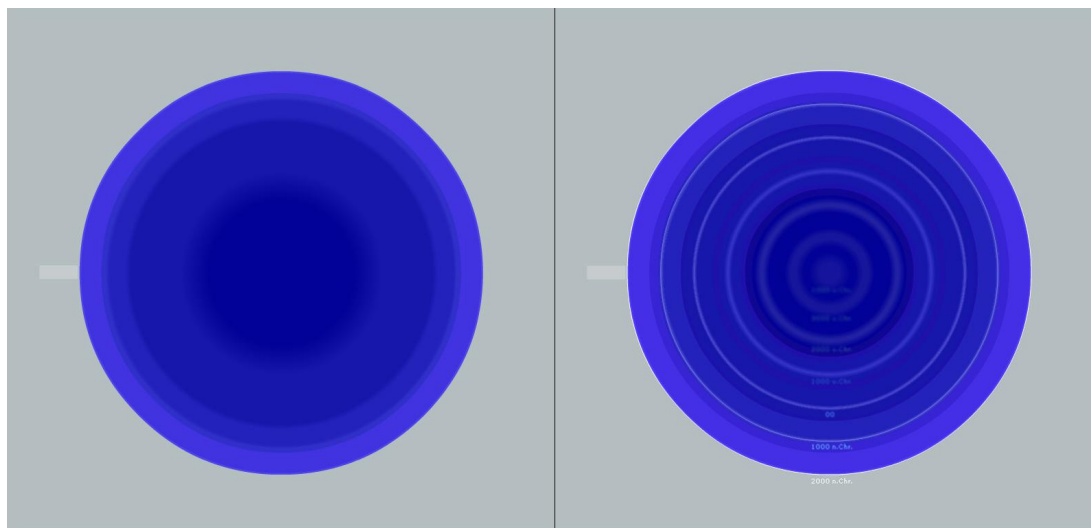


Fig. 62: 1. Visualización alternativa de los períodos de la lengua alemana. 2. Visualización alternativa de la escala temporal.

Cabe cuestionarse entonces el significado de la *estructuración temporal* misma que subyace a estas visualizaciones. El número de informaciones a las que tenemos acceso disminuye conforme nos adentramos en el pasado, independientemente del tema de estudio. La localización de eventos es en consecuencia más aproximativa e incierta cuanto más nos alejamos del presente. La nitidez de la escala temporal es por lo tanto engañosa, pues sugiere idéntica precisión a través del tiempo. Dado que los acontecimientos pasados no podrán ser posicionados de manera exacta sobre ella, sería conveniente comunicar este aspecto a través de la traducción visual de la misma. La figura 62.2 representa por ello la escala temporal ya no como siete nítidos círculos concéntricos, como se hacía en la aplicación interactiva original, sino como una serie de circunferencias cuyos contornos se diluyen conforme se aproximan al centro. Este ejemplo nos sirve como introducción al ejemplo siguiente, que se dedica de modo específico a la visualización de la incertidumbre.

soporte seleccionado (inscripciones en piedra) o por la importancia que los pueblos venideros otorgaban a las obras de sus antecesores, se conserva una documentación insólitamente extensa. No obstante, a nivel general sí se puede afirmar que el número de vestigios es menor cuanto más lejano quede el momento de su origen.

2.5.8 Interpretación metafórica de la nitidez

En los ejemplos precedentes se han descrito diferentes modos en los que la traducción visual puede afectar la interpretación del contenido expuesto, sin que éste sea propiamente modificado. Este ejemplo se centrará en la manera en la que estas decisiones formales afectan nuestra percepción de una propiedad que a menudo caracteriza a los datos visualizados: la *incertidumbre*. Aunque los diagramas son empleados con frecuencia para la expresión de informaciones cuya autenticidad y certeza queda fuera de duda, es asimismo muy habitual que los datos expresen valores aproximativos, o que comuniquen teorías cuya certeza aun no haya sido demostrada con el rigor científico necesario. La visualización permite entonces la presentación de estos datos o hipótesis frente a otros expertos, y facilita así su discusión en grupo.

Para ejemplificar la problemática estudiada en este apartado realizaremos de nuevo una breve excursión al ámbito de las gráficas cuantitativas. La *estadística*, a la que también se denomina *ciencia de la incertidumbre*, es una rama de la matemática que se dedica a la recolección, al análisis y a la interpretación de datos.¹⁴³ Sus orígenes se hallan en la teoría de la probabilidad, por lo que aun hoy se emplea como herramienta de ayuda en la toma de decisiones. También se hace uso de ella para explicar la regularidad o irregularidad de algún fenómeno estudiado, ya sea éste de ocurrencia aleatoria o condicional.¹⁴⁴

Howard Wainer describe y estudia en su más reciente publicación titulada «Picturing the Uncertain World» las diferentes situaciones en las que se enfrenta el analítico al problema de la incertidumbre en su trabajo, empezando por la recolección de datos, pasando por su análisis y su interpretación, hasta llegar finalmente a la comunicación de los resultados obtenidos. Al realizar un estudio estadístico es habitual que éste no se efectúe en la totalidad de la población, sino a partir de una muestra. La diferencia calculada de modo teórico entre el resultado alcanzado a par-

¹⁴³ WAINER 2009, p.2.

¹⁴⁴ WAINER 2009, p.157. Generalmente se considera a Jacob Bernoulli (1654-1705) como padre de la cuantificación de la incertidumbre; su trabajo fue amplificado y profundizado por Abraham De Moivre (1667-1754).

tir de la muestra y aquél otro que hubiéramos obtenido al realizar el estudio en la población completa es lo que se denomina *error muestral*: es éste uno de los múltiples indicadores de la *incertidumbre estadística*.

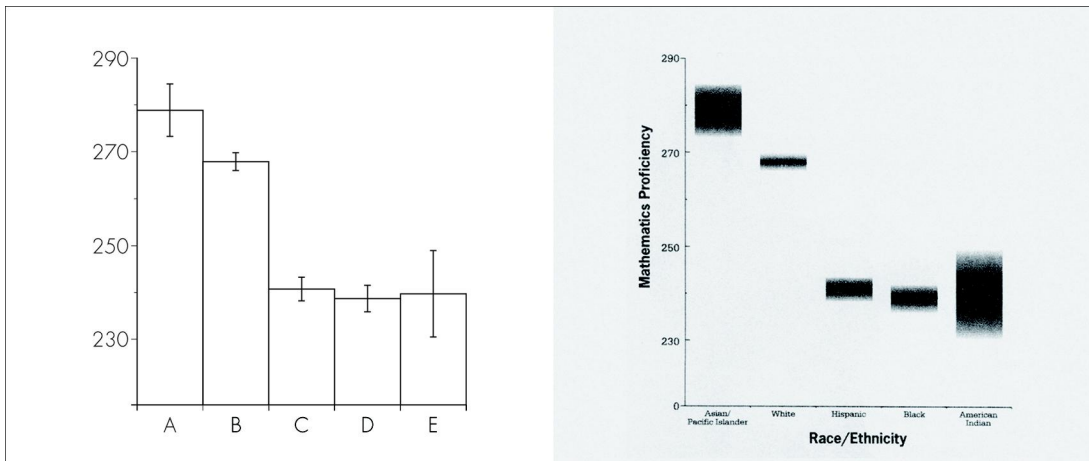


Fig. 63: Visualización de una media y su error estándar. 1. Visualización clásica.
2. Traducción visual alternativa propuesta por Howard Wainer.

Existen tipologías gráficas específicas que permiten visualizar, además del resultado, la estimación de la precisión del estudio. En la figura 63.1 se presenta una de estas imágenes.¹⁴⁵ El borde superior de las barras indica en este caso específico las medias calculadas a partir de un determinado set de datos. Las finas líneas perpendiculares superpuestas al extremo superior de estas barras expresan información adicional sobre los números visualizados, aquí el *error estándar*. El lenguaje gráfico es lineal y ortogonal.

En contraste con esta imagen, se presenta en la figura 63.2 la visualización propuesta por Wainer. Los datos comunicados son idénticos.¹⁴⁶ En ambos ejemplos se estructura el espacio de manera numérica, permitiendo derivar indicaciones cuantitativas de precisión similar, ya que la escala proporcionada es relativamente poco

¹⁴⁵ Esta gráfica ha sido realizada por P. López, basándose en los datos y las proporciones de la visualización de Howard Wainer (fig. 64.2), ateniéndose a los hábitos de la tipología estandarizada de esta temática para permitir una más fácil comparación de las dos imágenes. Para la tipología estandarizada, véase WAINER 2009, pp.121-48, y HARRIS 1999, p.148.

¹⁴⁶ En la figura 64.1 se han omitido únicamente las leyendas, ya que éstas no realizan un aporte significativo en cuanto al lenguaje formal empleado para este análisis específico.

minuciosa. No obstante, mientras que en la primera ilustración se expresa la media y el error como dos valores independientes, superpuestos de manera gráfica (barra y línea vertical), confluyen los dos datos estadísticos en la segunda visualización, dando origen a un único elemento, cuyos contornos verticales son imprecisos, indefinidos, debido al uso de un degradado tonal. La ubicación del punto a partir del cual empieza a aclararse el degradado, viene determinado tanto por el nivel de la media como por el error estándar estimado.

Wainer describe la manera en la cual la sustitución de los límites claros y nítidos por zonas degradadas imposibilita la designación de un único número unívoco que caracterice a cada uno de los grupos representados. Pero más significativo es el cambio que la gráfica ha experimentado en cuanto a la impresión general que la imagen retransmite. Las líneas precisas, exactas, perfectamente delimitadas han sido sustituidas por zonas fluctuantes, de difícil especificación. La imagen adquiere un aspecto global de menor definición. La falibilidad de los datos se comprende ahora de modo intuitivo al interpretar la traducción visual de modo metafórico, atribuyendo a los datos visualizados un cierto aspecto nebuloso, indefinido e inaccesible, disociándolos de la idea de lo absoluto y lo tangible que el lenguaje visual precedente les otorgaba. Como bien reconoce el propio autor, la precisión se ha convertido en parte integral de la visualización.

Wainer plantea en su obra otros enfoques posibles para visualizar la falibilidad de los datos representados. Así presenta un ejemplo gráfico en el cual los ejes expresan únicamente la variación de menor a mayor de una variable (de poco a mucho), lo cual sigue permitiendo deducir la relación entre las dos variables expresadas, pero sin posibilitar conclusiones incorrectamente precisas. Pronostica además un futuro prometedor a la visualización dinámica de la incertidumbre.¹⁴⁷

¹⁴⁷ WAINER 2009, p.138-142.

Una aproximación más radical a la temática de la visualización de la incertidumbre se encuentra en el contexto de un proyecto de investigación llevado a cabo por la Escuela Superior de Arte de Zurich (ZHDK). La meta de este proyecto consistía en estudiar y desarrollar las posibilidades de un nuevo lenguaje formal que constituyera una alternativa viable a las tipologías visuales que se emplean en la actualidad en la comunicación de las Ciencias Naturales a un público no especializado. El proyecto se componía de una parte analítica, en la que un grupo constituido por profesionales procedentes de las ciencias, la comunicación y el diseño discutía de modo periódico sobre los usos y significados que se concebían a las imágenes en la comunicación científica. En la parte práctica del proyecto se dedicaban un grupo de diseñadores al rediseño de un artículo específico, publicado en una revista de divulgación científica. Los resultados obtenidos eran discutidos a continuación con los expertos de las diferentes disciplinas.¹⁴⁸ La mayoría del material visual creado con este propósito es figurativo, de carácter ilustrativo; no obstante, dos de los ejemplos son cuantitativos.

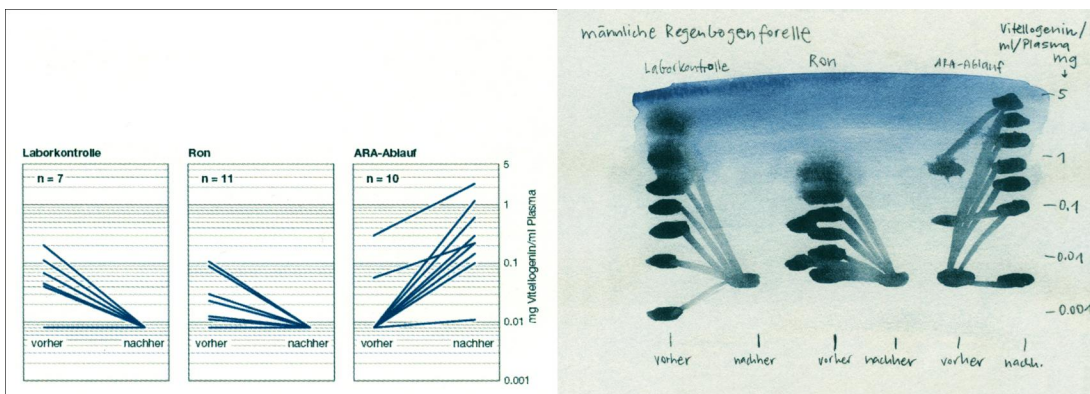


Fig. 64: Experimento gráfico realizado por un proyecto de investigación de la ZHDK, 2003.
1. Diagrama original. 2. Variante visual creada por Tom Menzi.

La figura 64.1 muestra a la gráfica original empleada en la citada revista. A su derecha se encuentra la traducción visual realizada en el contexto del proyecto. Las informaciones que transmiten ambas imágenes son, según los autores de esta segunda visualización, idénticas.¹⁴⁹ No obstante, la irregular distribución espacial de

¹⁴⁸ GERIG/VÖGELI 2003, para una detallada documentación de las discusiones llevadas a cabo entre los participantes, así como del material visual creado en el transcurso de este proyecto.

¹⁴⁹ GERIG/VÖGELI 2003, p.42.

las líneas horizontales de la gráfica original, que en la segunda visualización ha sido sustituida por un fondo degradado, no es simplemente decorativa. Se trata de un modo de indicar que la escala vertical es *logarítmica* en vez de *lineal*. Es sin embargo cierto que su significado, dado el poco frecuente uso popular de este código visual, no hubiera sido percibido por la mayoría de los lectores a los cuales se dirige la revista. De hecho, cabe plantearse si resulta razonable incorporar este tipo de gráficas en publicaciones dedicadas a un público no-experto.¹⁵⁰

El lenguaje formal que genera la visualización alternativa es opuesto al de la gráfica original: lo linear, preciso de la figura 64.1 ha sido sustituido por lo difuminado, lo borroso, lo diluido. De este modo subrayan sus autores la “*frágil constitución de los datos*”, dado que las informaciones visualizadas proceden de muestras obtenidas a partir de una población muy reducida, lo cual permite cuestionar el significado de las conclusiones que puedan sustraerse a partir de ellas.

Aquí no es, como hemos visto en los ejemplos precedentes, sólo el uso de un cierto vocabulario formal el que provoca asociaciones metafóricas: es el mismo medio artístico empleado el que se convierte en metáfora. La acuarela como técnica pictórica es comprendida habitualmente como medio de la expresión poética, de carácter sutil y sensible. Sus transparencias y su colorido hacen que se la suela asociar con lo libre, ligero, luminoso y optimista. La técnica del lavado, que concede a la imagen ese aspecto acuoso, indefinido y fluyente, parece simbolizar lo azaroso, lo incontrolable, lo casual e impredecible. La figura 64.2 proyecta de modo intencionado el sistema de implicaciones asociadas conectadas al mismo medio, sobre el contenido de la imagen. Resulta ahora difícil concebir que lo visualizado no sean simples suposiciones, sino datos y hechos reales, la precisión de estas informaciones queda cuestionada de modo visual.

La respuesta que el grupo de diseñadores recibió por parte del equipo de expertos fue muy variada. Mientras que unos consideraban el aspecto crítico e irónico de la imagen inapropiado para la comunicación científica, aplaudían otros su atractivo visual, que a su vez invitaba al público no experto a reflexionar sobre lo representado.¹⁵¹

¹⁵⁰ HARRIS 1999, pp.334-342; BERTIN 1974, pp.54-55.

¹⁵¹ GERIG/VÖGELI 2003, p.42.

2.5.9 Interpretación metafórica del medio gráfico

No cabe duda que el lenguaje visual depende significativamente del medio gráfico en el que éste se expresa, como hemos visto en el ejemplo precedente. En el transcurso del tiempo se han impuesto ciertos usos convencionales para los diferentes medios, relacionados estrechamente con aspectos prácticos y económicos. Así, lápiz y bolígrafo tienden a emplearse para fijar lo inmediato y lo personal, mientras que el medio impreso es utilizado para lo definitivo, lo establecido, lo oficial. La amplia difusión del ordenador personal en las últimas décadas ha introducido un cambio significativo en esta situación, posibilitando el acceso de cualquier usuario a una estética próxima a aquella que habitualmente se atribuía a la imprenta. No obstante, la interpretación metafórica del medio gráfico continúa ateniéndose a las asociaciones que tradicionalmente acompañaban a las diferentes técnicas visuales.

En este apartado se analizan los problemas que surgen cuando se representan gráficamente aquellas ideas que aun no han sido confirmadas, que se mueven en el ámbito de lo hipotético, sin ser consideradas todavía como teorías establecidas. Su visualización suele constituir una fase habitual en el proceso de una investigación científica en múltiples disciplinas. El carácter provisional de estas imágenes es reconocido fácilmente por aquellos que por su propia práctica laboral están acostumbrados al trabajo con este tipo de representaciones. No obstante, el lenguaje visual del diagrama no siempre respalda el carácter hipotético del contenido traducido. La selección del medio a través del cual se expresan las informaciones dirige significativamente la percepción que el observador adquiere sobre la función que corresponde a la imagen dentro del proceso científico.

Así, resulta sencillo comprender el carácter hipotético de un bosquejo a lápiz, donde los rápidos trazos de grafito parecen haber capturado sobre el papel una fugaz idea. Las huellas de aquello que fue borrado dejan entrever el proceso de generación de la imagen misma, en la que se alternan incansablemente la suposición, la duda, la evaluación, la rectificación y el experimento. Igual sucede con los dibujos en tinta, donde las titubeantes líneas parecen reflejar el proceso de pensamiento de su autor, el cual, a la vez que dirige a su propia mano, evalúa las infinitas posibilidades que se abren ante él con cada trazo. La misma inseguridad formal de

las líneas parece cuestionar la ubicación de sus trazos, relativizando el carácter absoluto de éstos. Los tachones completan el lenguaje de lo dudoso y lo hipotético.

En la figura 65 vemos dos bocetos que Charles Darwin dibujó en su libro de notas. Los pequeños esquemas que vemos en 65.1 son las primeras visualizaciones que acompañaron los inicios de su teoría evolutiva en 1837; el diagrama que presenta la figura 65.2 es el último que realizó en el año 1868 en relación con esta temática. Los pequeños dibujos narran en baja voz los inicios de una nueva teoría, que en ese momento aun no gozaba de la plena confianza por parte de su propio autor. No obstante, la posición central que las imágenes, a pesar de su reducido tamaño, ocupan en la página, nos convence de la relevancia que éstas poseían en el proceso mismo del pensamiento de Darwin. Estas gráciles figuras contrastan con aquella visualización que realiza treinta años más tarde. Superponiendo línea sobre línea crea una estructura rígida y angular, en la que algunas líneas despachadas son retomadas tras un nuevo examen, otras son rayadas enérgicamente, a la vez que otras nuevas son añadidas a la composición. El diagrama es menos abstracto que sus predecesores, no se trata ya de la visualización de un proceso a modo general, sino del trazado concreto de un árbol genealógico de los primates. Correcciones y tachaduras reflejan las vacilaciones e inseguridades, surgidas en el curso de un intento esforzado por lograr establecer un orden significativo en la imagen, donde la posición exacta de las ramas es decisiva.

El carácter hipotético de estas imágenes de Darwin resulta evidente. En la actualidad se ha convertido sin embargo el ordenador en la principal herramienta de trabajo para la gran mayoría de los científicos. Los bocetos iniciales, y más aun aquellos destinados a la comunicación con otros expertos, suelen realizarse ahora directamente en este medio. El lenguaje gráfico que generan las imágenes digitales es muy diferente. Las líneas, definidas como vectores, son rectas, sin la más ligera curva o desvío en su trayecto, ni variación en su grosor. Obviamente es posible imitar, empleando un programa informático adecuado, una línea de lápiz, o crear un trazado más orgánico; no obstante, estas texturas nunca dejarán de ser artificiales y decorativas, dado que su variación formal no emerge de la relación del trazado con el pensamiento que las origina, sino de un código informático independiente. Supondría, además, la incorporación de un paso adicional al proceso de visualización, del cual podría prescindirse, ya que no añade un significado específico a la

imagen. Es cierto que las tabletas gráficas permiten cada vez más volver a establecer una relación entre el trazado de la línea y su visualización. Los mejores resultados se obtienen sin embargo con la creación de gráficos rasterizados (aquellos que se basan en una matriz de píxeles, dando por lo tanto origen a documentos relativamente pesados) y no con los gráficos vectoriales. Imágenes como los *cladogramas*, que suelen visualizar una hipótesis de similitud entre diferentes especies, son generadas por un programa informático específico. Desaparece, por lo tanto, en un sentido estricto incluso la mano que crea la visualización.

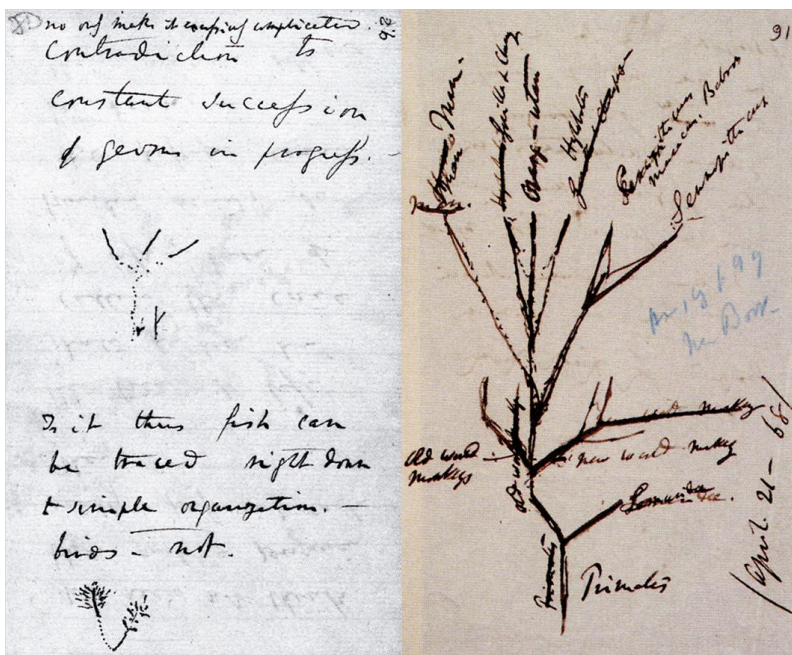


Fig. 65: Bosquejos realizados por Darwin. 1. Primeras ilustraciones del proceso evolutivo, 1837. 2. Árbol genealógico de los primates, 1868.

En las ilustraciones digitales se pierde además la comprensión del proceso de creación del diagrama. Los cambios de posición que los diferentes elementos experimentaron de manera sucesiva hasta alcanzar su ubicación final no quedan documentados, las líneas borradas desaparecen sin dejar huella. La imagen final es estática y absoluta, la impresión general pulcra y decidida.

El carácter hipotético que registramos en las imágenes manuales (lápiz, tinta) nunca forma parte del código explícito del diagrama, sino que queda plasmado de modo incidental, casual, surgiendo de las características propias del medio empleado. Probablemente es debido a ésto que nunca se ha intentado crear un lenguaje

similar para aquellos otros medios que no registran el proceso de dibujo de manera automática: no existe el deseo de restablecer un aspecto que en sí no era considerado significativo. La comunicación de lo hipotético se pierde por lo tanto para la mirada de la persona no experta, que desconoce los procesos en los que se basa la imagen.

También los científicos participantes en el proyecto de investigación descrito en el apartado anterior consideran problemático el hecho que las imágenes retraten a la ciencia como algo seguro, concluido y determinado, dado que todos ellos la conocen, basándose en su propia experiencia práctica, como un proceso abierto y sin garantías. Los autores del estudio describen sin embargo que mientras que en la discusión se mostraban siempre todos los participantes favorables a la creación de un nuevo lenguaje visual que relativizara su carácter absoluto, eran a cambio las reacciones menos entusiastas cuando se trataba de evaluar a visualizaciones concretas. Esto puede deberse sin embargo también al hecho que las imágenes propuestas por el equipo de diseñadores fueran de carácter decididamente artístico, y que por ello resultaran a ojos de los científicos más como una reinterpretación de los contenidos originales que como una traducción visual alternativa. Las nuevas visualizaciones resultaban excesivamente diferentes del material gráfico que los científicos crean en su trabajo cotidiano. El establecimiento de un código más sencillo, como por ejemplo aquel descrito por Wainer, probablemente hubiera tenido mejor acogida.

El problema de la traducción visual se agrava aún más si cabe cuando las hipótesis son visualizadas como modelos, presentando un cierto carácter material y figurativo. Esto sucede, por ejemplo, con la imagen de la estructura del ADN, que la describe como dos cintas entrelazadas, o aquella otra que representa a un tipo específico de virus como un objeto similar a una sonda lunar.¹⁵² Al representarlas de un modo tan concreto, corpóreo, se les aleja de lo abstracto que caracteriza a los datos y las ideas. A cambio se les concede un cuerpo, una existencia física, que las acerca al ámbito de lo real: el carácter hipotético de estas construcciones queda difícilmente reconocible para el observador. La situación se presenta completamente distinta para la comunicación verbal: términos como *se supone*, *probablemente*, *posiblemente* o *aproximadamente* forman parte de nuestro vocabulario habitual, que nos permiten

¹⁵² NELKIN/LINDEE 1995; GERIG/VÖGELI 2003, pp.25-32.

trasmitir estas características de manera clara y específica. La expresión de lo hipotético o de la incertidumbre es por lo tanto mucho menos problemática en este ámbito que en aquél de lo visual, donde es necesario crear un código específico para transmitir estos aspectos.

2.5.10 Las convenciones visuales

Se ha analizado el modo en el que se interpretan diferentes aspectos relacionados tanto con la organización espacial como con la traducción gráfica de un diagrama cualitativo. A continuación se prestará atención al papel que las *convenciones visuales* desempeñan a la hora de descodificar el contenido que una imagen informativa transmite.

Ciertas convenciones visuales se basan en los aspectos formales de las visualizaciones. Así, son convencionales algunos códigos de colores (por ejemplo, el rojo como prohibición, el verde como permiso), determinados códigos formales (la flecha como indicador de movimiento o dirección), e incluso el significado de ciertos iconos o símbolos (el asterisco y la cruz que indican de modo abreviado la fecha de nacimiento y de defunción). Su uso es generalizado, sus significaciones son ampliamente conocidas. Menos consciente suele ser la recepción de las convenciones basadas en la estructuración de las imágenes. No obstante, su poder se hace patente en el momento en el que una imagen no se atenga a ellas. Es por esta razón por la que el presente apartado se dedica a este tipo particular de convención visual.

Para ello se partirá de un diagrama que visualice las relaciones de parentesco de línea recta ascendente de un individuo (es decir, una imagen que represente visualmente el hecho biológico que todo individuo desciende de un padre y una madre, del mismo modo que cada uno de sus antecedentes a través de las generaciones).¹⁵³ La imagen que vemos en la figura 66.1 es una posible traducción visual de

¹⁵³ ALESSANDRI/VODANOVIC/SOMARRIVA 1998, pp. 436-437.

En genealogía se suele denominar "Ahnentafel" al árbol genealógico ascendente que enumera a los antepasados directos de un individuo. Véase BAHN 1986, p.84.

estos datos. Una serie de puntos visualizan a los diferentes individuos, las líneas relacionan a aquellos que se encuentran unidos por los lazos de la descendencia directa (cada punto es o bien *padre* o *madre*, o *hijo* o *hija* de aquél otro con el cual se encuentra unido). No se ha codificado el género de los individuos, dado que para la problemática expuesta en este apartado no guarda significación.

La estructuración de la visualización es sencilla, como puede verse en la la figura 66.2. Aquellos individuos que ocupan una misma posición generacional (padres, abuelos, bisabuelos, etcétera) se hallan ordenados sobre una línea horizontal común. Leyendo la imagen desde arriba hacia abajo, atravesamos el tiempo del pasado hasta el presente, nos topamos finalmente con aquél individuo cuyas relaciones familiares se están describiendo.

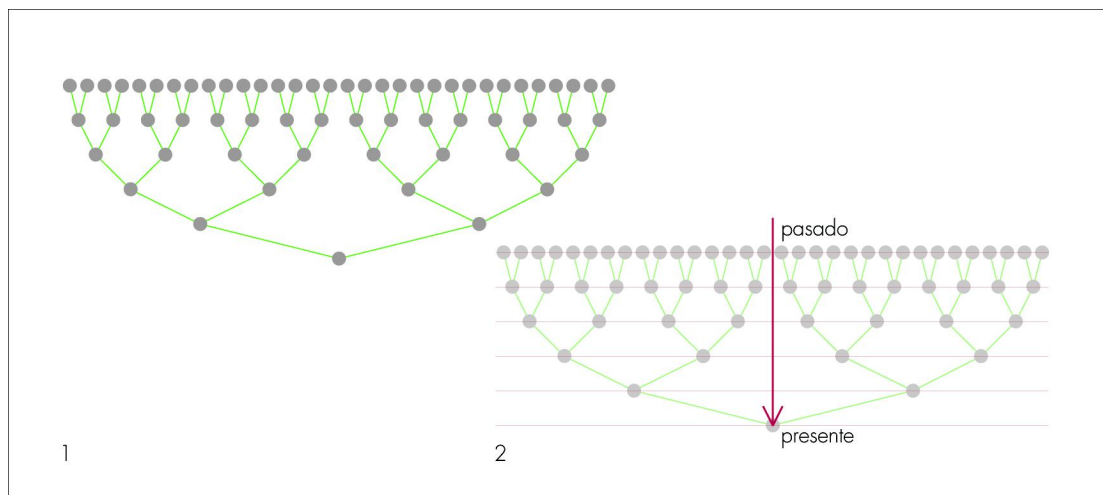


Fig. 66: Primera visualización de las relaciones de parentesco de un individuo, y su análisis estructural.

Se ha visto ya que partiendo de un mismo set de datos, y sin omitir o incluir nuevas informaciones, es posible dar origen a diferentes visualizaciones, alterando únicamente la estructuración espacial. Lo mismo sucede con las relaciones visualizadas en la figura 66.1, que pueden estructurarse de un modo distinto sin que el contenido de la imagen varíe.

Así, la figura 67.1 ejemplifica la manera en la que puede disponerse la misma situación de parentesco de modo circular. El individuo cuyas relaciones familiares son analizadas, ocupa ahora el centro de la imagen. Sus antepasados se organizan en torno a él, dando origen a una serie de circunferencias concéntricas sobre las que

se distribuyen las diferentes generaciones. La imagen está codificada de tal modo que el presente se encuentra en el centro del diagrama, y nos adentraremos más y más en el pasado conforme más nos alejamos de este punto (fig. 67.2). La diferente estructuración espacial de las dos imágenes 66.1 y 67.1 origina dos resultados visuales completamente diferentes, aunque comunican ambas un contenido informativo idéntico.

La codificación temporal del primer ejemplo (pasado arriba – presente abajo) es convencional. Ésta se corresponde por una parte con nuestro hábito de lectura, en el que la mirada discurre de un renglón a otro, empezando por arriba y terminando abajo, al alcanzar el final del texto. Por otra parte, el movimiento temporal descendente coincide con nuestra experiencia del mundo natural que nos rodea. La atracción de la *gravedad* hace que los objetos que antes se encontraban arriba caigan hacia abajo (desde las gotas de lluvia hasta la fruta del árbol), o si algo les impide caer, que se expandan en esta dirección. La convención de la organización temporal descendente parece tener lejanas raíces metafóricas.¹⁵⁴

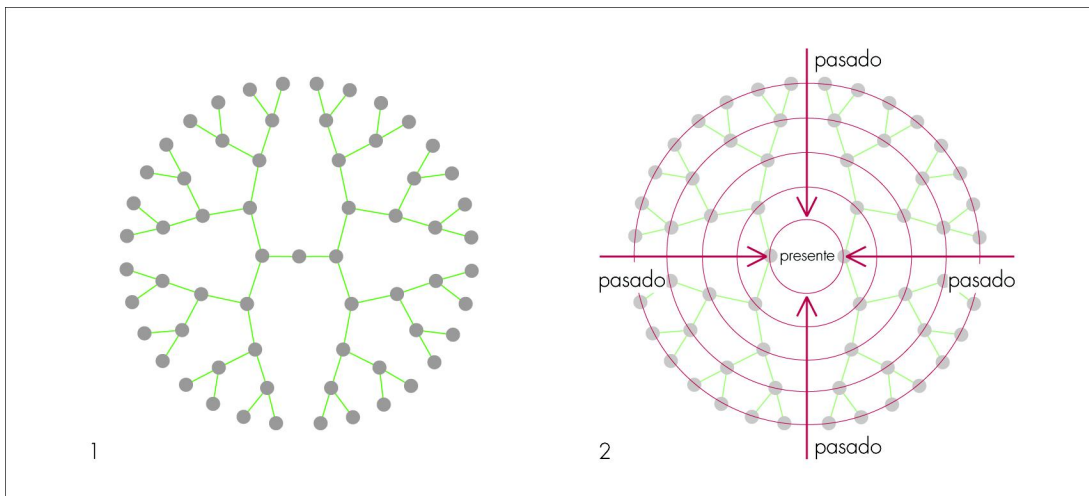


Fig. 67: Segunda visualización de las relaciones de parentesco de un individuo, y su análisis estructural.

¹⁵⁴ WEBER 2002, realiza un curioso estudio sobre el modo en el que se interpretan habitualmente figuras básicas geométricas. Sus análisis son sin duda interesantes, aunque las conclusiones que de ellos deriva son más que cuestionables.

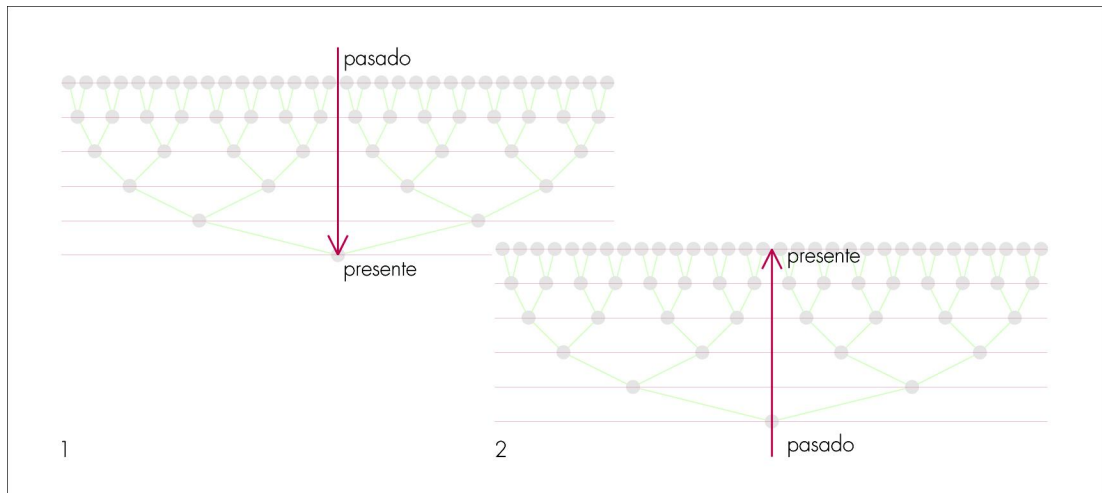


Fig. 68: Dos estructuraciones temporales opuestas del espacio vertical.

No obstante, la codificación temporal opuesta (es decir, presente arriba – pasado abajo, fig. 68.2) también es habitual y, de hecho, convencional. El conocimiento de nuestro entorno nos lleva a reconocer en este movimiento ascendente la idea de *crecimiento*, y por lo tanto a interpretarlo como tal. Si aplicamos esta nueva estructura temporal al diagrama estudiado, nos encontraremos con que la imagen transmite ahora un significado completamente diferente. El punto situado en la parte inferior ya no es el *descendiente*, sino el *antecedente* de una familia que crece y se expande incansablemente hacia el futuro, hacia arriba. Esta estructuración, aunque generalmente menos estricta en cuanto a la organización horizontal de las generaciones, es en la que se basan los árboles genealógicos, en los que algún antecedente destacado, o el cabeza de familia del que procede el apellido, es tomado como origen del linaje completo.

Hemos visto en la figura 67 como una diferente estructuración espacial de los mismos datos en los que se basa la imagen precedente (fig. 66) da origen a una imagen circular. El subsiguiente análisis en 67.2 explica su estructuración temporal (pasado periferia – presente centro) con detalle. Esta codificación es sin duda legítima, pues establece un sistema en el que el espacio es codificado en torno a un punto central, y aplicado de modo consecuente a la imagen. Por lo tanto, constituye un sistema perfectamente descifrable y en consecuencia, legible.

Esta codificación contrasta sin embargo con la organización convencional del espacio circular temporal. La estructuración que vemos en la figura 69.2 es mucho

más frecuente. En ella, el pasado se encuentra posicionado en el centro. A su alrededor se organiza el futuro, dando origen a una estructura infinitamente expansible, cuyo crecimiento es, al menos a nivel conceptual, ilimitado, pues siempre será posible añadir una nueva circunferencia concéntrica a la estructura original. Este crecimiento expansivo lo encontramos en multitud de movimientos que podemos observar a nuestro alrededor (desde el crecimiento de las plantas y sus flores hasta los círculos que dibuja el agua en su superficie al caer en él una piedra).

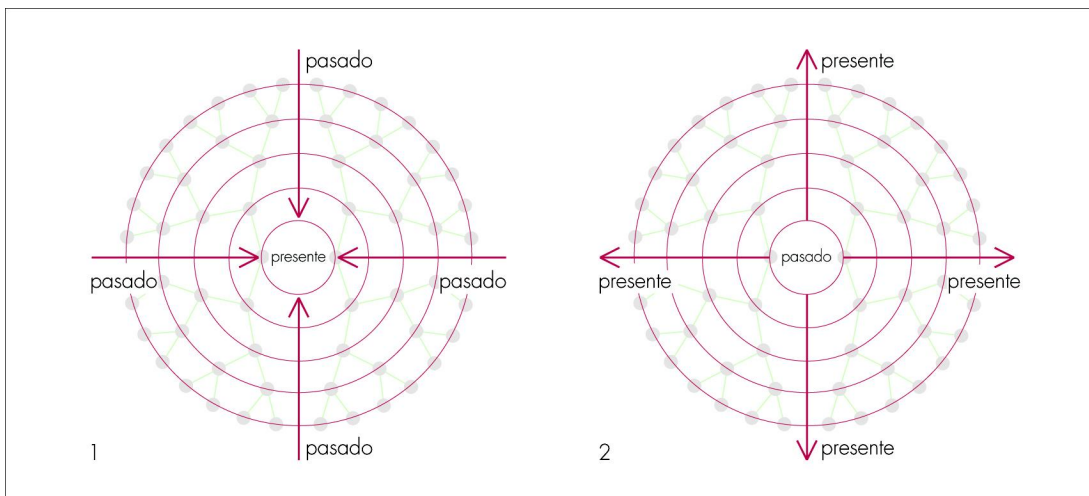


Fig. 69: Dos estructuraciones temporales opuestas del espacio circular.

El movimiento opuesto, descrito en la figura 69.1, es sin embargo mucho más inusual. El flujo de una estructura cuya circunferencia externa permanece inmóvil, y que avanza de modo constante hacia su propio centro acaba por encontrar forzosamente un final abrupto una vez alcanzado su núcleo. Al codificar el espacio temporal circular de un modo no convencional, nos enfrentamos a un problema significativo. Es cierto que el diagrama es lógicamente descifrable, comprensible. No obstante, la asociación que el observador realiza con estructuras conocidas favorece una lectura errónea de la imagen.

Para que una imagen informativa pueda comunicar de modo exitoso su contenido, será por lo tanto necesario que ésta tenga en cuenta las diferentes convenciones visuales que la rodean, dado que éstas tienden a superponerse a cualquier código establecido, por muy explícito y sistemático que éste sea, impidiendo la correcta interpretación de las informaciones.

2.5.11 Metáfora visual y coherencia metafórica

Se ha definido como *metáfora visual* a aquellos diagramas en los que, a través del uso de elementos ilustrativos, se da origen a una imagen figurativa que permite identificar de un modo inmediato e inequívoco al sujeto secundario por la similitud visual que presenta con éste. En este apartado se estudiarán diversas expresiones visuales de una misma metáfora, y se analizarán los múltiples problemas que la coherencia metafórica genera, tanto a nivel visual como conceptual.

No cabe duda que las figuras 70, 72 y 73 representan a *metáforas visuales*, pues en ninguno de los tres casos guarda sentido la interpretación literal de la imagen. Evidentemente, no existen árboles en los que crezcan bustos de personas, ni tallos que broten de pechos humanos, ni es usual que los monarcas de diferentes épocas históricas se acomoden simultáneamente sobre una gran rama. No resulta difícil identificar a la metáfora que es visualizada aquí, sobre todo porque su uso es tan frecuente que casi podría describirse como una *tipología gráfica estandarizada* para expresar contenidos genealógicos.¹⁵⁵

Se ha descrito anteriormente el modo en el que el *sujeto secundario* de una metáfora proyecta su *sistema de implicaciones asociadas* sobre el *sujeto primario*. Para ello selecciona entre la totalidad de las implicaciones asociadas, a aquellos aspectos que son coherentes con la metáfora, suprimiendo a cambio aquellos otros que no lo son. Este proceso de interacción transforma al sujeto primario, ya que se genera de este modo una visibilidad para determinadas cualidades de éste que pasarían desapercibidas si se observase el mismo sujeto primario a través de otro medio.

Esta situación se observa también en el caso particular de la metáfora genealógica, en la que se establece un vínculo entre dos procesos que en sí no poseen ninguna relación: la procreación humana (y por extensión conceptos como genealogía, descendencia y familia) y el crecimiento de los árboles. Entre los diferentes aspectos del dominio del sujeto secundario que se proyectan sobre el sujeto primario destaca la idea de *lo natural*. Así, se espera que un árbol crezca a través del tiempo,

¹⁵⁵ KLAPISCH-ZUBER 2004, ofrece una descripción detallada de las diferentes tipologías visuales utilizadas para expresar conceptos genealógicos, y su respectivo desarrollo histórico. Véase también SABEAN/TEUSCHER/MATHIEU 2007, WEIGEL 2005; WEIGEL 2006.

que se extienda, que el número de sus ramas se multiplique. Su desarrollo no será siempre regular y homogéneo, pero sí constante. Al visualizar a la familia a través de la *metáfora de árbol* se presentará a la expansión del clan como *lo natural*, lo saludable e incluso lo apropiado. Otro aspecto que se proyecta sobre el sujeto primario es la idea de un gran *organismo único*. De este modo se comprenderán a los diferentes miembros de una familia como elementos de una única unidad indivisible. También la *savia*, definida como líquido esencial que circula por la planta, puede ser interpretada metafóricamente al conectarse con la idea de la sangre: el fluido que pulsa por las venas de la gran familia, vinculando de modo inevitable a los diferentes individuos. Finalmente, permite la metáfora de árbol presuponer que la multiplicidad se genera a partir de un origen único. Del mismo modo que las ramas surgen de un solo tronco (o, retrocediendo un poco más en el tiempo, de una sola semilla), promete la imagen la existencia de un ancestro primigenio, que constituye el origen del floreciente linaje.

No obstante, muchos de los aspectos que acaban de describirse no se corresponden con la realidad a la que se los asocia. Así, la idea de un organismo único que se diversifica infinitamente tiene poco que ver con la reproducción humana, que exige la interacción de dos individuos de género opuesto para que pueda originarse un descendiente. Esto sitúa a los diseñadores frente a un gran problema a la hora de retratar la genealogía de una familia, dado que hacer corresponder la estructura del árbol (un elemento único que se subdivide sucesivamente: un tronco del que crecen ramas, una rama de la que brotan múltiples tallos) con la estructura familiar, en la que cada descendiente posee dos antecedentes (madre y padre biológico), no resulta nada fácil.

A través del tiempo se han buscado originales soluciones para eludir los problemas lógicos que plantea esta metáfora visual. La figura 70 muestra a una miniatura que representa a los Reyes de Aragón, creada entre 1530 y 1534. Los monarcas reposan sobre un ondulante tronco central ascendente, acompañados por sus esposas, que se hallan sentadas sobre unas ramas independientes algo más finas. Las ramas femeninas confluyen, sin embargo, al poco con el tronco paterno, donde un manojo de fronda oculta discretamente el punto en el que, de modo tan insólito, fusionan ambos tallos. Sobre el tronco unificado se acomoda entonces el descendiente común del matrimonio.



Fig. 70: Arbol genealógico de los Reyes de Aragón.
Miniatura, hacia 1530.

A parte del problema que supone inscribir la reproducción sexual sobre una sencilla ramificación, se añade la dificultad de que cada uno de los individuos involucrados en el proceso de procreación pertenece, siguiendo la lógica metafórica, a un propio árbol independiente. Esto exigiría visualizar no sólo a dos ramas que fusionan al dar origen a un descendiente, sino a dos árboles que confluyen en un punto. La idea del origen único, que, como hemos visto, se halla inscrita en la metáfora de árbol, es por lo tanto inadecuada para expresar la genealogía de una familia. Es cierto que la visualización simultánea de la ascendencia de los innumerables consortes daría lugar a una imagen de una complejidad y densidad casi indescifrable,

asemejándose a un bosque. Pero no son sólo las dificultades de codificación y de interpretación las que hacen que no se diseñen estructuras tan complejas. Decisivo es, sobre todo, el hecho que el interés suele centrarse principalmente en los miembros masculinos de la familia.



Fig. 71: La Reina Doña Elvira, detalle de los Reyes de Aragón.

Esta situación la encontramos también en la miniatura descrita anteriormente. Si prestamos atención a las ramas sobre las que reposan las esposas de los monarcas veremos que, mientras que el extremo superior fusiona con el tronco ascendente, desemboca el extremo inferior de la rama en unas raíces desnudas, expuestas (fig. 71). De este modo se señala que la esposa forma parte de una familia independiente, sin especificar a ésta de manera detallada. Por otra parte, el árbol desarraigado visualiza que la mujer abandona al casarse a su propia familia, para contribuir a partir de ése momento al crecimiento del linaje del marido.¹⁵⁶

¹⁵⁶ Esta interpretación se basa en las informaciones que Klapisch-Zuber ofrece sobre la imagen; véase KLAPISCH-ZUBER 2004, p.110-111. No obstante, la falta de datos más concretos no permite identificar de manera precisa a los diferentes códigos empleados en la imagen. Así es cierto que,



Fig. 72: Detalle de la Tabla genealógica de Maximiliano I, hacia 1490.

Más radical si cabe es la solución adoptada en la pintura que representa a la tabla genealógica de Maximiliano I de Habsburgo (fig. 72). Al final de cada tallo se sitúa un cáliz en el que se posiciona el descendiente retratado. A su lado se asienta su cónyuge, si es que contrajo matrimonio; si a este primero le siguieron segundas e incluso terceras nupcias, se reúnen los diferentes personajes dando origen a pequeños grupos absorbidos en apacibles conversaciones.

mientras que algunos de los tallos femeninos conservan su raíz, finalizan otros con un abrupto corte. Es probable que este detalle guarde un significado específico, no obstante, para determinar a éste de manera precisa sería necesario analizar de manera profundizada el contenido histórico de la imagen.

Para resolver la problemática del origen dual de los descendientes se ha optado aquí por hacer brotar a los tallos directamente del pecho paterno. En los cálices correspondientes prosperan los hijos del matrimonio. Las hijas crecen sin embargo en una rama que el padre sostiene en su mano. Este segundo tallo se halla truncado en su extremo inferior: las hijas, aunque aun presentes en la estructura familiar, han dejado de formar parte del gran organismo que la imagen representa. De hecho, sus posibles descendientes ya no se visualizan en el árbol.

Las soluciones halladas en esta pintura para resolver los problemas que surgen al adaptar la imagen del árbol al contenido genealógico son sin duda sorprendentes. Curiosamente, aunque consten de un claro carácter ficticio, conservan una cierta coherencia lógica, al establecer una sistemática que es aplicada de forma consecuente, que resulta más convincente que aquellas otras que tratan de ocultar los misteriosos fenómenos que visualizan. En ambos casos se intenta adaptar la imagen a la situación específica que transmiten los datos. Más sencillo, y, en consecuencia más frecuente, es el caso opuesto, en el que se adaptan las informaciones a la estructura de la imagen.

La figura 73 representa el árbol genealógico de la familia veneciana Cornaro. Entre los siglos XVI y XVII era habitual que las diferentes dinastías se lanzaran a la búsqueda de antepasados ilustres con los que honrar a la familia. Es en esta tradición que se inscribe esta pintura. No obstante, su actitud podría describirse casi como moderna, pues, al contrario de lo habitual, no remiten ni a dioses ni a héroes mitológicos en cuanto al origen del clan, sino a una familia romana (los *Gens de Cornelii*). Aun así, hacen uso de la fascinación por la antigüedad para legitimar el poder que ostentaban en ese momento.¹⁵⁷

Entre las diferentes interpretaciones visuales de la metáfora genealógica que se han descrito aquí, es ésta sin duda la que mayor parecido presenta con un *árbol*, o, más concretamente, con la imagen estandarizada de árbol. La figura consta de un tronco claramente definido, que a cierta altura se ramifica dando origen a una copa circular. La codificación temporal es coherente con el organismo vegetal al que representa. Así se superpone a la imagen una escala temporal ascendente. El lejano origen de la familia se halla en la base del árbol, como si de una semilla se tratase, el

¹⁵⁷ KLAPISCH-ZUBER 2004, pp.26-27.

presente se localiza en la parte superior. El hecho que la escala sea relativa y no absoluta permite ocultar discretamente el hueco de más de un milenio que se extiende entre los Corneliis romanos (la decorativa inscripción al pie del árbol) y el primer antepasado retratado.



Fig. 73: Árbol genealógico de la familia Cornaro. Pintura anónima, en torno a 1700.

El contenido que esta imagen expresa difiere radicalmente de las visualizaciones precedentes. El mensaje de la pintura se reduce a subrayar la floreciente y triunfante existencia del linaje, el cual, generación tras generación, ha dado origen a personajes significativos de la vida pública veneciana. El interés por las esposas y

las descendientes femeninas ha desaparecido por completo. De este modo se disipan también los problemas de coherencia metafórica a los que se enfrentaban los artistas precedentes.¹⁵⁸ Los troncos y las ramas visualizan ahora a lo que podría describirse como *cadena generacional*: al abuelo le sigue el padre, y a éste el hijo. La estructura resultante es muy sencilla, prácticamente se reduce a una línea central que a media altura se divide en tres (fig. 74). El carácter orgánico de la imagen es transmitido primariamente por los elementos figurativos. La clara estructura geométrica es suavizada por las ramas secundarias que se enredan en torno a los tallos principales, y la caprichosa distribución de las hojas.

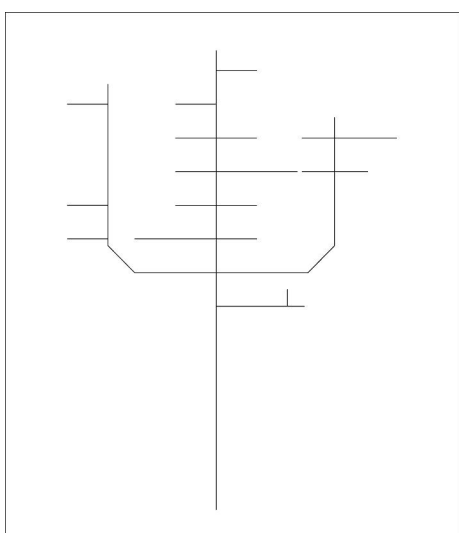


Fig. 74: Estructura del árbol genealógico de los Cornaro.

Esta imagen opta por comunicar un contenido más generalizado, que puede subsumirse bajo los términos *descendencia común* y *gran familia*, frente al contenido más específico que consistiría en la transmisión de datos detallados sobre la genealogía familiar. El sistema de implicaciones asociadas propias del término *árbol* (la idea de lo natural, el organismo único, la sangre, el origen único) corresponden aquí plenamente con la intención de la visualización. Para que los datos no interfieran con la metáfora visual, se ha elegido una perspectiva informativa que no cuestione

¹⁵⁸ Entre los cuarenta y ocho personajes representados sólo uno es femenino: es la figura de Catarina Cornaro, reina de Chipre.

la lógica propia de la imagen. De hecho, la sencilla estructura del árbol sugiere que no sólo se han omitido a las mujeres de la familia, sino también a aquellos descendientes masculinos que no hayan ocupado altos cargos políticos, militares o religiosos, pues es poco probable que a través de doce generaciones se haya originado un árbol tan escasamente ramificado.

Evidentemente, no es la *imagen de árbol* la que ha provocado el interés exclusivo por los miembros masculinos de la familia, por su posición en la vida pública y por la reglamentación de su sucesión y su herencia (entre la que destaca el apellido). No cabe duda que este interés se halla arraigado intrínsecamente en una sociedad y una cultura específica. Teniendo en cuenta este aspecto cabe plantearse hasta que punto viene determinada la omisión de las mujeres en el árbol de los Cornaro por la *tipología* de la imagen empleada, y hasta qué punto, si tenemos en cuenta que el árbol visualiza a los poderosos de la familia, es la misma sociedad la que las ha excluido de la imagen, al impedir que las mujeres accedan a cargos significativos (a excepción del cargo de reina, por supuesto). No obstante, es cierto que el uso generalizado de un tema visual en particular puede contribuir de manera significativa a la solidificación de una determinada perspectiva, llegando al punto en el que ya no se cuestionen las incongruencias que implica.

También el diagrama circular de las lenguas indoeuropeas explicado con anterioridad (fig. 60.1) presenta una problemática similar. Al comparar a la evolución de un idioma con el crecimiento de una estructura arbórea circular se establece una expresión visual que permite representar el desarrollo *diacrónico* (temporal) de un idioma; no obstante, resulta difícil integrar en esta imagen la variación *sincrónica* de la lengua (el intercambio que ésta experimenta con otros idiomas contemporáneos en cuanto a préstamo léxico y gramatical), dado que la creación de conexiones entre las diferentes ramas se opondría a la coherencia metafórica de la visualización.

CAPÍTULO 3

La búsqueda del orden de lo natural y su expresión visual

El interés que el ser humano ha sentido desde sus orígenes por la diversidad de lo natural ha encontrado su expresión a través de las diferentes clasificaciones surgidas a lo largo de los siglos. Estos sistemas, que intentan organizar la multiplicidad percibida en grupos comprensibles, se hallan íntimamente relacionados con aquellas ideas y conceptos que, en ese determinado momento histórico, explican la existencia del mundo y la posición adjudicada al ser humano en éste.

Las imágenes, tanto verbales como visuales, han jugado un papel esencial en las discusiones que acompañaron la búsqueda del orden natural. La asociación de conceptos abstractos, como *naturaleza* o *evolución*, a objetos que forman parte de nuestra experiencia cotidiana, como *árbol*, *escalera* o *mapa*, ofrece sin duda una serie de ventajas, pues nos proporciona un vocabulario con el cual hacer referencia a los fenómenos observados. Implica sin embargo también ciertos inconvenientes, dado que limita la flexibilidad y libertad de lo abstracto, sujetándola a la realidad física de lo concreto.

Son múltiples los diagramas cualitativos que ocupan un lugar central en la historia visual de la biología. Para comprender el significado de éstas imágenes es necesario conocer tanto el contexto histórico como el discurso científico en el que se originaron. Un repaso a la historia de la sistemática permitirá entender tanto las diferentes motivaciones que alentaron la búsqueda del orden de lo natural, como los diferentes métodos que se desarrollaron para alcanzar este propósito, y las consecuencias que las cambiantes teorías implicaban para el material visual que generaban en su transcurso.

3.1 La sistemática biológica

La *categorización* es un mecanismo cognitivo básico del ser humano.¹ A través de ella logramos simplificar la infinitud de lo real, ordenar la diversidad que nos rodea, y de este modo organizar y acceder a las informaciones y los conocimientos adquiridos. Dos procedimientos son esenciales en este proceso: la *generalización* (cuando se agrupan las entidades según sus semejanzas, obviando las diferencias que entre ellas surgen) y la *discriminación* (cuando se subrayan los rasgos diferenciales de dos o más entidades, ignorando aquellos otros aspectos que comparten).²

Las *clasificaciones* son colecciones sistemáticas de categorías abstractas. Los nombres atribuidos a las diferentes categorías o clases suelen dar origen a un vocabulario controlado, no es raro que en éste se base una *nomenclatura*.³ Existen ciertas propiedades que se suelen atribuir a las clasificaciones. Es habitual que de ellas se espere que sean *consistentes* (cuando la clasificación entera opera de acuerdo con unos principios únicos), que sus categorías sean mutuamente *exclusivas* (que cada elemento pertenezca de modo concluyente a una u otra categoría) y que el sistema sea *completo* (que la clasificación proporcione total cobertura del mundo al que describe). Lakoff llega al punto de presuponer la existencia de una *teoría popular* sobre la categorización misma, que sostiene que las cosas vienen agrupadas en clases claramente definidas, que estas clases se caracterizan por propiedades compartidas, y que existe una única taxonomía correcta.⁴ No obstante, las clasificaciones reales no suelen cumplir nunca todos estos requisitos.⁵

Estos criterios, que durante siglos han predominado las discusiones teóricas sobre la categorización, se han visto seriamente cuestionados por los resultados obtenidos por la psicología cognitiva, en especial por los estudios realizados por

¹ LAKOFF 1987, p.5.

² CUENCA/HILFERTY 2007, p.32.

³ BOWKER/STAR 1999, p.12.

⁴ LAKOFF 1987, p.121.

⁵ BOWKER/STAR 1999, pp.10-11.

Eleanor Rosch en los años setenta del pasado siglo, los cuales condujeron a la formulación de la llamada *teoría de prototipos*. Esta teoría ya no describe a las categorías como a compartimentos estancos claramente delimitados, sino como entidades difusas. Esto se explica por la observación de que habitualmente se consideran a ciertas entidades dentro de una categoría como ejemplos más *prototípicos* que a otras. Así pues es usual que se tienda a contemplar dentro de la categoría *aves*, al *gorrión* como ejemplo más típico, que al *pingüino*.⁶

Al organizar al mundo que nos rodea dentro de un sistema clasificatorio se da origen a una constelación específica, que emerge directamente de las propiedades que han sido establecidas como criterios a la hora de agrupar y disociar a los diferentes elementos. Cada clasificación subrayará por lo tanto, por su propia naturaleza, una serie de aspectos, mientras que ocultará simultáneamente otros.⁷ De este modo generan una dinámica similar a aquella que hemos visto en el capítulo precedente con las metáforas, pues, al igual que éstas, contribuyen de manera activa a la constitución de la realidad a la que describen.

La *sistemática* es una rama de la biología cuya meta consiste en diferenciar a la multiplicidad de los organismos, en describirlos y en ordenar a los grupos así obtenidos (llamados *taxones*) dentro de un sistema jerárquico. El término *taxonomía* designa de modo general a la *ciencia de la clasificación*. Pero, más usual es que con él se haga referencia de modo explícito a aquella parte de la biología sistemática que se dedica a la clasificación de los animales y vegetales. Las cambiantes necesidades prácticas y los diferentes intereses científicos que han surgido y acompañado a cada momento histórico específico han dado origen a los diversos modelos taxonómicos que se han sucedido a través del tiempo.⁸

⁶ Para una descripción más detallada de la teoría de prototipos véase CUENCA/HILFERTY 2007, pp.31-64. Para las diferentes teorías que abrieron camino a la teoría de prototipos, véase LAKOFF 1987, pp.12-57.

⁷ BOWKER/STAR 1999, p.5. Este libro dedica un especial interés a las consecuencias que las clasificaciones implican para aquellos elementos que por su naturaleza no quedan incluidas de manera decisiva en ninguna de las categorías establecidas.

⁸ FREUDIG/SAUERMOST (1999-2004), *Systematik*.

Para un estudio detallado de la naturaleza de la taxonomía biológica, véase ERESHEFSKY 2001. Para la diferenciación entre sistema y clasificación, véase O'HARA 1993.

3.1.1 Las taxonomías populares (folktaxonomy)

Dado que la *categorización* es un proceso cognitivo básico del ser humano, no es de extrañar que todas las diferentes culturas humanas, tanto aquellas que en el pasado poblaron el planeta como las que lo habitan actualmente, dispongan de un sistema de clasificación taxonómico básico. Éste se fundamenta en las observaciones que los hombres y mujeres hacen al entrar en contacto con el mundo natural que los rodea al realizar sus labores cotidianas: al dedicarse a la caza, pesca o recolección de plantas (tanto comestibles como medicinales), o a la cría de ganado y a la agricultura. Los conocimientos adquiridos se transmiten entonces de modo verbal de una generación a otra.⁹

Esta *ocupación con la multiplicidad de la naturaleza*, como la denomina Mayr,¹⁰ se expresa a través del lenguaje, dando origen a los diferentes términos que designan a los organismos tanto animales como vegetales. La decisión, realizada por el colectivo social, de diferenciar a dos especies otorgándoles dos nombres distintos, o al contrario englobarlas bajo un término común supone una primera clasificación del mundo orgánico. En este proceso influye tanto el hábitat específico como el uso que se haga de la naturaleza circundante. Esto puede observarse, por ejemplo, en el lenguaje de los Nenzen, criadores de renos que habitan en el oeste de Siberia. Su idioma posee una terminología muy diferenciada en cuanto a los distintos musgos y líquenes que constituyen la base alimenticia de los renos. La gran variedad de plantas que florecen en el verano en la tundra son designadas sin embargo con un término general que equivale básicamente a nuestra palabra *flores*.¹¹

La *etnobiología* se dedica al estudio de la llamada *biología popular* [folkbiology], es decir, a los entendimientos biológicos que mantienen las poblaciones indígenas que habitan en pequeñas comunidades sin acceso a la ciencia o a la tecnología moderna. Estos conocimientos no deben confundirse con aquellos que describe la *biología intuitiva*, [naive o intuitive biology], pues este otro término designa a aquellas taxonomías populares que preceden (en la infancia) o que coexisten con los

⁹ JAHN 2000, pp.27-28.

¹⁰ MAYR 1984, p.110.

¹¹ PANFILOV 1974, p.50.

conocimientos científicos en las sociedades tecnológicamente avanzadas, y a cuyo estudio se dedica la psicología cognitiva. Aunque ambas clasificaciones surgen de los mismos procesos cognitivos, se basan las clasificaciones de las culturas indígenas en un exhaustivo conocimiento de la naturaleza local, al ser sus integrantes expertos en las especies vivas del nicho ecológico que habitan, al contrario de lo que sucede con las aquellas otras que se generan en las sociedades industrializadas.¹²

Uno de los testimonios más antiguos que nos ha llegado de la labor diferenciadora de las culturas precedentes son las listas de animales sumerias. Estas listas, escritas en cuneiforme, enumeran a materiales, herramientas, lugares, plantas y animales entre otros. A las listas más sencillas del tercer y principios del segundo milenio a. C. le siguieron listas más complejas, en las que se puede observar ya un inicio de sistematización de lo natural. Se enumeran, primero a animales domésticos, seguidos por animales salvajes, pájaros, peces, árboles, otras plantas, hortalizas y piedras. Se supone, que estas listas sirvieron como modelo para ejercicios de escritura y como libro de consulta y apoyo al conocimiento memorizado.¹³ Es esta temprana clasificación de los organismos la que convierte a la sistemática en la disciplina científica más antigua de la biología.¹⁴

3.1.2 Aristóteles y la clasificación en la Antigüedad Clásica

Fue Aristóteles (384-322 a. C.) quien formuló los principios metódicos de la investigación biológica en su texto «De partibus animalium.» En ellos establece que el biólogo deberá en un primer paso estudiar detalladamente la apariencia y la anatomía de los diferentes organismos, para analizar en un segundo paso las causas de estas apariencias. Su intención no se limitaba a la confección de una simple colec-

¹² HATANO/INAGAKI 1999, pp.321-323. Para las bases cognitivas de la clasificación biológica véase también ALTRAN 1990 y ALTRAN/MEDIN 2008; para la descripción de diferentes taxonomías populares MEDIN/ALTRAN 1999.

¹³ JAHN 2000, p.36.

¹⁴ FREUDIG/SAUERMOST 1999-2004, Systematik.

ción de descripciones, pues la meta siempre la constituía la interpretación teórica teleológica de las observaciones realizadas, para la cual el material descriptivo debía fungir como prueba. De este modo favoreció Aristóteles de manera decidida el método inductivo para el campo de las ciencias naturales, aunque sin oponerse de modo directo al método de la deducción lógica.¹⁵

Para poder realizar el análisis científico era imprescindible que la gran cantidad de descripciones y observaciones recogidas fueran organizadas siguiendo algún criterio. Aristóteles se dedicó con este fin al estudio de las diferencias que existían entre los animales, dando así origen a las disciplinas biológicas de la anatomía y la fisiología comparada. El punto de partida para sus clasificaciones lo suponía el método descrito por Platón, quien había demostrado que a través de la división sucesiva (*diairesis*) podía llegarse de lo común a lo singular e indivisible. Este procedimiento se caracteriza por ser dicotómico, y por definir a los elementos a través de la ausencia de características. Así, la división de un grupo según el criterio *posesión de pelo* dará lugar a dos subgrupos, uno que *posee pelo* y otro que *no posee pelo* (en este caso es la ausencia de una propiedad la que describe al subgrupo). Aristóteles llegó sin embargo pronto a la conclusión, basándose en sus amplios conocimientos biológicos, de que este método no resultaba demasiado adecuado a la hora de aplicarlo al campo de la biología. Es por esto que propuso a cambio el uso de una *diairesis* que no fuera estrictamente dicotómica, es decir, que pudiera dar origen a múltiples subgrupos. Esto le permitió establecer una clasificación que no fuera excesivamente compleja. Así distinguió en el reino animal a seis grupos de animales *con sangre* y a cuatro grupos de animales *sin sangre*.¹⁶ También se opuso a la descripción de categorías *por ausencia* de una característica, pues esto no permite una subsiguiente distinción positiva (es decir, mientras que el subgrupo que *posee pelo* puede dividirse a su vez en, por ejemplo, *con pelo largo* y *con pelo corto*, no es posible realizar este mismo proceso con el subgrupo *no posee pelo*). Es por esto, que decidió

¹⁵ JAHN 2000, p.66.

¹⁶ FREUDIG/SAUERMOST 1999-2004, Systematik.

La diferenciación entre animales con sangre y sin sangre permaneció vigente durante siglos; finalmente fue sustituida en el siglo XVIII por la división del reino animal en vertebrados e invertebrados según Lamarck. MAYR 1984, p.123.

emplear este criterio tan sólo en la última etapa de la clasificación, en la que se da origen a las especies indivisibles.¹⁷

Al contrario de lo que pueda parecer a primera vista, el interés que Aristóteles demostraba por la creación de una clasificación sistemática era limitado. Para él constituía ésta tan solo una manera de organizar los conocimientos que deseaba transmitir sobre el ciclo de vida, hábitat y método de reproducción de los diferentes organismos. De hecho, nunca ordenó los nueve taxones que había identificado de manera tabular, fueron compiladores posteriores los que extrajeron este listado de sus escritos. No obstante, suele considerarse su método comparativo, en el que las categorías se derivan del modo de vida, las costumbres y la constitución física de los animales, como el origen de la taxonomía biológica.

3.1.3 La descripción del entorno: Bestiarios y herbarios medievales

En los siglos posteriores a los escritos de Aristóteles no aumentaron de modo significativo los conocimientos que se poseían sobre animales y plantas. La producción de textos en este campo se limitaba básicamente a la recopilación y a la reproducción poco crítica de escritos precedentes. La observación directa de la naturaleza había caído en desuso.

Hasta el siglo XV prevaleció en el estudio de los animales el carácter estético y espiritual por encima del científico. Los animales servían como símbolo para diferentes cualidades, por ejemplo el león para la valentía, y el pelícano para el altruismo. La descripción de sus apariencias y sus hábitos solía realizarse en el contexto de historias moralizadoras. La expansión del cristianismo, en el que los animales representan diferentes ideas del dogma, apoyó esta tendencia. Los *bestiarios* recopilaban estos textos en volúmenes ricamente ilustrados. Era usual que junto a los animales reales trataran también a animales mitológicos o fantásticos. Suele

¹⁷ Para mayor detalle sobre esta temática véase JAHN 2000, pp.66-68, y MAYR 1984, pp.121-124. Un análisis detallado de los diferentes clasificaciones en la Antigüedad se halla en NELSON/PLATNICK 1981.

considerarse que la zoología, como disciplina biológica, no encontró sus inicios hasta mediados del siglo XVI. No obstante, algunos escritos anteriores lograron aportar contenidos originales, como sucede con la obra de Alberto Magno (1200-1280) «De animalibus», quien incorporó la descripción de la fauna local. Existían además textos que transmitían conocimientos prácticos sobre la cría de animales domésticos y la cura de sus enfermedades principales, así como obras dedicadas a la caza y la pesca.¹⁸

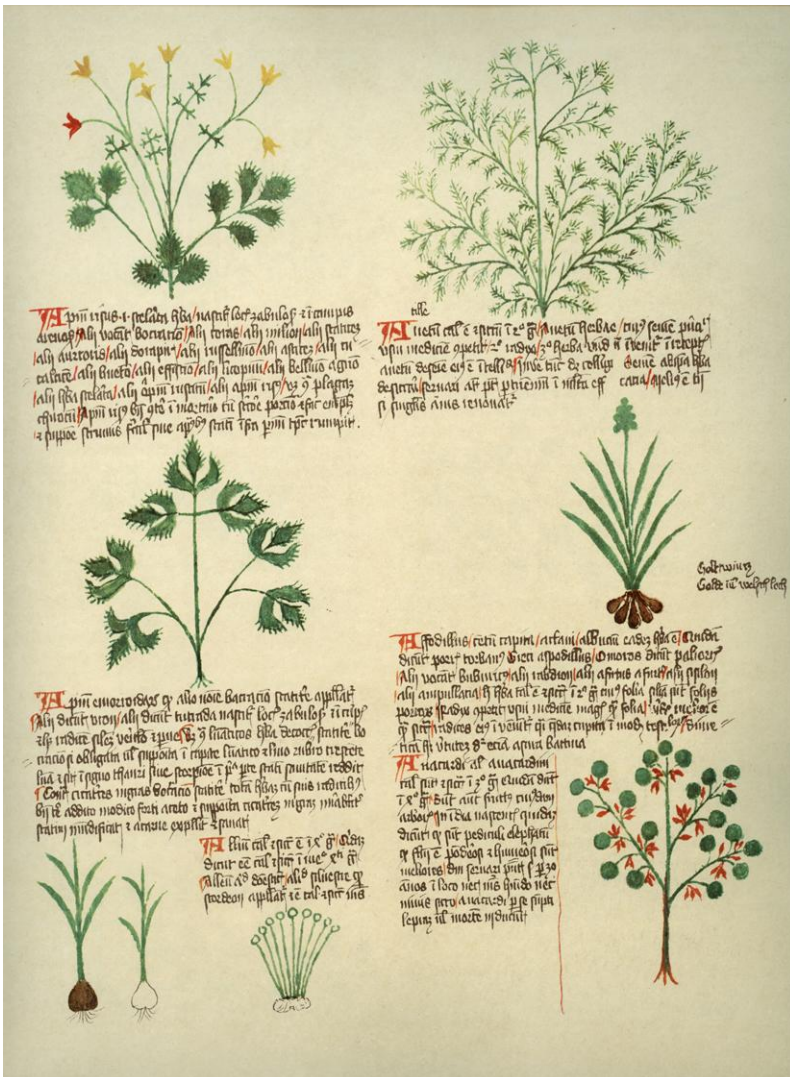


Fig. 75: Página del herbario «De Simplici Medicina», autor anónimo, finales del s.XIV.

¹⁸ JAHN 2000, pp.152-156; MAYR 1984, p.124.

La suerte de la botánica fue diferente. La identificación de plantas con fines medicinales continuó constituyendo el objetivo principal de numerosos manuscritos, a los que se les suele denominar *herbarios*. En ellos se describe tanto la apariencia de las plantas, como su hábitat y sus aplicaciones medicinales. Los especímenes solían ordenarse alfabéticamente; el número de plantas conocidas en esa época era limitado, lo que permitía encontrar el ejemplar buscado hojeando el libro, sin necesidad de un sistema de identificación más complejo. Aunque también los herbarios se basaban principalmente en material procedente del griego y del latín, era habitual que se enriquecieran los escritos con los conocimientos de la literatura medicinal árabe. La figura 75 muestra una página de un herbario del siglo XIV que se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Basilea. Las plantas, pintadas en acuarela sobre pergamino, se ordenan también aquí alfabéticamente. En la imagen se ven algunas de las que empiezan por la letra A.

Entre las obras botánicas más significativas destaca aquella de la abadesa Hildegarda de Bingen (1098-1179), quien añadió a los contenidos de la tradición greco-romana la sabiduría de la medicina tradicional, haciendo uso de los nombres populares de las plantas, y los estudios de Alberto Magno, quien, junto a las plantas que presentaban una utilidad directa, dedicaba su atención, también, a aquellas plantas que se cultivaban simplemente por su belleza o su perfume.¹⁹

3.1.4 La identificación de la creciente complejidad: La clasificación descendente

La mejora general del estándar de vida implicó un auge del arte medicinal, y en consecuencia un mayor interés por el conocimiento de los poderes curativos de las plantas. La fundación de cátedras de botánica en diferentes facultades médicas europeas fue consecuencia directa de este fenómeno, la primera de ellas se inauguró en 1533 en Padua.

¹⁹ JAHN 2000, pp.156-160; MAYR 1984, p.125.

El descubrimiento de la técnica de impresión con tipos móviles a mediados del siglo XV de la mano de Johannes Gutenberg influyó de modo significativo en el incremento de la producción de textos botánicos, y en especial en su expansión. Se publican ahora herbarios destinados al uso casero, enriquecidos con xilografías que ilustran a las plantas descritas. En un principio seguía procediendo el contenido de estas obras, que especificaban a las plantas que crecían en los huertos medicinales, mayoritariamente de escritos precedentes. No obstante, se inicia una tendencia generalizada hacia los estudios empíricos, favorecida por el humanismo italiano, el cual, aparte de la recuperación de la cultura clásica, valoraba la contribución creativa de los autores. De este modo es habitual que a los detallados estudios históricos les siguieran las observaciones realizadas por los propios comentaristas renacentistas. Así fue Otto Brunfels (1488-1534) quien incorporó por primera vez la flora salvaje local en su obra «Herbarum vivae eicones». También la habitual organización alfabética se vio enfrentada a una creciente crítica. De hecho, Hieronymus Bock (1498-1554) ordenó su herbario según la similitud que las diferentes especies presentaban entre sí.

Los siglos XVI y XVII experimentaron un crecimiento exponencial de las especies conocidas, debido a los grandes viajes marítimos que siguieron al descubrimiento del Nuevo Mundo en 1492. En tan sólo ciento cuarenta años aumentó el número de plantas descritas en un herbario de quinientos (Fuchs, 1542) a dieciocho mil (Ray, 1682). Esto condujo al abandono definitivo de la organización alfabética, dado que ésta ya no presentaba ninguna ventaja práctica. La búsqueda de un sistema que permitiera acceder de modo más eficiente a los conocimientos botánicos acumulados llevó a que se retomara el método de la división dicotómica. Éste, aunque criticado por Aristóteles, logró establecerse entonces como procedimiento favorecido para la clasificación biológica y permaneció en este puesto hasta bien entrado el siglo XIX. Mayr describe a esta técnica como *clasificación descendente*, pues con ella se divide a la clase superior en dos, repitiéndose seguidamente ese mismo proceso con cada uno de los subgrupos resultantes hasta llegar a la última categoría indivisible.

Fue el fisiólogo y anatomista italiano Andrea Cesalpino (1519-1603) quien con éxito recuperó este método. La primera de sus divisiones no era aun dicotómica, pues diferenciaba a cuatro clases de plantas: árboles, arbustos, arbustos pequeños y

hierbas. A partir de este punto procedía por dicotomías. Aunque su sistema ofrecía claras carencias, ejerció una influencia significativa en los siglos posteriores. De hecho, la mayoría de las propuestas que le siguieron no eran más que modificaciones y perfeccionamientos de su método. En general, puede destacarse que fue el primero que desarrolló y aplicó una sistemática taxonómica de manera consecuente en su obra «De Plantis» de 1583.²⁰

El procedimiento de la división dicotómica es sin duda ventajoso para la construcción de *claves analíticas*, también llamadas *claves de clasificación*, cuyo propósito consiste en la identificación inequívoca de un espécimen concreto. Para ello resulta inevitable que la división de los grupos superiores se realice siempre en torno a una única característica específica, seleccionada expresamente con este fin. Este proceso da lugar a clasificaciones extremadamente artificiales y desequilibradas, ya que dos especies que de modo reconocible comparten una serie de características comunes pueden ser distribuidas en grupos diferentes al no poseer ambas aquella característica que determina la división en subgrupos. También se da la situación opuesta, pues a través de la división dicotómica pueden reunirse especies, que a nivel general no comparten una gran similitud, por el simple hecho de que todas ellas posean la característica diferenciadora. No obstante, el que los grupos resultantes no sean homogéneos no guarda relevancia ninguna para la identificación de especímenes, mientras que ésta esté garantizada. Otra singularidad de este método es que según qué características se seleccionen como punto de partida para las primeras subdivisiones, se dará origen a clasificaciones completamente distintas. Ésta es la razón por la cual se diferencian tanto los sistemas de los grandes botánicos del siglo XVII y XVIII; la sutil y sucesiva corrección del sistema resulta imposible, pues el menor cambio reorganiza la totalidad de las informaciones recogidas.²¹

El uso de corchetes o llaves, es decir, de los signos [y { para la organización tipográfica de los conocimientos biológicos se remonta a la «Phytosophicae Tabula» de Federicus Caesius, publicada en 1651. No obstante, las primeras *claves analíticas* propiamente dichas, en cuanto a estructuras que posibilitan la identificación de especímenes concretos, que hacían uso de esta organización espacial, no surgieron

²⁰ MAYR 1984, pp.126-131; JAHN 2000, p.162; pp.176-184.

²¹ MAYR 1984, p.130.

hasta finales del siglo XVII de la mano de Morrison, Ray y Rivinus, aunque ninguna de ellas hacía uso consecuente del método de la bipartición, ni conducía siempre a la obtención de un nombre único.²²

Todos aquellos que se dedicaban a la clasificación del mundo orgánico eran conscientes de la importancia que residía en la elección de las *características principales*, aquellas características que organizarían el sistema taxonómico. Es por ello, que la discusión en torno a qué característica deberá ser considerada *principal* y qué otras características serán *secundarias* posee una larga tradición en este ámbito. Ya los griegos habían advertido que ciertas cualidades, como por ejemplo las propiedades curativas, no resultaban tan útiles a la hora de crear clasificaciones como otros aspectos que parecían estar más íntimamente relacionados con la planta en sí. También los *esencialistas*, que trataban de reconocer el orden del mundo a través de la lógica, estaban convencidos de que unas características poseían mayor importancia que otras, aunque solían ordenar a éstas siguiendo a sus ideales teóricos. Con esta finalidad creaban una jerarquía de conceptos abstractos, a partir de la cual establecían entonces a las *características principales*. Si, por ejemplo, consideraban al crecimiento o a la reproducción como cualidades superiores, favorecían en consecuencia aquellas características botánicas relacionadas con la raíz, o la flor y el fruto, definiendo a éstas como principales. A partir de Cesalpino se reconoció de modo generalizado que las características *no-morfológicas*, es decir, características relacionadas, por ejemplo, con el hábitat o los hábitos de un organismo, resultaban menos adecuadas para la creación de clasificaciones eficaces, que aquellas otras características que hacían referencia a su constitución fisiológica y estructural.²³

El método dicotómico gozó de enorme éxito, a pesar del claro inconveniente que suponía el hecho que diera lugar a grupos artificiales. Su aceptación la debía en especial a su sencilla aplicación práctica, que no exigía profundos conocimientos previos sobre una especie para permitir su correcta identificación. A esto se le añadía el hecho que normalmente no se aplicaba este sistema de un modo exclusivo, puesto que los grupos superiores solían crearse o bien de modo intuitivo, o bien siguiendo a las clasificaciones populares, como hemos visto con Cesalpino. De

²² VOSS 1952, pp.1-15; JAHN 2000, pp.223-224.

²³ MAYR 1984, pp.149-152.

hecho, la primera *clave analítica* estrictamente dicotómica no surgió hasta 1778, creada por Lamarck para su obra «Flore Française». No obstante, el método dicotómico debió su éxito también a la circunstancia que se adaptaba perfectamente a la filosofía esencialista que predominaba en la época, en la que se buscaba reconocer el orden y la lógica de la creación divina a través de la búsqueda de las *esencias* que definirían a las múltiples formas de lo natural. En general puede concluirse que aunque en el Renacimiento prevaleció el estricto método dicotómico, no existe ningún herbario que presente una taxonomía libre de contradicciones. Cada autor presentaba un sistema propio, a menudo sin describirlo en profundidad, ni aplicándolo de modo consecuente en sus escritos. De hecho, su interés no se centraba en la clasificación como tal, sino en las propiedades de las diferentes especies descritas.²⁴

A lo largo del siglo XVII incrementaron las discusiones y críticas que cuestionaban los diferentes métodos sistemáticos y la selección de una u otra característica para establecer a los subgrupos. Fue el botánico sueco Carlos Linneo (1707-1778) quien acabó solventando en el caos taxonómico. Linneo propuso una serie de innovaciones que pronto lograron imponerse, como la nomenclatura binominal, un riguroso sistema descriptivo que comunicaba de modo breve y ordenado las informaciones principales, y una terminología bien planteada para describir la morfología de las plantas. Linneo elaboró una estructura jerárquica que se limitaba a distinguir dentro de un *reino* a tan sólo cuatro categorías: *clase*, *orden*, *género* y *especie*. Esta característica otorgó una claridad a su sistema de la que carecían las interminables dicotomías de sus predecesores, que dividían sucesivamente en dos hasta alcanzar la especie buscada. A estas cuatro categorías se le sumaron posteriormente otras, lo cual era inevitable en vista al creciente número de especies conocidas. Una formalización de la terminología se dio finalmente con Latreille a principios del siglo XIX.

Linneo solía describir a su método como *sistema sexual*, pues para su clasificación botánica designaba un papel central a la flor. Hacía uso de cuatro criterios básicos para ordenar a sus características: número, forma, proporción y posición. Era sin duda un sistema práctico, pues con un limitado número de definiciones para

²⁴ MAYR 1984, p.129.

flor y fruto era posible identificar a cualquier planta. Su método se impuso por ello con rapidez. En su obra «Systema naturae» de 1735 lo presentó por primera vez en forma de clave (fig. 76).

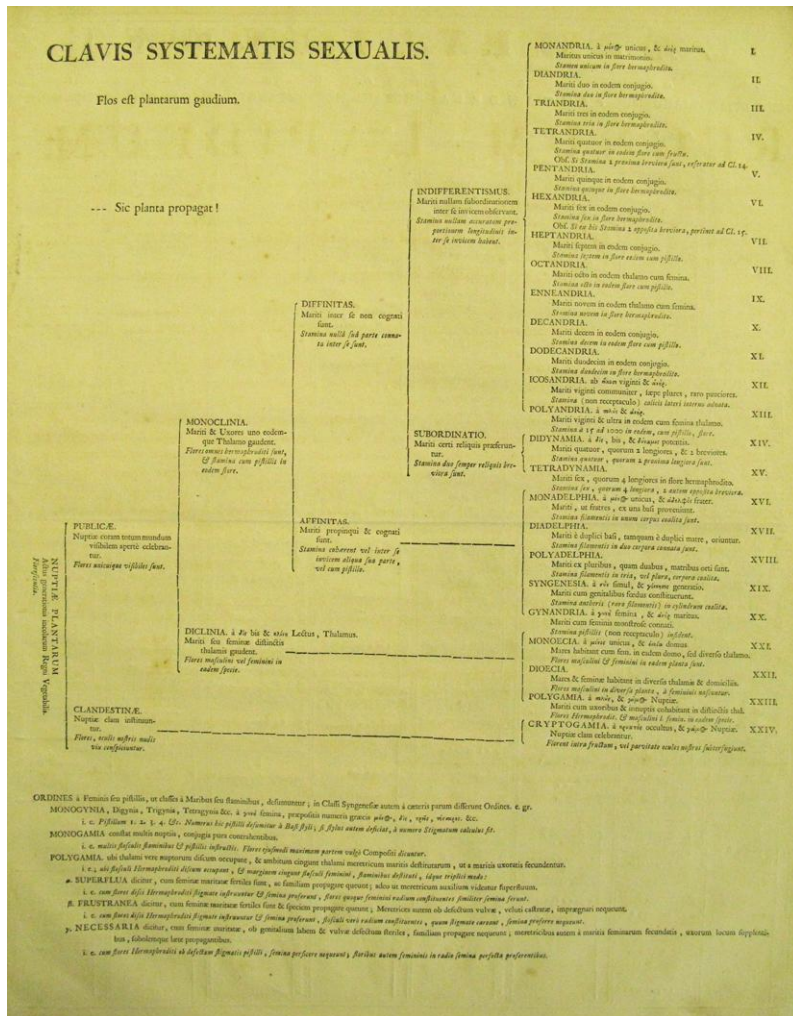


Fig. 76: Clave sistemática propuesta por Linneo en 1735.

La consecuencia de estos cambios fue un auténtico apogeo de la sistemática zoológica y botánica en el siglo XVIII y principios del XIX. Los estudios taxonómicos se llevaron a nuevos ámbitos, que hasta entonces se habían ignorado; así se inició el estudio de los invertebrados en la zoología, y de las plantas sin flor en la botánica. Entre los efectos menos positivos destaca el hecho que los aspectos que no afectaban

a la clasificación y la nomenclatura dejaron de atraer la atención de los científicos. En especial, el estudio del animal vivo fue desatendido por completo.²⁵

La clasificación en la zoología presentaba indudables ventajas frente a la organización del reino vegetal, pues las diferencias entre animales resultaban más evidentes, por lo que era posible reconocer a los principales grupos sin necesidad de establecer complejas teorías. El interés por crear una elaborada taxonomía zoológica era sin embargo limitado, pues, al contrario de lo que sucedía en la botánica, ésta no era necesaria para la identificación inequívoca, la cual, además, no presentaba la misma urgencia, al no adscribirseles habitualmente a los diferentes especímenes propiedades curativas. Esto condujo a un mayor interés por el estudio del comportamiento animal (*etología*) y su integración en el entorno natural (*ecología*). Otra circunstancia que sin duda complicó la clasificación zoológica era la difícil conservación de los objetos de estudio. Mientras que en la botánica se había convertido a partir del siglo XV la creación de herbarios (colecciones de plantas prensadas) en una técnica habitual que permitía el posterior análisis de los especímenes recolectados, se presentaba en cambio la conservación de los animales como un asunto extremadamente complejo. Este tema se solucionó a mediados del siglo XVIII con el descubrimiento de los efectos de la naftalina y otros procedimientos conservadores. Las dificultades citadas contribuyeron sin duda a que la taxonomía zoológica pronto quedara por detrás de la clasificación botánica.

Avances reales en este campo no se hicieron hasta que se empezaron a sustituir los criterios de clasificación habituales (la *función* y el *hábitat* de los animales) por aquellos otros relacionados con su *estructura*. El primero que propuso esta táctica fue Francis Willughby a finales del siglo XVII. Pero fue, sobre todo, Georges Cuvier (1769-1832) quien reconoció el valor informativo que residía en las características procedentes de la anatomía interna de los organismos invertebrados. Con su trabajo logró precisar multitud de las divisiones que Linneo había establecido con anterioridad para el reino animal. Aunque continuó con la clasificación descendente y a la búsqueda de la característica esencial, fue uno de los primeros biólogos que centró su interés en la clasificación misma y en sus principios, y no en la identificación de diferentes especies, como venía siendo habitual. Su contribución a la taxonomía fue

²⁵ JAHN 2000, pp.235-242; MAYR 1984, pp.138-144.

en consecuencia fundamental, dando origen además al inicio de la zoología comparada. No cabe duda que los diferentes avances técnicos de la época jugaron un papel fundamental en este desarrollo, en especial el invento del microscopio a principios del siglo XVII y el sucesivo perfeccionamiento de los instrumentos ópticos.²⁶

3.1.5 La organización según creciente perfección: La *scala naturae*

Mayr distingue a dos funciones diferentes que las clasificaciones pueden desempeñar. Por un lado cumplen una *función práctica o científica*, que durante un largo período consistía en posibilitar la identificación de los organismos. Más recientemente se estima la clasificación en su función de índice, que permite la localización de las informaciones acumuladas. La segunda función es lo que Mayr define como *función general o metafísica*, en la que se busca en la clasificación el reflejo de la armonía de la naturaleza, o, en el caso de la *teología natural*, la revelación del plano del creador. Tras el descubrimiento de la descendencia común por Darwin fue sustituida esta función metafísica por una función científica.²⁷

Los diferentes métodos propuestos para la clasificación biológica desde Aristóteles hasta Linneo, pasando por herbarios y bestiarios medievales, solían compartir un mismo propósito: la identificación inequívoca de los especímenes con fines principalmente medicinales, cumpliendo por lo tanto con la función práctica de la clasificación. El interés por la sistemática en sí era limitado, no era más que el método que permitía alcanzar la meta anhelada.

La función metafísica se veía expresada en la idea de la *scala naturae* (la escalera de la naturaleza), que acompañó el trabajo de los naturalistas a lo largo de casi dos milenios. Se trataba de un concepto que veía la organización del mundo como secuencia lineal, en la que de modo gradual se pasaba de un ser a otro según su grado de perfección: en la base se hallaban los minerales, y en la cima reinaba el ser

²⁶ MAYR 1984, pp.134-138; pp.146-152.

²⁷ MAYR 1984, p.120.

humano. Ambos extremos estaban conectados entre sí por multitud de organismos que ocupaban los escalones intermedios. Esta idea no competía con las diferentes clasificaciones que se fueron reemplazando unas a otras a través de los siglos, debido a que estas últimas no pretendían expresar el orden del mundo, sino sencillamente identificar su complejidad.²⁸

La idea de la escalera que organiza el mundo según el grado de perfección es un concepto muy extendido, que no se limita al ámbito europeo. En éste encontró su origen con Aristóteles, quien ponderaba las características de las que hacía uso para definir a los diferentes grupos de organismos. Poseía una escala de valores para las funciones fisiológicas. Según su visión, criaturas más cálidas y húmedas eran capacitadas para la razón, seres más fríos y secos carecían del calor vital, por lo que les faltaba de un tipo superior de *alma*. Este tipo de planteamientos tuvo gran eco entre los *esencialistas* del Renacimiento, y contribuyó a que éstos establecieran un rango de relevancia para las diferentes características taxonómicas basándose en su supuesto significado fisiológico.

El cristianismo medieval extendió la escalera hacia arriba, añadiendo jerarquías de ángeles y seres celestiales hasta alcanzar finalmente al Creador. El humano quedaba entonces con una posición intermedia, y hacía de enlace entre lo terrenal y lo celestial. Una representación gráfica de este concepto se muestra en la figura 77, que presenta una ilustración procedente de la obra «Liber de ascensu et descensu intellectus» del filósofo, teólogo y místico catalán Ramón Llull. En ella se presenta una escalera en la que se pasa de lo imperfecto a lo perfecto, que asciende desde la piedra, pasando por la llama, la planta, el animal, el hombre, el cielo y los ángeles, hasta llegar finalmente a Dios.

La idea de la *scala naturae* encontró su mayor respuesta en el ámbito de la zoología, donde parecía fácil organizar a los animales según complejidad o grado de perfección. Entre los botánicos tuvo sin embargo menor acogida: esto se debía a que

²⁸ MAYR 1984, p.122; pp.161-162; JAHN 2000, pp.245-248; BARSANTI1992, pp.7-41. Un análisis mas extenso sobre el concepto de la *scala naturae* ha sido realizado por Arthur Lovejoy (1873-1962), considerado fundador del campo de la historia de las ideas, en su obra de 1936 titulada «The great chain of being: A study of the history of an idea». En ella describe la evolución del concepto a través del tiempo y las diferentes disciplinas y campos temáticos. Véase LOVEJOY 1983.

resultaba más difícil reconocer una tendencia hacia la perfección entre las plantas, salvo en contadas situaciones, como por ejemplo cuando se establecía una línea de desarrollo desde las plantas *criptógamas* (que se reproducen por esporas) hacia las plantas *fanerógamas* (aquellas que producen semillas).

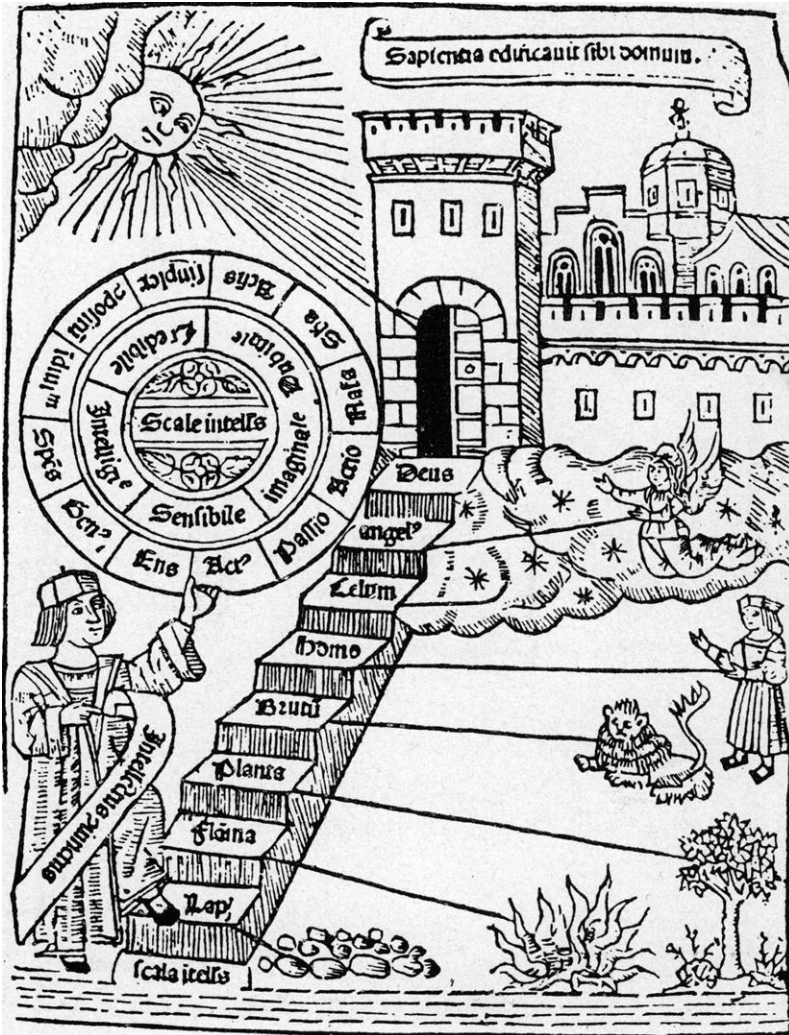


Fig. 77: La escalera de la creación, Ramón Llull, 1304.

Entre los seguidores más convencidos de la teoría de la escalera de lo natural se encontraba el biólogo y filósofo suizo Charles Bonnet (1720-1793), quien publicó en su «Tratado de insectología» de 1745 una detallada representación gráfica de su *scala naturae* (fig. 82). Esta imagen fue ampliamente discutida por sus contemporáneos. Como respuesta a la dificultad que surgía al tratar establecer una única secuencia lineal para todos los organismos aparecieron las *escaleras ramificadas*, que

sustituían a la escalera general por una serie de estructuras locales que ordenaban a los organismos según creciente perfección sólo dentro de los subgrupos.

El tema de la *scala naturae* se reflejaba en mayor o menor medida en múltiples trabajos de biólogos de la época. En el jardín botánico de París intentaba Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836) ordenar a las especies y géneros pertenecientes a un grupo superior de modo que formaran una hilera. También Georges Buffon (1707-1788) fue seguidor de la idea, y opinaba que era posible descender “*en escalones casi imperceptibles*” desde el hombre hasta el mineral más simple. Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829) partió asimismo de esta visión, como refleja su obra «Flore Française»; también intentó ordenar el reino animal según su *grado de perfección*, de modo que los taxones formaran una secuencia que se iniciaba con los más sencillos infusorios y que culminaba en el hombre. Más tarde abandonó esta teoría, influenciado tanto por la obra de Cuvier como por sus propias investigaciones.

La *escalera de la perfección* fue durante siglos el único esquema imaginable al que se le atribuía la capacidad de organizar la diversidad orgánica, hallándose reflejada esta idea también en las teorías de filósofos como Spinoza, Locke y Leibnitz. El hecho que se asociara la *scala* al concepto del ascenso gradual, del incremento constante de los atributos, animó a los biólogos a lanzarse a la búsqueda de aquellos organismos que sirvieran de eslabones entre las especies conocidas. No obstante, conforme crecía el conocimiento sobre la variedad natural, se acrecentaban también las dudas sobre la veracidad de la idea de una única línea continua que organizara a la totalidad de la naturaleza. La *scala naturae* encontró su final definitivo cuando Cuvier describió en 1812 de modo convincente que en el reino animal podían diferenciarse no una, sino cuatro grandes ramas [*embranchements*], completamente independientes entre sí. Una vez que se había comprendido que el principio de una sencilla línea unidimensional resultaba insuficiente para comprender la organización de la naturaleza, se inició la búsqueda de sistemas multidimensionales.

3.1.6 La búsqueda del sistema natural: La clasificación ascendente

El siglo XVIII fue la época de los grandes viajes marítimos, y con ello a la vez el gran siglo de la Historia Natural. El colonialismo, en pleno apogeo, hizo que llegaran plantas y animales desde todos los rincones del mundo a las grandes capitales europeas. Lo que en un principio empezó como colección de curiosidades naturales por parte de aficionados, pronto se convirtió en una colección sistemática con fines científicos. Es la hora del nacimiento de los grandes museos de Ciencias Naturales, como el *British Museum* de Londres, fundado en 1753, el *Real Gabinete de Historia Natural* de Madrid, que abrió sus puertas en 1772, o el *Muséum d'Histoire Naturelle* de París, que se inauguró en 1793, al que también pertenecía un extenso jardín botánico y un jardín zoológico.

Los barcos traían el material que los biólogos, repartidos en misión investigadora por el mundo entero, enviaban de regreso a las instituciones científicas a las que pertenecían: cajas repletas de pieles de animales, esqueletos, órganos conservados en alcohol, cuerpos disecados, escarabajos, insectos, caracoles, conchas, peces, plantas prensadas, frutos, semillas y mucho más. Todo el material que llegaba de ultramar tenía que ser clasificado. El especialista responsable tenía que examinar la pieza, averiguar si el espécimen ya había sido descrito con anterioridad, y en tal caso adjudicarle su nombre científico. Si por el contrario, se trataba de una nueva especie aún desconocida, tenía que describirla y darle un nombre. Los resultados de la clasificación tenían que ser posteriormente publicados, para permitir el acceso de la comunidad científica a los nuevos conocimientos.

El crecimiento del número de especies conocidas hizo que la taxonomía se convirtiera cada vez más en un terreno especializado. Resultaba imposible que una única persona abarcara la totalidad de los conocimientos necesarios para dominar la sistemática del reino animal o vegetal. Surgían así los expertos que se dedicaban por ejemplo exclusivamente a la *ornitología* o la *ictiología*, o en la botánica a familias concretas como la de las orquídeas o los hongos. Pero el complejo y trabajoso proceso de la clasificación de los especímenes superaba con creces las capacidades científicas disponibles. El material llegaba con mayor rapidez que lo que se tardaba en clasificarlo, y a duras penas se conseguía ordenarlo de modo razonable, a veces ni

siquiera quedaba tiempo para almacenarlo de modo adecuado. Aún en la actualidad se conservan en el sótano del Museo de Londres cajas procedentes de esta época, que hasta hoy no han sido nunca abiertas.²⁹

Este rápido crecimiento de la complejidad del mundo natural supuso el lento pero imparable fin de la *clasificación descendente*. El aumento del número de especies conocidas tanto del reino animal como vegetal, el descubrimiento de cada vez más géneros y familias tropicales hizo que este método de clasificación alcanzara pronto sus propios límites, pues, aunque funciona de modo satisfactorio para la organización de un grupo relativamente reducido, no permite la creación de grupos naturales, que son imprescindibles para la clasificación de floras y faunas más grandes.³⁰

Pero el método de la clasificación descendente no sólo fue criticado desde el punto de vista de la práctica taxonómica. La *teología natural*, corriente filosófica que predominó durante el siglo XVIII, incentivaba a su vez la búsqueda de lo que se denominó *sistema natural*, un sistema que, al contrario de los grupos artificiales que surgían de la clasificación descendente, reuniera en grupos a todos aquellos individuos que guardaran una clara relación entre sí. Se creía además que este sistema revelaría el plano del creador, puesto que Dios había creado la biodiversidad, era de suponer que lo hubiera hecho de modo sistemático y regular.³¹

Ya en la antigua Grecia estaba expandida la creencia que la diversidad de la naturaleza es manifestación de un orden o una armonía más profunda. La *teología natural* hizo resurgir la idea del equilibrio armónico de la naturaleza, y veía en la manifiesta conveniencia de la adaptación de cada especie a su nicho ecológico un signo de esta armonía, resultaba inimaginable que la diversidad no tuviera sentido, que sólo fuera fruto del azar. No obstante, el continuo descubrimiento de nuevas especies hacía que la naturaleza resultara cada vez más caótica y menos sistemática. Es por esto que la búsqueda y descripción del *sistema natural*, que en un principio se originó en Francia, se convirtió pronto en el objetivo principal de la biología europea del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX.

²⁹ VOSS 2007.

³⁰ MAYR 1984, pp.153-161.

³¹ Para los diferentes significados que el término sistema natural ha tenido a lo largo de los siglos de su empleo, ver MAYR 1984, pp.160-161.

La búsqueda del sistema natural tuvo como consecuencia que el sistema dicotómico descendente se sustituyera lentamente por un nuevo sistema, al que Mayr denomina *clasificación ascendente*. Se trata de un método en principio puramente empírico, que parte de la observación de la realidad, y en el que se agrupan a aquellas especies que presenten similitud entre sí. Los grupos resultantes se organizan a su vez en otros grupos jerárquicos superiores. Es el sistema que, al menos en la primera fase de la clasificación, se emplea aún hoy en día. En sí el método ascendente no suponía una novedad. Hacía siglos que la observación precisa de la naturaleza formaba parte del hábito taxonómico; y la organización según similitud (la formación de grupos naturales) era habitual para la creación de los grupos superiores, a los que posteriormente se subdividían a través de la dicotomía. Es ahora sin embargo cuando se aplica el método ascendente de modo explícito, que se discute su metodología, y sobre todo, que se emplea no sólo para la creación de los grupos superiores, sino para la organización de la totalidad del sistema.³²

El hecho que se sustituyera el método basado en la *división* por otro basado en la *agrupación* tuvo como consecuencia el abandono de la contemplación de una característica única como criterio para la formación de grupos. Ahora se tenían en cuenta múltiples características, preferiblemente *todas*.³³ Ya en el siglo XVII habían surgido las primeras críticas frente al sistema dicotómico y la clasificación basada en la agrupación según ausencia o presencia de una única característica. Entre sus críticos más destacados se encontraba el sistemático inglés John Ray (1627-1705), y el botánico francés Pierre Magnol (1638-1715).

Esta tendencia culminó en el siglo XVIII con la publicación de la obra «Les familles des plantes» de Michel Adanson (1727-1806), en la que éste cuestionaba de modo abierto el método dicotómico, y proponía sustituirlo por un modo empírico, inductivo. Adanson fue el primero que estudió de modo sistemático las posibilidades y los problemas que resultaban de la aplicación de esta metodología para la creación de un sistema natural. La definición de los taxones superiores a partir de múltiples características supuso el fin definitivo de la definición esencialista de la naturaleza.

³² MAYR 1984, pp.154-159.

³³ STEVENS 1984.

El primer sistema botánico que ordenó los géneros de plantas según *órdenes naturales* apareció en 1789, y procedía de la mano de Jussieu, quien organizó a las familias de la más sencilla a la más compleja, es decir, siguiendo el principio de la *escalera de la naturaleza*. Pero la aportación más importante la realizó Auguste-Pyram de Candolle en 1813 con su «Théorie élémentaire de la botanique», en la que explicaba los fundamentos de la clasificación natural, a la cual denominó *taxonomía*, delimitándola frente a la descripción (*fitografía*) y a la terminología (*glossología*).³⁴

El nuevo método de clasificación ascendente repercutió también en el modo en el que se visualizaba el orden del mundo natural. Dado que las posibilidades expresivas de la escalera, como sistema unidimensional, habían demostrado ser insuficientes a la hora de representar las complejas relaciones de afinidad que se observaban entre las diferentes especies, surgieron pronto múltiples propuestas que trataban de solucionar este problema en las dos dimensiones del plano. De este modo se dio origen al diseño de los llamados *mapas*.

Venía siendo habitual emplear un lenguaje metafórico espacial para hacer referencia al mayor o menor parecido que se reconocía entre los taxones. Así solía hablarse de especies *más próximas* e incluso de especies *vecinas*, contrastándolas con otras especies con las que éstas guardaban una relación *más lejana*. Fue Vitalino Donati (1717–1762) quien propuso por primera vez ordenar a las especies de modo semejante a los nudos de una *red*. Linneo por su parte sugirió organizar a los seres vivos como territorios sobre un mapa geográfico, dado que, al igual que éstos, presentan los organismos afinidades a cada lado. No obstante, ninguno de ellos tradujo el concepto abstracto al ámbito de lo visual.³⁵

³⁴ JAHN 2000, p.242-244.

³⁵ VOSS 1952, p.16; BARSANTI 1992, pp.43-73.

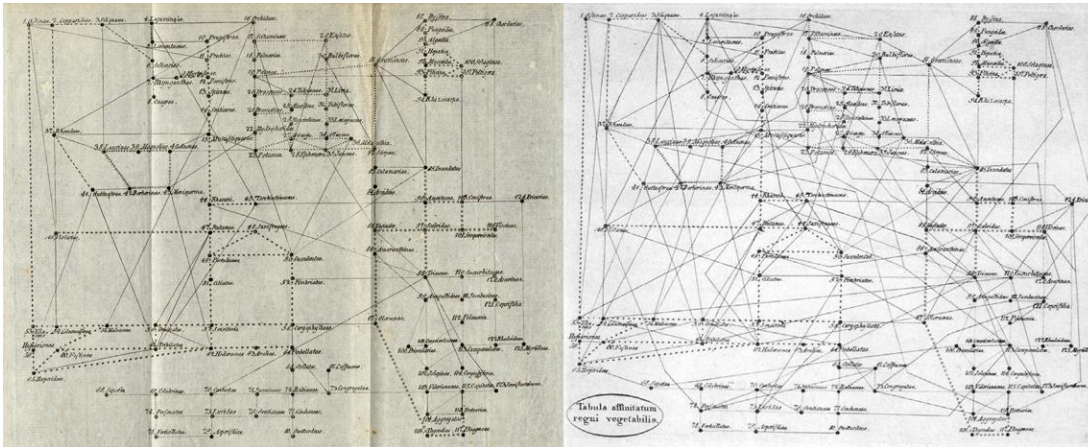


Fig. 78: Tabla de afinidades del reino vegetal de Batsch, 1801 y 1802.

El primero en visualizar la imagen del mapa fue Buffon, quien en 1755 creó una tabla del orden de los perros. No obstante, este diagrama conservaba una cierta direccionalidad, pues, pese a su carácter reticular, codificaba el grado de perfección. El mapa creado por el botánico alemán Carl Batsch (1761-1802) visualiza a las afinidades en el reino vegetal. A la edición publicada en su obra de 1801 «Grundzüge der Naturgeschichte des Gewächs-Reichs» (fig. 78.1) le siguió una segunda versión revisada en 1802, en la que el número de conexiones entre los especímenes había aumentado de modo significativo (fig. 78.2). Las clara estructura tabular que subyace a ambos diagramas queda difuminada en esta nueva versión por una densa red de líneas.

La producción de imágenes adquirió en este período una gran importancia a la hora de expresar las diferentes hipótesis en torno al orden de lo natural. Un texto central que defendía esta posición es aquél del biólogo inglés Hugh Strickland (1811-1853), que recomendaba explícitamente como *verdadero método* para descubrir el sistema natural la visualización de éste en el medio gráfico.³⁶

³⁶ STRICKLAND 1841; VOSS 2007, p.115.

3.1.7 La regularidad de lo natural: La mística numérica y el orden predecible

A principios del siglo XIX surgió en Alemania una nueva interpretación de la naturaleza fuertemente influenciada por la filosofía *natural* romántica descrita por Schelling,³⁷ que proclamaba la unidad de naturaleza y espíritu. Ésta exponía que los fenómenos naturales y la capacidad cognitiva humana compartían un origen común en el *organismo-absoluto*; de ahí derivaba la validez de las conclusiones razonadas deductivas, es decir, que concedía a los experimentos del pensamiento la misma fuerza probatoria que a los experimentos empíricos, lo que hizo que la valoración de éstos últimos decayera rápidamente en la investigación biológica. La definición generalizada que Schelling ofrecía del término *vida* difuminó en un principio la diferenciación entre naturaleza orgánica e inorgánica. Su comprensión metafísica del término *organismo* hizo desaparecer la oposición entre principios vitales y principios físicos, lo cual llevó a una equiparación especulativa entre funciones orgánicas y fenómenos inorgánicos.

Fue el médico alemán Lorenz Oken (1779-1851) quien aplicó el sistema de la filosofía natural a la biología, al poco tiempo de ser enunciada ésta por Schelling, convirtiéndose en uno de sus teóricos más significativos.

Los naturalistas influenciados por Schelling y Oken se dedicaron, al igual que los naturalistas empíricos, a la búsqueda del *sistema natural*, sólo que mientras éstos últimos partían del análisis descriptivo de las especies y a la clasificación, desarrollaban ellos concepciones y construcciones especulativas sobre el orden de la naturaleza y los procesos vitales. La filosofía natural aspiraba a derivar normas matemáticas de todo lo analizado, lo cual llegó a culminar en la llamada *mística numérica pitagórica*. Así, los biólogos influenciados por este movimiento buscaban leyes a través de las cuales se pudiera explicar la multiplicidad de la naturaleza, dando lugar a complejos sistemas numéricos, que a menudo eran visualizados a través de diagramas circulares u otras figuras geométricas. Como en la antigüedad, se

³⁷ SCHELLING 2001.

veía ahora de nuevo el círculo y la esfera como formas primigenias, de las que derivaba la multiplicidad formal a través de polarización y diferenciación.³⁸

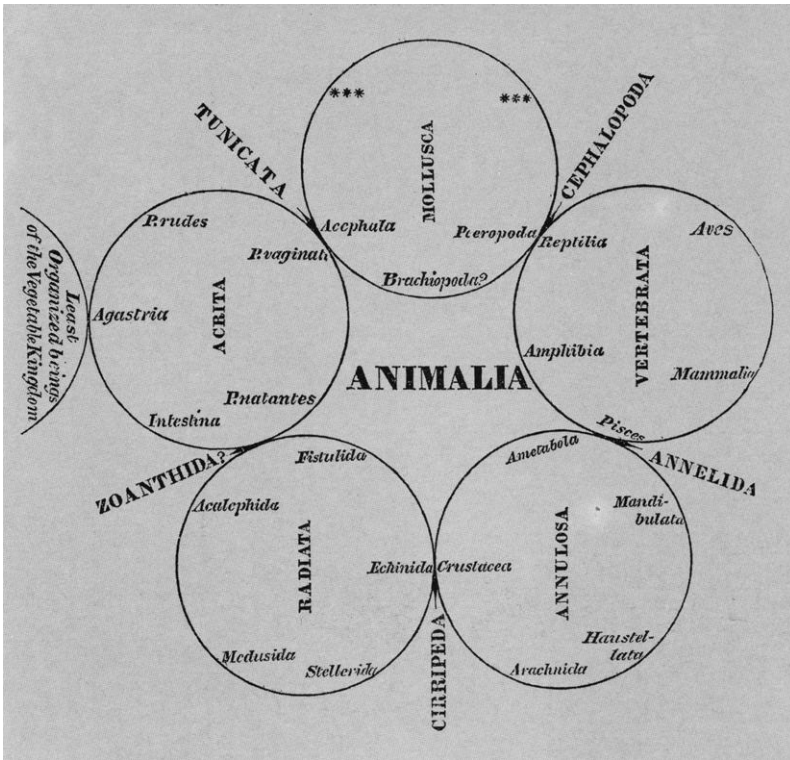


Fig. 79: Diagrama de William Sharp MacLeay, 1819-1821.

La filosofía natural romántica ejerció sin duda su mayor influencia sobre el ámbito científico de su propio país de origen; mientras que en Francia su recepción fue prácticamente nula, obtuvo sin embargo respuesta en otros países europeos. En Inglaterra construyó William Sharp MacLeay (1792–1865), en su obra «Horae entomologicae», un sistema quinario del reino animal, para cuya expresión visual creó un sistema gráfico basado en el círculo (fig. 79). Para ello distribuía MacLeay a todos los taxones en subgrupos de cinco, estructurándolos de manera circular (formando un *círculo de afinidad*), de modo que los taxones más parecidos se hallaran contiguos unos a otros. A cinco de estos *círculos de afinidad* los organizaba entonces de manera que formaran un anillo: los puntos de contacto entre dos circunferencias (fenómeno al que denominaba *obsculation*, de *obsculus*: beso) representaban a las formas transiti-

³⁸ JAHN 2000, p.290-301.

vas entre las clases. La posición que los taxones ocupaban en el círculo permitía a su vez definir las relaciones de *analogía* (un tipo específico de similaridad) que existían entre los diferentes subgrupos. Cuando las especies conocidas no permitían completar un grupo de cinco posicionaba en su lugar tres asteriscos, confiando en que próximamente se descubriría el taxón que completaría la serie.

Aunque otros autores experimentaron con números como el tres y el cuatro, fue el sistema quinario (basados en el cinco) el que alcanzó mayor popularidad. Esta doctrina adquirió tal difusión en la Inglaterra de los años treinta y cuarenta del siglo XIX que muchos de los científicos más empíricos se dedicaron al menos temporalmente a su estudio, entre ellos también Darwin.³⁹

3.1.8 La descendencia común: La reconstrucción de la genealogía de lo natural

La idea de *parentesco* en el sentido de *relación genealógica* surgió por primera vez en 1689, cuando Pierre Magnol empleó el término *familia* al tratar de ordenar a las plantas según su parecido.⁴⁰ A partir de este momento se empleó la terminología genealógica con cierta frecuencia, aunque no siempre se correspondía con la idea real de parentesco. Esto se debe a que los taxónomos empíricos de esta época no encontraban una explicación causal para el hecho que se pudieran ordenar las especies según su parentesco o parecido; en todo caso, se suponía que tras este fenómeno se hallaba oculto el plan divino.

La teoría que logró explicar de manera plausible este fenómeno tantas veces observado surgió en 1859 de la mano de Charles Darwin (1809-1882). En su obra titulada «On the origin of species by means of natural selection, or the preservation

³⁹ MAYR 1984, pp.162-163; O'HARA 1988, p.2747-2750.

⁴⁰ JAHN 2000, p.222.

of favoured races in the struggle for life» constató que los especímenes pertenecientes a un taxón se parecen entre sí porque descienden de un progenitor común.⁴¹

La idea en sí no era completamente nueva. Ya Georges Buffon se había planteado si especies similares, como caballo y burro, o las diferentes variedades de gatos, podrían descender posiblemente de un antecedente común, y lo mismo lo habían propuesto también Erasmus Darwin, abuelo del conocido biólogo, y algunos evolucionistas alemanes. También Linneo había expresado en sus años tardíos la posibilidad de que los diferentes especímenes pertenecientes a un taxón superior fueran el resultado de procesos de hibridación.⁴² Mayor repercusión tuvieron las teorías de Lamarck, quien en su «Philosophie Zoologique» de 1809 formuló que las especies no son constantes, sino que se transforman a través del tiempo dando origen a nuevas especies. Estas transformaciones las explicaba por una parte a través de las *fuerzas internas*, un mecanismo desconocido que hacía que los descendientes de un organismo fueran ligeramente diferentes a sus antecesores, y a través de la *herencia de características adquiridas*, según la cual los progenitores pasaban a sus descendientes también aquellas características que ellos mismos habían adquirido a través de su propio desarrollo individual. De la acumulación de estos pequeños cambios a través de las generaciones surgirían las nuevas especies. No obstante, la teoría de Lamarck negaba la extinción, los diferentes linajes se hallaban en un constante cambio, pero sin nunca desaparecer.⁴³

Fue Darwin quien logró finalmente integrar estos diversos enfoques en una compleja y exhaustiva teoría científica. Durante más de veinte años había coleccionado con esmero una multitud de datos que corroboraran sus ideas. De este modo le fue posible alejar su teoría evolutiva del terreno de lo metafísico, zona en la que se hallaban atrapadas aquellas teorías evolutivas que lo habían precedido.

La teoría evolutiva expuesta por Darwin está compuesta según Mayr por cinco teorías independientes.⁴⁴

⁴¹ La primera traducción al castellano, titulada «Orígen de las especies por medio de la selección natural ó la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la existencia», fue publicada en 1877. Para una edición facsímil véase DARWIN 2009.

⁴² MAYR 1984, p.168.

⁴³ RIDLEY 1993, pp.7-9.

⁴⁴ MAYR 2005, pp.113-130.

- La *teoría de la evolución* como tal, que define tanto al mundo como a los organismos que lo habitan como cambiantes e inconstantes.
- La *teoría de la descendencia común*, a la que suele denominarse también *teoría de la división*. De las cinco teorías de Darwin fue ésta la que fue aceptada con mayor entusiasmo por sus contemporáneos.
- La *teoría del cambio evolutivo gradual y constante*, con lo que Darwin se opuso a las habituales teorías saltacionistas.⁴⁵
- La *teoría del origen de la biodiversidad*, que explica el aumento del número de especies a través del tiempo por medio de procesos de especiación alopátricos (a través del aislamiento de variedades geográficas) y simpáticos (a través de la adaptación a nichos biológicos en un mismo espacio).
- La *teoría de la selección natural*, que explica el mecanismo del cambio evolutivo. Es la selección natural la que da origen a la aparente armonía y adaptación del mundo orgánico a través de la variación aleatoria y la posterior revisión de esta variación a través de la selección y la eliminación. En su época fue la parte más controvertida de la obra, y no gozó apenas de reconocimiento hasta bien entrado el siglo XX.⁴⁶ Hoy suele considerarse sin embargo como la esencia de la teoría evolutiva de Darwin.

Las consecuencias para la sistemática fueron importantes. Con la aceptación general por parte de los biólogos de los conceptos de *evolución* y *descendencia común* se abandona en la segunda mitad del siglo XIX la interpretación del sistema natural como manifestación del plan divino, y se empieza a ver como expresión de un sistema genealógico. Darwin era consciente de la importancia que su teoría adquiriría para la sistemática biológica, e insistía en que la clasificación expresa algo más que simple parecido: “[...] *el sistema natural se basa en la descendencia con modificación; [...] los caracteres que los naturalistas consideran como demostrativos de verdadera afinidad entre dos o más especies son los que han sido heredados de un antepasado común, pues toda*

⁴⁵ Las hipótesis saltacionistas defienden la idea de una evolución en la que el origen de nuevas formas organizativas no tiene lugar de manera continua, a través de la sucesión de pequeños pasos, sino a través de macromutaciones, es decir, dando grandes saltos. De este modo explican la falta de formas intermedias. FREUDIG/SAUERMOST 1999-2004, Saltation.

⁴⁶ El historiador de la ciencia Peter J. Bowler afirma por ello en su libro titulado «The non-Darwinian Revolution» que el auge que vivió la biología en la segunda mitad del siglo XIX no radicó propiamente en la teoría evolutiva de Darwin. BOWLER 1988.

*verdadera clasificación es genealógica; [...] la comunidad de descendencia es el vínculo oculto que los naturalistas han estado buscando inconscientemente [...].*⁴⁷ La taxonomía dedicó a partir de entonces todos sus esfuerzos a la búsqueda de la genealogía del mundo orgánico.

La metodología empleada para descubrir el orden del mundo natural no se vio afectada por la teoría evolutiva, pero sí la perspectiva desde la cual se interpretaban los datos recolectados.⁴⁸ Fenómenos como la diferenciación entre *afinidad* y *analogía*, que poseía una importancia fundamental a la hora de crear grupos naturales, encontraban ahora una explicación en esta teoría. Así, se considera hoy que mientras que la *afinidad* designa a aquellas características compartidas por un grupo de especies que las han heredado de un antecesor común, se refiere la *analogía* a aquellas adaptaciones específicas que han sido adquiridas de modo independiente en diferentes líneas evolutivas no emparentadas, es decir, surgidas por convergencia.

Para establecer el grado de parentesco entre los diferentes organismos se seguían teniendo en cuenta múltiples características. La embriología vino a complementar los estudios que venían realizándose en el campo de la anatomía comparativa para definir a los grupos naturales. En el análisis del desarrollo embrionario se buscaban ahora indicios que permitieran deducir antecedentes comunes a los diferentes organismos. El resultado de los estudios realizados en estas dos disciplinas biológicas fue que empezaron a sustituirse los filos o clases no-naturales por filos o clases naturales, al ir eliminándose paulatinamente todos los elementos no emparentados en el reino animal. La clasificación del reino vegetal se vio menos afectada por la teoría evolutiva; en parte debido a lo dificultoso que se presentaba la reconstrucción filogenética de las diferentes familias de plantas.⁴⁹

La paleontología ocupó un lugar central en la reconstrucción detallada del desarrollo filogenético. Mientras que la embriología y la morfología sólo podían hacer plausible la descendencia común de diferentes organismos probando su *homología* (es decir, demostrando la coincidencia básica entre órganos, estructuras físicas, procesos fisiológicos o comportamientos de dos taxones), documentaban los fósiles

⁴⁷ DARWIN 2009a, cap. XIII.

⁴⁸ STEVENS 1984.

⁴⁹ MAYR 1984, p.170-173.

la historia misma de la evolución orgánica. La reconstrucción a partir de fuentes fósiles resultó sin embargo ser extremadamente compleja.⁵⁰

Las imágenes jugaron también en esta época un papel central en la comunicación de las diferentes teorías filogenéticas. Escasas son aquellas que, como la única imagen que ilustraba el «Origen de las Especies» de Darwin (fig. 94), trataban de visualizar el mecanismo de la evolución como tal. Más habituales eran aquellas otras que pretendían traducir la genealogía de un grupo determinado de organismos al ámbito de lo visual, mostrando sus antepasados y sus relaciones de parentesco con otras especies, dando así origen a múltiples árboles genealógicos.

Con el descubrimiento y la aceptación generalizada de la descendencia común se convirtió la búsqueda del sistema natural en la reconstrucción del desarrollo filogenético del mundo orgánico; así la interpretación metafísica de la clasificación fue sustituida definitivamente por una interpretación científica.⁵¹

3.1.9 La sistemática filogenética: La aplicación de métodos numéricos

El interés por representar el orden del mundo natural empezó a disminuir tras 1880 de modo lento, pero constante. Esto se debe a diferentes factores. El más importante fue sin duda la decepción frente a la dificultad de obtener resultados inequívocos en la reconstrucción de la filogenia del mundo orgánico. El parecido, el cual seguía siendo el criterio predominante para la constitución de los grupos naturales, suele ser un indicativo bastante preciso para definir el parentesco en los rangos inferiores al *orden* (es decir en *familia*, *género* y *especie*). La dificultad surge al tratar de resolver la filogenia de los taxones superiores (*orden*, *clase* y *filo*), para lo cual resulta poco fiable el parecido. Los avances en este terreno eran escasos, empezó a expandirse la duda generalizada frente a la posibilidad de reconstruir la

⁵⁰ JAHN 2000, p.367.

⁵¹ MAYR 1984, p.120.

genealogía de lo natural. La desesperación de los zoólogos alcanzó tal punto a inicios del siglo XX que alguno llegó incluso a dudar frente a la certeza de la teoría de la descendencia común.⁵²

Otros factores para el creciente desinterés en la sistemática fueron, aunque de manera menos marcada, la confusión terminológica que reinaba en la época, el creciente interés por la definición del concepto de especie⁵³ y los fascinantes descubrimientos que surgían en el terreno de la biología experimental (citología, genética mendeliana, fisiología, bioquímica). Este último aspecto hizo que la nueva generación científica se sintiera más inclinada a dedicarse al estudio de estas nuevas disciplinas que a la sistemática biológica, lo cual tuvo consecuencias tanto a nivel de personal investigador como de apoyo institucional para esta rama de la biología.

El método tradicional de la clasificación basada en el parecido, que resultaba de la comparación de las diferentes características de los especímenes, requería un amplio conocimiento y experiencia en la materia a ordenar. Resultaba prácticamente imposible que no surgieran inconsistencias entre los resultados presentados por los diferentes expertos. Como contestación a este problema surgen a principio de los años sesenta del siglo XX de modo independiente dos propuestas que buscaban eliminar la subjetividad y la arbitrariedad de la clasificación a través de la creación de un método objetivo y, por así decirlo, automatizado y numérico. Las posibilidades que las nuevas computadoras electrónicas ofrecían fueron pronto empleados con este fin, haciéndose uso de procesos informáticos para la cuantificación de parecidos según los nuevos métodos estadísticos propuestos por estas teorías.⁵⁴

El *método fenético*, también denominado *taxonomía numérica*, busca clasificar a los organismos recientes basándose en su parecido general. La teoría fue expuesta por Sneath y Sokal en 1961, y proponía calcular a través de procesos estadísticos un valor único que expresara la distancia entre los diferentes taxones.⁵⁵ Emplean con este propósito al mayor número de caracteres disponibles, con la intención de así

⁵² MAYR 1984, p.175.

⁵³ La problemática a la hora de definir el concepto de especie radica en que para ello debe delimitarse a ésta tanto en su variación horizontal (la variación geográfica) como vertical (la variación a través del tiempo). Véase RIDLEY 1993, pp.383-407; MAYR 1984, pp.202-238; HULL/RUSE 1998, pp.293-369; de QUEIROZ 2011.

⁵⁴ MAYR 1984, p.176-181.

⁵⁵ SNEATH/SOKAL 1973.

reducir posibles errores que surgieran de caracteres particulares. La cuantificación del parecido general entre organismos no deja sin embargo de ser problemática. Al no ponderarse los caracteres pueden surgir clasificaciones muy diferentes dependiendo tanto de los caracteres como de los taxones que hayan sido incluidos en el estudio. El resultado estará asimismo sujeto a los procesos matemáticos aplicados.⁵⁶ No obstante, los métodos numéricos y multivariantes que fueron desarrollados para esta disciplina siguen empleándose aún hoy dentro y fuera del campo de la biología, aplicándose principalmente ya no a datos morfológicos, sino a datos moleculares.⁵⁷

El método fenético no implica una hipótesis evolutiva, dado que se trata de un proceso estadístico que puede aplicarse a cualquier grupo de objetos. De hecho, surgió como reacción a las múltiples incertidumbres que se presentaban en la clasificación evolutiva, tratando de evitar a éstas creando clasificaciones basadas únicamente en las relaciones de parecido.

El *método filogenético* propone a cambio clasificar el mundo orgánico de acuerdo a la *filogenia*, es decir, teniendo en cuenta su origen y desarrollo evolutivo. Sus principios fueron expuestos por primera vez en 1950 por el entomólogo alemán Willi Hennig, pero la complejidad terminológica de la obra impidió una amplia acogida. No fue hasta la traducción del método al inglés, publicado en 1966 bajo el título «Phylogenetic Systematics», cuando empezó a adquirir mayor atención. En sus principios fue una metodología altamente controvertida, que dio lugar a una animada discusión en torno a las bases teóricas de la taxonomía. Bautizada con el nombre de *cladismo* por sus adversarios, que opinaban que se le concedía excesiva importancia a la *cladogénesis* (proceso de ramificación de una especie) frente a la *anagénesis* (evolución progresiva de una especie), adoptaron posteriormente muchos de sus seguidores esta designación.⁵⁸

⁵⁶ WIESEMÜLLER/ROTHE/HENKE 2003, p.20; RIDLEY 1993, p.363.

⁵⁷ MAYR 1984, p.181; LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.22.

⁵⁸ HENNIG 1950; HENNIG 1999; FREUDIG/SAUERMOST (1999-2004), Kladistik.

Para una explicación detallada de los conceptos y métodos del cladismo, véase RIEPPEL 1983; RIEPPEL 1999.

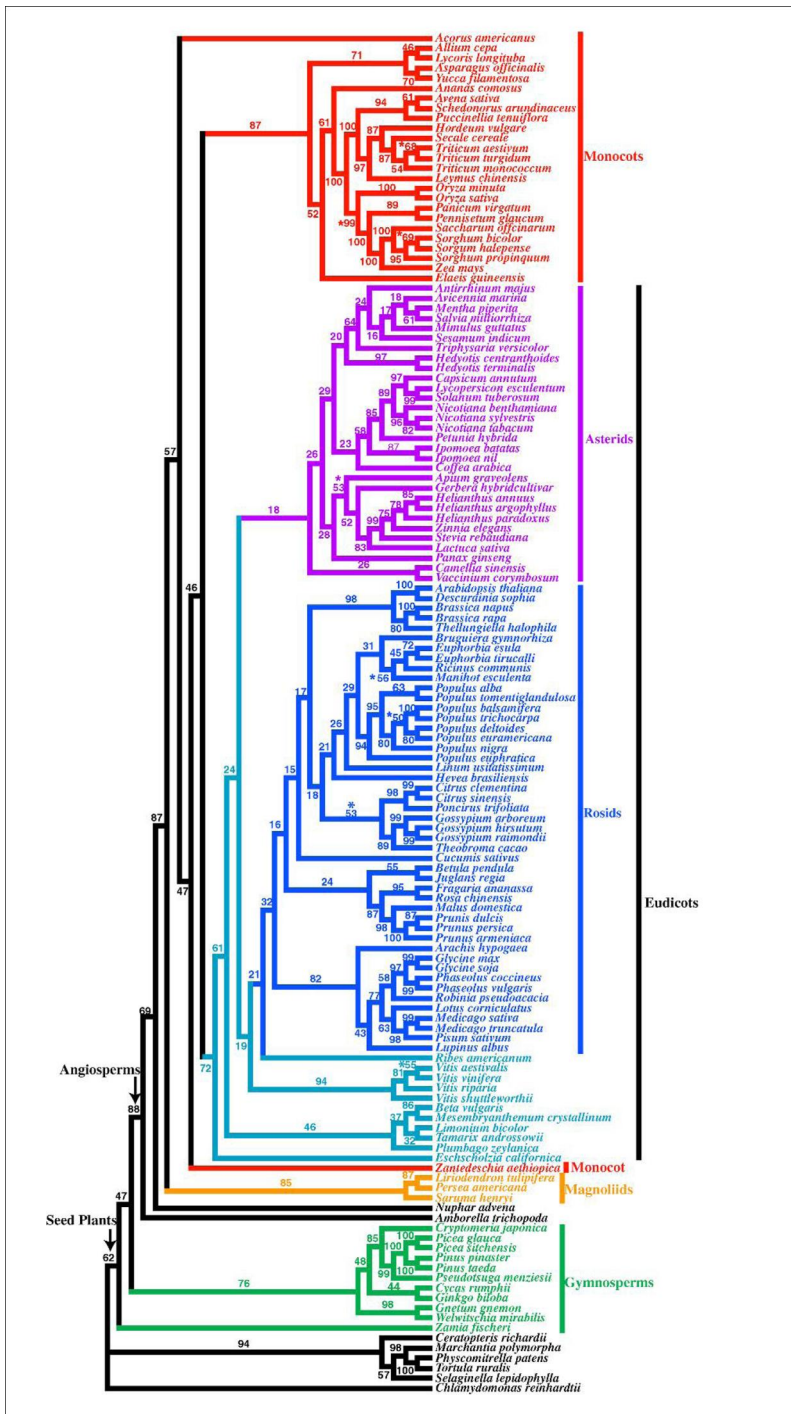


Fig. 80: Ilustración publicada en la revista Systematic Biology, 2011.

La meta del cladismo no consiste en la reconstrucción de la genealogía, es decir, en la identificación de los antecedentes y sus respectivos descendientes, sino en la definición del grado de parentesco entre diferentes especies. La interpretación tem-

poral (la hipótesis evolutiva) se realiza en una segunda etapa, basándose en las relaciones de parentesco halladas entre los diferentes organismos.⁵⁹

Para comprender el modo en el que estas dos metodologías se diferencian a la hora de clasificar el mundo orgánico es necesario explicar primero una serie de principios básicos.

Cuando una especie se divide durante la evolución suele considerarse que da origen a dos especies descendientes, a las que se denominan *especies hermanas*. Todo organismo compartirá una serie de caracteres con su antecesor, no obstante, presentará a su vez una serie de innovaciones, de nuevos caracteres que lo diferenciarán tanto de su antecesor como de su especie hermana.

Para clarificar las diferentes relaciones de parecido que se establecen entre los grupos se ha creado una terminología que permita describir a los tipos de caracteres compartidos modo unívoco. Así se denominarán *homologías* a aquellos caracteres que han sido heredados de un antecesor común. Pueden subdividirse las homologías a su vez en *homologías derivadas* y *homologías ancestrales*. Las *homologías derivadas* son aquellas que son únicas a un determinado grupo de especies y su antecesor, es decir, un carácter que ha surgido en el transcurso de la evolución en el antecesor y que ha sido heredado por la totalidad de sus descendientes. Las *homologías ancestrales* surgen a cambio cuando un carácter se halla en el antecesor de un grupo de especies y en algunos, pero no necesariamente todos sus descendientes. Finalmente designa la *analogía* a un carácter convergente, que es compartido por diferentes especies, sin que éstas lo hayan heredado de un antecesor común. Será, por lo tanto, un carácter adquirido por las especies que lo poseen de modo independiente en el transcurso de la evolución.⁶⁰

La *cladística* crea sus clasificaciones biológicas basándose únicamente en *grupos monofiléticos*: grupos que incorporan tanto a un antecesor hipotético como a la totalidad de sus descendientes (fig. 81.1). Para crear estos grupos se tienen en cuenta exclusivamente a las *homologías derivadas*, es decir, a aquellos caracteres que comparten tanto el antecedente en cuestión como todos sus descendientes, ignorando a los demás caracteres que no sean de este tipo. Un ejemplo de *grupo monofilético* lo cons-

⁵⁹ LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.36; KNOOP/MÜLLER 2006, pp.52-64.

⁶⁰ RIDLEY 1993, pp.355-382.

tituye la clase de las aves. Todas las diferentes especies de aves contemporáneas comparten un antecesor común, el cual introdujo una serie de innovaciones compartidas posteriormente por todos sus descendientes, como lo es la posesión de plumas o el primer dedo girado hacia atrás.

La *fenética numérica*, en cambio, hace uso del mayor número de caracteres posibles para establecer su clasificación, calculando para ello un valor medio que indique el parecido general entre las especies. Este método tendrá en cuenta a todas las características compartidas de modo indiferenciado. Es posible entonces que se originen *grupos polifiléticos*: grupos que incorporan de modo selectivo a diferentes especies sin que éstas compartan un antecesor directo (fig. 81.3). Esta situación surge cuando dos linajes desarrollan caracteres similares de modo convergente, es decir, cuando se constituye el grupo basándose en caracteres *análogos*, que han evolucionado de manera independiente. Así, si se creara un grupo que abarcara tanto a peces como a ballenas y delfines se trataría de un *grupo polifilético*, pues los caracteres que hacen que ballenas y delfines se asemejen superficialmente a los peces han sido adquiridos por éstos en el curso de la evolución de modo convergente, es decir, sin haberlos heredado de un antecesor común con los peces.

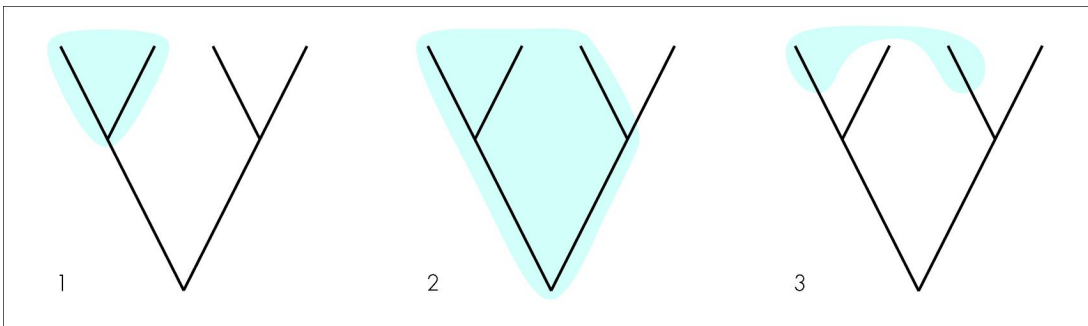


Fig. 81: 1. Grupo monofilético. 2. Grupo parafilético. 3. Grupo polifilético.

El énfasis puesto por Hennig en la creación de *grupos monofiléticos* no era en sí nada nuevo, ya con anterioridad se había considerado este método como imprescindible para la correcta reconstrucción de la genealogía de lo natural. La aplicación de estos principios a la clasificación sistemática era sin embargo altamente controvertida. Entre sus principales oponentes se encontraba la *sistemática evolutiva*,

encabezada por Mayr, Dobzhansky y Simpson.⁶¹ Los seguidores de esta escuela se oponían a la formación de grupos jerárquicos puramente filogenéticos, proponiendo a cambio que la clasificación biológica se base no sólo en *grupos monofiléticos*, sino también en *grupos parafiléticos*. Se consideran *grupos parafiléticos* a aquellos grupos que comparten un antecesor, pero que no incluyen a todos sus descendientes (fig. 81.2). Los miembros que son incluidos en los *grupos parafiléticos* son por lo tanto aquellas formas que han cambiado poco desde el estado ancestral, por lo que comparten una serie de *homologías ancestrales*, que otros descendientes del mismo antecesor han acabado sin embargo por perder. Las especies excluidas son aquellas que han cambiado más: un *grupo parafilético* contiene por lo tanto a los descendientes conservativos de una especie ancestral.⁶²

Un conocido ejemplo de *grupo parafilético* lo constituye el grupo de animales que habitualmente se denominan *reptiles*, formado por tortugas, sphenodon, squamata (que incluye a lagartos y serpientes) y crocodilos. Aunque todos ellos comparten un antecesor común, no incluye este grupo a la totalidad de los descendientes de éste: no se incluye en él a las aves, a pesar de que sean un taxón hermano de los cocodrilos (es decir, que comparten con éstos el antecesor más próximo).

La sistemática evolutiva pretendía basar por lo tanto la clasificación no sólo en la *genealogía*, sino también en la *distancia evolutiva* (el número de características innovadoras que separa a una especie de su antecesor). De este modo expresa la clasificación evolutiva además de los procesos de ramificación de las líneas filogenéticas (la *cladogénesis*: el proceso de ramificación de una especie), también el modo en el que las diferentes líneas han evolucionado una vez separadas, distanciándose unas de otras (la *anagénesis*: la evolución progresiva de una especie).⁶³ Clasificaciones que mezclan a más de un tipo de información resultan sin embargo extremadamente problemáticas. Así, una clasificación evolutiva que no esté constituida de acuerdo a un único criterio no permitirá a sus usuarios saber que principios siguen los diferentes grupos a los que establece.⁶⁴

⁶¹ MAYR 1981; DOBZHANSKY 1970; SIMPSON 1961.

⁶² RIDLEY 1993, p.367.

⁶³ MAYR 1984, pp.187-190.

⁶⁴ WIESEMÜLLER/ROTHER/HENKE 2003, p. 24-25; RIDLEY 1993, p.375.

Obras dedicadas específicamente a comparar las diferentes escuelas sistemáticas son entre otras

La jerarquía filogenética existe en la naturaleza independientemente al método que se emplee para descubrirla, y es como tal, única y clara en su forma. Es por esta razón que se tiende generalmente a favorecer la sistemática cladística, dado que ésta pretende crear una clasificación estrictamente monofilética, la cual debería reflejar a la jerarquía filogenética. No obstante sigue siendo esta clasificación aún hoy polémica; la denominada *clasificación tradicional* sigue prevaleciendo en la enseñanza, tanto secundaria como incluso universitaria, y ocupa un lugar predominante en la visión popular del tema. Publicaciones como aquella de Lecointre/LeGuyader surgen como reacción a este hecho, con la intención de ofrecer una obra que presente una clasificación de los seres vivos completa y coherente, basada exclusivamente en la descendencia evolutiva.⁶⁵ También el uso de la nomenclatura binominal, que no sólo identifica al taxón en cuestión, sino que ofrece simultáneamente informaciones sobre su posición en la jerarquía sistemática, es hoy muy discutido, dado que presenta una serie de inconvenientes prácticos a la hora de describir la filogenia de lo orgánico.⁶⁶

La clasificación biológica se ha basado durante siglos en los caracteres morfológicos de los organismos estudiados. El análisis cladístico, aunque empleando otros métodos para la evaluación, siguió en principio con esta tradición. Los avances científicos y tecnológicos de las últimas décadas han alterado este hábito de modo radical. Para la clasificación filogenética se emplean hoy, junto a los datos morfológicos, informaciones de tipo bioquímico o molecular, incluyendo a las secuencias de ADN.

Los resultados del análisis filogenético se visualizan en forma de estructuras de árbol, denominadas *cladogramas* o *árboles filogenéticos*. Éstos expresan visualmente las hipótesis de relación y descendencia. Mientras que algunos de los principios originales de Hennig han sido abandonados por sus seguidores actuales, representa la construcción de árboles genealógicos según los métodos cladísticos un aspecto que ha logrado imponerse con éxito, y es aceptado hoy de modo general.

aquellas de SCOTT-RAM 1990; RIDLEY 1986 y RIEPEL 1983.

⁶⁵ RIDLEY 1993, p.365; FREUDIG/SAUERMOST (1999-2004), phylogenetische Systematik; LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.VI.

⁶⁶ ERESHEFSKY 1994; ERESHEFSKY 2002.

3.2 El diagrama ramificado en la biología

A lo largo de la historia de la sistemática biológica han surgido diferentes modelos gráficos que expresan la visión del orden de lo natural que predominaba en ese momento. Las estructuras ramificadas han sido empleadas con este propósito a partir de los inicios del siglo XIX, a menudo acompañadas por la metáfora de árbol. Los escritos de Darwin proporcionaron la base teórica a estas imágenes, cuyo éxito perdura hasta nuestros días.

La mayoría de las visualizaciones generadas en este contexto pueden considerarse como formatos no-estandarizados, dado que los autores dispusieron libremente tanto de la codificación espacial como del lenguaje formal para la comunicación de sus contenidos. Surge así un amplio repertorio de diseños posibles, cuyos exponentes se diferencian entre sí tanto por sus apariencias como por sus mensajes. El estudio de esta variedad de enfoques metódicos permite adquirir un conocimiento profundizado de los múltiples mecanismos que rigen la interpretación de diagramas cualitativos. Para ello será imprescindible analizar los diferentes códigos que han sido empleados, prestando especial atención a las consecuencias que la elección de estos criterios implican para comunicación del contenido. Si la imagen hace uso de metáforas visuales, será necesario averiguar qué aspectos del sujeto secundario son proyectados sobre el sujeto primario. De este modo se podrán identificar posibles conflictos que partan de la interacción de los dos conceptos, a la vez que evaluar cuales de las asociaciones generadas por la visualización han sido establecidas de modo intencional. A nivel general deberá estimarse hasta qué punto la impresión global suscitada por el diagrama se corresponde con las ideas que el autor de éste trata de expresar, y si hay aspectos perceptivos, asociativos o convencionales que interfieran en la transmisión.

Para delimitar el campo de estudio se ha centrado la atención en cuatro momentos específicos de la historia visual de la biología sistemática. Todas las imágenes analizadas hacen uso de la estructura ramificada, asociando a ésta sin embargo diferentes conceptos.

3.2.1 El árbol botánico de Augustin Augier

La *imagen* del árbol es, al igual que aquella de la *escalera* o la *cadena*, de origen muy antiguo.⁶⁷ Su uso para la visualización del orden de la naturaleza surgió como consecuencia de las limitaciones varias que implicaba el concepto de la escalera ascendente.

La idea de la *scala naturae* encontró su expresión visual dieciochesca en la obra del biólogo suizo Charles Bonnet, quien en 1745 incorporó a su «Traite d'insectologie» una ilustración de la “*escalera de los seres naturales*” (fig. 82).⁶⁸ En ella se ordenan a estos *seres* verticalmente, comenzando en la parte baja por las “*materias más sutiles*”, pasando entonces a los cuatro elementos de la tradición química, al reino mineral, ascendiendo al reino vegetal y animal y encontrando finalmente su culminación en el ser humano. Cada escalón supone por lo tanto un avance o un retroceso frente al peldaño contiguo. Desde el punto de vista de la codificación espacial se trata de una estructura unidimensional, pues sólo la vertical encierra un significado, expresando el creciente grado de complejidad y perfección. A nivel gráfico es una curiosa mezcla entre diagrama abstracto y metáfora visual. Los nombres de los diferentes “*seres naturales*” se hallan delimitados por líneas horizontales que pueden ser comprendidos como peldaños, al igual que las dos líneas verticales pueden interpretarse como los ejes de la escalera.

Fue el mismo Bonnet quien introdujo a la metáfora vegetal, al sugerir en 1764 que tal vez la escalera se ramifique en su ascenso. En el tercer volumen de su «Contemplation de la nature» cuestiona si no deberán acaso considerarse a los insectos y las conchas como “*ramas laterales y paralelas a ese gran tronco*”.⁶⁹ Según Voss es ésta la primera propuesta que describe a la escalera como estructura ramificada. Tan sólo dos años más tarde expresa el biólogo y geógrafo alemán Pallas la idea de un árbol cuyo tronco se divide inmediatamente tras la raíz en dos tallos contiguos y parale-

⁶⁷ BARSANTI 1992, pp.75-78; NORWICK 2006, cap.7.

⁶⁸ BONNET 1745.

⁶⁹ BONNET 1764, tomo 3, p.59: «Les Insectes & les Coquillages seroient-ils deux Branches latérales & parallèles de ce grand tronc?»

L'HOMME.
Orange-Outage.
Singe.
QUADRUPÈDES.
Écureuil volant.
Chauve-souris.
Autruche.
OISEAUX.
Oiseaux aquatiques.
Oiseaux amphibies.
Poissons volans.
POISSONS.
Poissons rampans.
Anguilles.
Serpens d'eau.
SERPENS.
Limaces.
Limaçons.
COQUILLAGES.
Vers à tuyau.
Teignes.
INSECTES.
Gallinées.
Ténia, ou Solitaire.
Polypes.
Oraies de Mer.
Sentiveux.
PLANTES.
Lichens.
Mouffettes.
Champignons, Agarics.
Truffes.
Coraux & Coralloides.
Lithophytes.
Amiantes.
Talcs, Gyps, Sclérites.
Ardouilles.
PIERRES.
Pierres figurées.
Cryballisations.
SELS.
Vitriols.
METAUX.
DEMI-METAUX.
SOUFRES.
Bitumes.
TERRES.
Terre pure.
EAU.
AIR.
FEU.
Matières plus subtiles.

Fig. 82:
Bonnet, 1745.

los, dando origen de este modo a dos escaleras independientes para el reino animal y vegetal.⁷⁰ No obstante, ninguna de estas metáforas verbales contenía implicaciones evolutivas.

Tuvieron que pasar casi cuarenta años hasta que la imagen verbal fuera traducida al ámbito de lo visual. En 1801 se publica en Lyon un pequeño tomo con un largo título, que se traduce por «Tentativa de una nueva clasificación de los vegetales, conforme al orden que la naturaleza parece haber seguido en el reino vegetal; de donde resulta un método que conduce al conocimiento de las plantas y de sus relaciones naturales».⁷¹ En las últimas páginas del libro se halla insertada una curiosa imagen, cuyas dimensiones (33 x 45 centímetros) exceden de manera significativa el reducido formato de la obra, por lo que se esconde tras múltiples pliegues (fig. 83). Su autor, Augustin Augier, la bautizó con el nombre de *arbre botanique*. Es ésta la primera ilustración que visualiza al orden de lo natural haciendo uso de la metáfora de árbol a nivel gráfico.⁷²

La imagen visualiza la compleja sistemática que Augier ha creado para el reino vegetal. La intención de su clasificación consiste en unificar la función que cumplen las *claves analíticas* por un lado (“conducir al conocimiento de las plantas”, es decir, la identificación inequívoca de especímenes) con aquella otra que resuelve la clasificación ascendente (la creación de grupos naturales, permitiendo “comprender las relaciones que se establecen entre los diferentes grupos”). Su sistemática no está libre de contradicciones. Así, aunque reconoce que para la creación de grupos naturales es imprescindible tener en cuenta múltiples características, opta sin embargo, por dividir los especímenes siguiendo una única propiedad.⁷³ No sorprende pues que los grupos que resultan de la aplicación de este método sean todos artificiales,

⁷⁰ VOSS 1952, p.17; RAGAN 2009.

científicos como Jussieu habían indicado con anterioridad la imposibilidad de que una clasificación sirviera simultáneamente a ambos propósitos.⁷⁴

Son muy escasas las informaciones que nos han llegado sobre Augier. Por lo que él mismo describe en su obra parece que se dedicaba a la botánica sólo en sus ratos de ocio. En consecuencia tampoco presenta a su modelo clasificadorio como estructura definitiva, sino como boceto incompleto que deberá ser especificado y precisado por botánicos más expertos, aunque no dudaba que el principio en sí pudiera llegar a ser extraordinariamente útil.⁷⁵ Pero su trabajo interesa en el contexto de este proyecto no desde la perspectiva de la clasificación biológica resultante, sino por la originalidad de algunos de los conceptos de los que hizo uso a la hora de construir su *arbre botanique*.

Augier partió de la *scala naturae* al diseñar su clasificación, pero la diversidad natural le obligó pronto a abandonar la idea de organizar a todos los especímenes en una única línea ascendente. Al observar sus propios intentos obstinados dice haberse dado cuenta que la problemática a la que se enfrentaba era semejante a si intentara organizar a todas las ramas de un mismo árbol de modo que formaran una línea continua, ininterrumpida. Llega entonces a la conclusión de que “*los vegetales forman diferentes series unidas por su base, entre las que se observa una gradación similar a aquella de las ramas de un árbol*”.⁷⁶

La codificación de su diagrama es en principio muy sencilla. La dimensión vertical organiza a las plantas según su mayor (arriba) o menor (abajo) grado de perfección.⁷⁷ El espacio horizontal es empleado para dar expresión a la variedad morfológica, sin que se halle codificado de manera explícita. En cuanto a su estructuración se corresponde por lo tanto con las *escaleras ramificadas*, término que designa a aquellas propuestas que, aún siguiendo la idea de la *escalera de la naturaleza*, abandonaron la búsqueda de una secuencia única.

⁷¹ AUGIER 1801.

⁷² STEVENS 1983.

⁷³ AUGIER 1801, p.ii.

⁷⁴ STEVENS 1983, p.208.

⁷⁵ AUGIER 1801, pp.vii-viii.

⁷⁶ Anexo A, renglones 18-21.

⁷⁷ Anexo A, renglones 2-3.

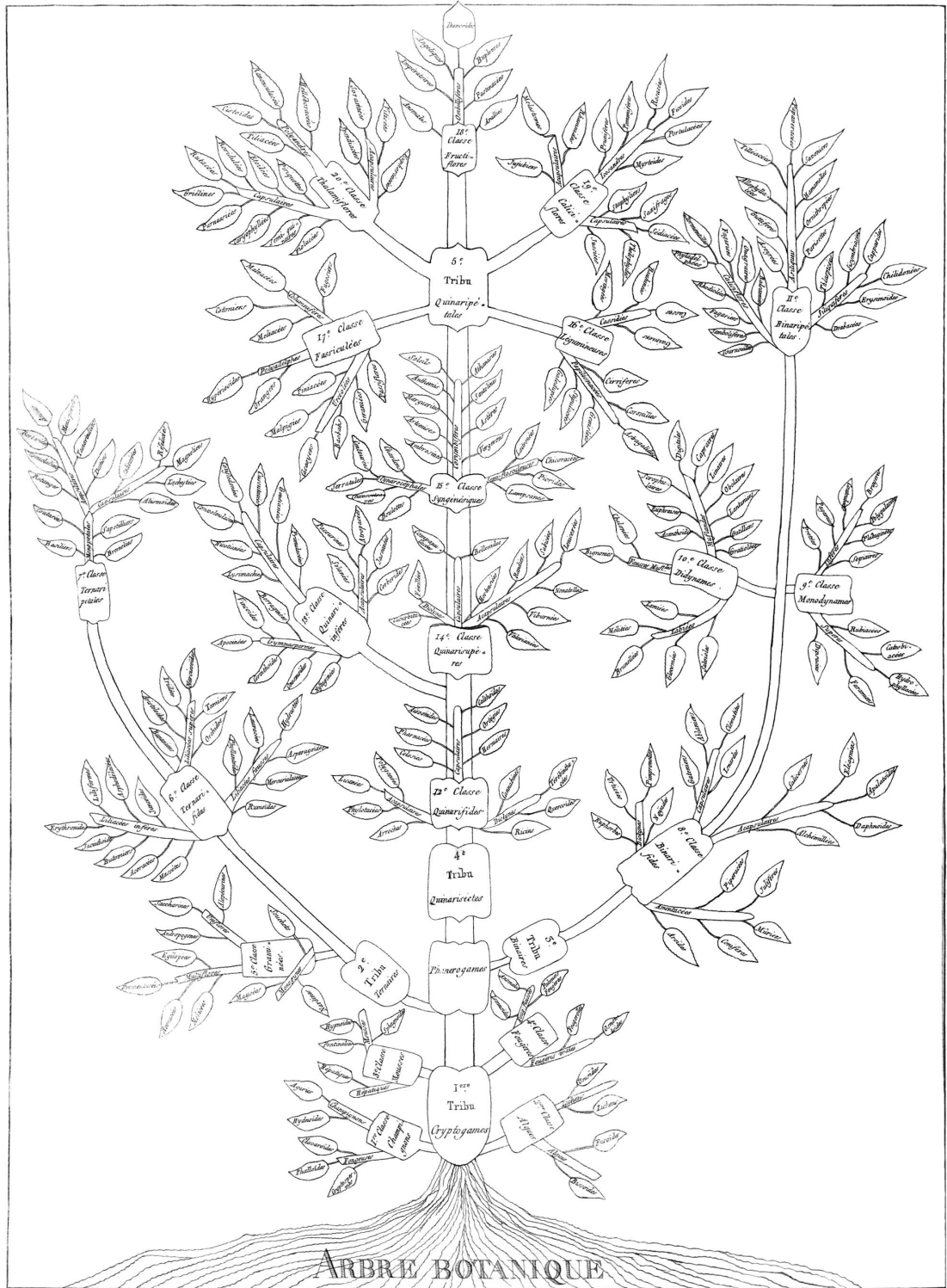


Fig. 83: El Arbre Botanique de Augustin Augier, 1801.

No obstante, la asociación con el *árbol* es en este caso intencional, y no surge sólo por un posible parecido a nivel estructural originado por la diversificación de la escalera. Se trata sin duda de una *metáfora visual*, pues ante la vista se despliega una imagen en la que los *elementos informativos*, constituidos por palabras y las conexiones lineales que las comunican, se hallan acompañados por una serie de *elementos decorativos*, como las graciosas hojas que sirven de contenedores a los nombres que designan a las diferentes familias de plantas, y la densa cortina de raíces que se extiende a los pies del tronco, que convierten a la estructura en una imagen de carácter figurativo.

Surge entonces de modo inevitable la pregunta acerca de la razón por la que Augier decidió asociar el concepto de *árbol* a su sistema clasificatorio, pues hubiera podido diseñar igualmente una estructura ramificada abstracta. ¿Cuáles son pues las implicaciones asociadas al *sujeto secundario* (*árbol*) que deseaba aplicar al *sujeto primario* (la clasificación del reino vegetal)?

Para dar respuesta a esta cuestión es necesario introducir primero brevemente el concepto de *jerarquía*, que habitualmente es definida como *gradación* de personas, valores o dignidades.⁷⁸ Mayr especifica esta definición, distinguiendo a dos tipos de jerarquías diferentes: las excluyentes y las inclusivas. Las *jerarquías excluyentes* son aquellas en las que un rango u orden inferior no es una subdivisión de un rango u orden superior. A esta tipología pertenece la *scala naturae*, pues cada grado de perfección supone un avance o un retroceso frente al escalón contiguo, pero sin nunca incluirlo o ser incluido por éste. La jerarquía de las categorías taxonómicas al contrario es un ejemplo de *jerarquía inclusiva*, pues cada taxón superior encierra o contiene a los taxones de los rangos inferiores, subordinados.⁷⁹ Así, un *perro* es a la vez un cánido (familia), un carnívoro (orden), un mamífero (clase), un vertebrado (subfilo), un cordado (filo) y un animal (reino).

El interés que la figura del *árbol* debió despertar en Augier radica probablemente en el hecho que éste le permitía visualizar a ambos sistemas jerárquicos de modo simultáneo. Por una parte se presta el *árbol* a personificar la imagen de la creciente perfección a través de su incansable desarrollo ascendente, convirtiéndose en

⁷⁸ www.rae.es | Consultado en línea el 1.10.2011.

⁷⁹ MAYR 1984, p.165.

una *metáfora orientativa*. El crecimiento vertical permite entonces organizar en la imagen a las diferentes familias de plantas según el grado de perfección que les era atribuido, dando así origen a una escalera ramificada.

Por otra parte ofrece el árbol de manera implícita una serie de categorías visuales ordenadas, que se basan en una especie de *sucesión lógica*: primero el tronco, después las ramas más gruesas, seguidas por los tallos más finos y por último las hojas. Esto permite por lo tanto codificar a una jerarquía inclusiva de manera que resulte comprensible de modo inmediato, sin necesidad de hacer uso de complejos códigos. Augier emplea este principio al visualizar a su sistemática. Su *árbol botánico*, que representa al *reino* vegetal, está constituido por un tronco con tres ramas, a lo largo de las que dispone sus cinco *tribus*. De éstas surgen veinte nódulos que representan a las *clases*, que se dividen a su vez en cincuenta y tres tallos (*órdenes*) provistas de doscientos cincuenta y seis hojas (*familias*).

El único punto en el que no hace uso de esta sistemática de modo consecuente es a nivel de las *tribus*: las plantas *criptógamas* (aquellas que carecen de flor, 1ª tribu) se hallan en la base del tronco. Por encima de éste crecen las plantas *fanerógamas* (aquellas que poseen flor visible) entre las que diferencia a cuatro tribus a las que distribuye a lo largo de tres grandes ramas. Hubiera sido posible dividir el tronco directamente en dos (*criptógamas* y *fanerógamas*) o cinco (una para cada tribu) ramas. No obstante, esto hubiera anulado por una parte su *orden según el grado de perfección*, dado que plantas *criptógamas* y *fanerógamas* hubieran quedado a la misma altura, a la vez que hubiera dado origen a un árbol irregular y asimétrico, pues sus *criptógamas* incluyen un menor número de familias que las demás tribus. Es probable que ambos aspectos hayan influido en su decisión. Queda patente entonces que las dificultades gráficas se incrementan conforme crece el número de códigos y criterios involucrados en el diseño de la imagen.

La visualización de una *jerarquía inclusiva* a través de una imagen figurativa no es muy frecuente, pues la forma más habitual de representar a éstas es a través de la organización tipográfica del espacio por medio de llaves, que engloban entonces a los rangos inferiores. Otra forma de expresar a una jerarquía inclusiva es a través de un diagrama de Venn.⁸⁰

⁸⁰ PALMER 1999, pp. 416-417.

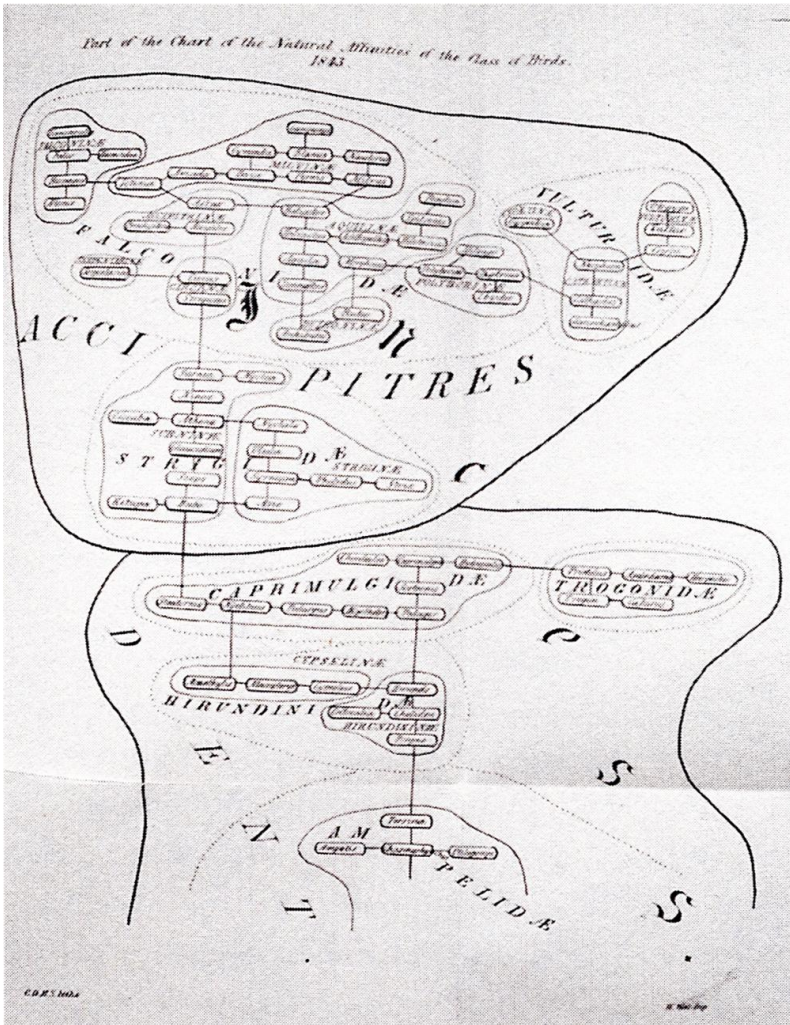


Fig. 84: Versión impresas del mapa de Strickland, 1843.

El *mapa* que el biólogo inglés Hugh Strickland presentó a sus compañeros en un congreso zoológico en 1841 se corresponde con esta tipología (fig. 84). La imagen presenta a ochenta y dos *especies* de pájaros, enmarcada cada una de ellas por un estrecho rectángulo redondeado. Estas son agrupadas entonces por una serie de contornos lineales que distinguen a los diferentes *géneros*. Líneas punteadas organizan a éstos a su vez en *familias*, mientras que las líneas más gruesas las asignan a los dos *órdenes* a los que pertenecen. El plano en sí representa a la *clase* de las aves.⁸¹ Las diferentes distancias que se generan entre las especies indican las afinidades que

⁸¹ STRICKLAND 1841; VOSS 2007, pp.115-118.

Strickland reconocía entre ellas, mientras que las líneas que conectan a éstas visualizan su grado de parentesco.

Dejando ya la clasificación jerárquica de un lado, resulta interesante analizar la algo ambigua relación que el *arbre botanique* presenta con la *temporalidad*. Augier observa en sus series de plantas, como hemos visto, “una gradación similar a aquella de las ramas de un árbol”. No cabe duda que esta progresión tanto formal (de grueso a fino, de lo unitario a lo múltiple) como espacial (de abajo hacia arriba) que presentan las ramas, se halla intrínsecamente relacionada con la idea de la *temporalidad*, pues es a través del tiempo que el árbol crece y se ramifica, originando así un orden que se extiende desde lo inicial, originario (el tronco y las raíces) hasta lo más reciente (las hojas). No obstante, el aspecto de la *temporalidad* no presenta para Augier mayor interés que como criterio de organización secuencial, dado que sus descripciones no incluyen en ningún momento una hipótesis evolutiva. De hecho, identifica en repetidas ocasiones al Creador como autor del orden que reconoce en la naturaleza.⁸² Así, sería erróneo suponer, basándonos en la ilustración, que Augier sugiriera que las plantas *fanerógamas* evolucionaron a partir de las *criptógamas* por el simple hecho que éstas se inscriben en el tronco del que crecen las diferentes ramas de plantas con flor.

Augier, al igual que la mayoría de sus contemporáneos, no se contentaba con crear una *jerarquía inclusiva*, sino que trataba a la vez de describir y documentar las múltiples relaciones de similitud y analogía que observaba entre las plantas, más allá de su pertenencia a un determinado grupo. Pero a diferencia de sus colegas, buscó expresar estas relaciones no en el plano, lo cual hubiera dado origen a un complejo *mapa* (figs. 78 y 84), sino en el espacio. Con este propósito imaginó Augier a su árbol como estructura tridimensional. Constata por ello que “*para formarse una idea exacta de las ramificaciones del árbol botánico es necesario suponer que la rama de las quinaires está girada de manera que los tallos que representan a las thalamiflores, las fasciculées y las quinarinferes se hallan tras el árbol; las fructiflores, las syngénésiques y las quinarisupères en el centro; y las caliciflores y las légumineuses de frente. Es necesario suponer también que la rama de los binaires está girada de manera que los monodynames se hallen frente a la rama de los ternaires; y que los didynames, apartándose de su rama, se*

⁸² Anexo A, renglones 46-48.

sitúan en la parte delantera del árbol, por debajo de las *légumineuses*.⁸³ Crea de este modo un modelo que se adentra en la tercera dimensión, que dispone de la profundidad, la figura 85 muestra una secuencia de las imágenes fijas de la animación tridimensional del árbol botánico.

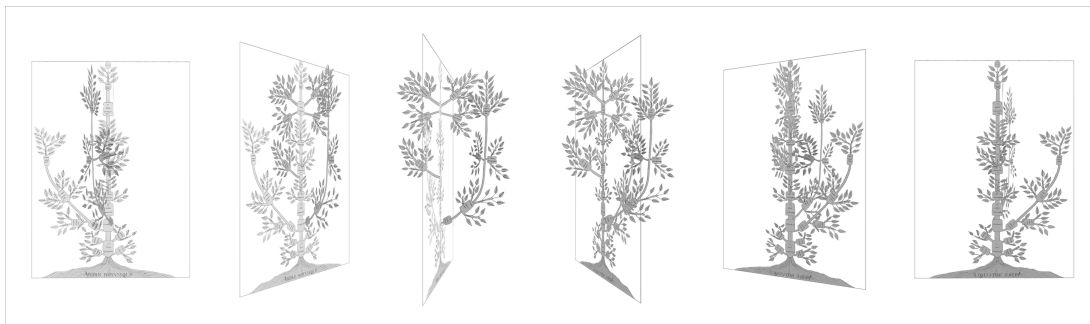


Fig. 85: Interpretación tridimensional del árbol botánico de Augier.

Transponer la imagen del árbol al espacio tridimensional permite a Augier aumentar el número de dimensiones codificables de la imagen. Las posibilidades de expresar similaridad y divergencia se multiplican al crearse diferentes niveles de profundidad (en su explicación hace referencia a tres planos: *detrás*, *delante* y *en medio*, además de los habituales *arriba* y *abajo*, y *derecha* e *izquierda*). De este modo abre las puertas a una codificación espacial mucho más compleja que aquella de la que hacían uso los mapas, los cuales, limitados a la altura y la anchura, se veían pronto en la necesidad de hacer uso de las *variables de color-textura* para expresar los diferentes tipos de relaciones por medio de líneas o colores. La sistemática planteada por Augier permitía a cambio codificar estas informaciones a través de su disposición en el espacio, sin necesidad de códigos adicionales, aunque bien es cierto que el significado de la localización en sí tenía que ser descrita.

No cabe duda que Augier atribuyó gran importancia al hecho que su árbol sea tridimensional. Así afirma: “*Si se dispusieran los géneros y las especies de una manera similar a aquella de las familias, es decir, en ramificaciones, y si el árbol botánico no fuera presentado sobre un plano, sino por una figura similar a un árbol en el que puedan percibirse el contorno y el interior, se podría, con ayuda de las relaciones de proximidad y analogía, percibir fácilmente las lagunas formadas por la ausencia de géneros y especies de*

⁸³ Anexo A, renglones 71-78.

plantas que aun no han sido descubiertas."⁸⁴ En este aspecto se asemeja la clasificación de Augier a aquellos complejos sistemas numéricos creados por los biólogos seguidores de la *filosofía natural*. Al igual que ellos, y partiendo de la idea de la completitud y la continuidad del mundo natural, creía en la posibilidad de deducir informaciones sobre la naturaleza a partir de una regularidad, sólo que ésta era en su caso más de carácter formal y espacial que numérica, dado que ni el número de ramas y tallos, ni la cantidad de hojas de su clasificación era constante.

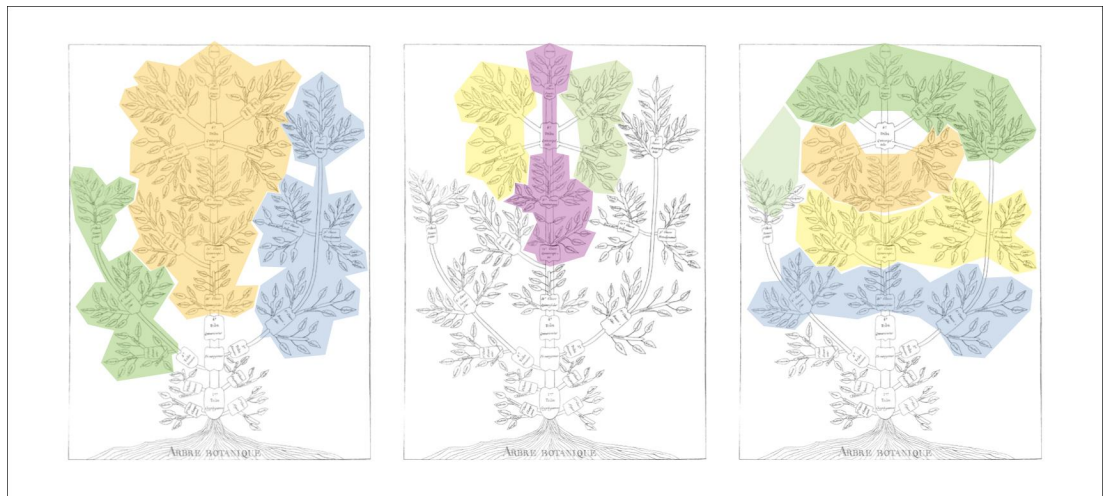


Fig. 86: Lecturas múltiples del árbol de Augier.

No obstante, y a pesar de la importancia que concedía a la tridimensionalidad del árbol, no parece haber aprovechado las oportunidades que ésta ofrecía, o al menos no las verbalizó. Augier describe a múltiples interpretaciones que su estructura ofrece según la perspectiva adoptada; así, dependiendo de su posición horizontal o vertical, es posible clasificar a las plantas siguiendo a criterios relativos a la morfología y la anatomía de la flor, y la posición o la forma de la fruta.⁸⁵ La figura 86 visualiza a los grupos descritos al final de su libro. Así, en 86.1 se agrupan las flores en *ternaires*, *quinaires* y *binaires* dependiendo de la rama en la que crecen. En 86.2 se dividen a las *quinaires* en flores *thalamiflores*, *supères* y *caliciflores*, mientras que en 86.3 permite la lectura horizontal de la imagen diferenciar a las plantas

⁸⁴ Anexo A, renglones 209-214.

⁸⁵ Anexo A, renglones 97-105.

según si tienen flores polipétalas a estambres libres, flores a estambres reunidos, flores monopétalas o flores incompletas.⁸⁶ Sin embargo, ninguna de estas lecturas requiere de la tercera dimensión, es decir, de la profundidad, pues los grupos resultantes son perfectamente comprensibles partiendo de la visualización plana del árbol.

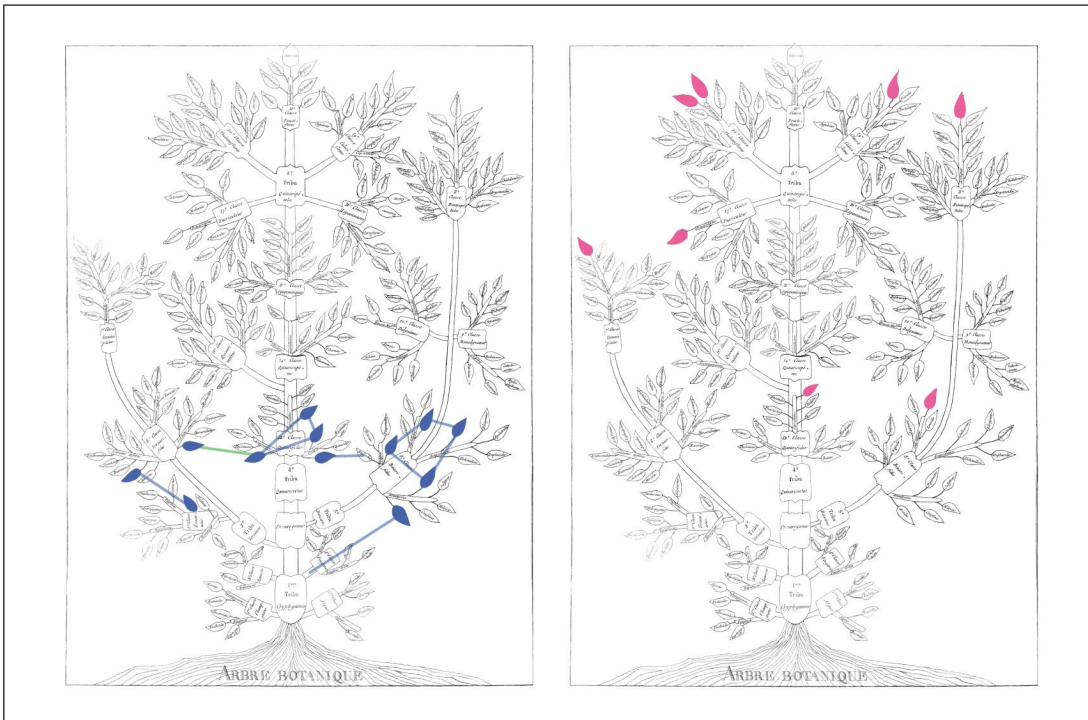


Fig. 87: 1. Relaciones de proximidad. 2. Relaciones de analogía.

La proyección tridimensional de la estructura tampoco es necesaria ni para la identificación de las *relaciones de proximidad* que surgen entre los diferentes órdenes y familias (aquellas plantas que fungen de enlace entre un grupo y otro, fig. 87.1), ni para el establecimiento de las *relaciones de analogía* (fig. 87.2), ya que ambas se deducen a partir del posicionamiento de las diferentes hojas con respecto a las ramas del árbol y a la localización de éstas dentro de su grupo.⁸⁷

Aunque las explicaciones de Augier son algo imprecisas en lo que al posicionamiento exacto de la rama de la tribu de las *binaires* se refiere (girada de modo que

⁸⁶ Anexo A, renglones 79-97.

⁸⁷ Anexo A, renglones 175-180.

los *monodynames* se hallen *frente a* la rama de los *ternaires*),⁸⁸ es probable que su propósito consistió en situar a las tres ramas de modo equidistante, de modo que las *ternaires* queden a igual distancia de las *binaires* que de las *quinaires*, eludiendo de este modo los problemas interpretativos que surgen en el espacio no-codificado. La ilustración del *arbre botanique* es por esta razón un bello ejemplo de la problemática que reside en la representación bidimensional, a la que trata de superar inscribiéndose el espacio. No obstante, condenado al plano se contorsionan sus ramas para adaptarse a éste, al igual que un espécimen prensado en un herbario. La traducción del árbol no conserva el más mínimo rastro del espacio del que procede. No existe ningún conflicto entre un primer y segundo plano, las hojas, ordenadas cuidadosamente para que no se traslapen unas a otras, miran de frente al lector. La estructura resultante es tan sencilla que cuesta, por lo bien que funciona sobre papel, recordar que se trata de una adaptación procedente del espacio tridimensional. De hecho, es muy probable que nunca traspasó las fronteras de la imaginación de su autor, que nunca encontró expresión en la realidad física. Y al igual que sucede con una planta prensada, transmite sólo de manera aproximativa a la realidad a la que ilustra, en este caso a la compleja estructura ideada.

⁸⁸ Anexo A, renglones 76-77.

3.2.2 Las estructuras ramificadas de Darwin

Fue el botánico francés Pierre Magnol quien en 1689 habló por primera vez de *familias* al hacer referencia al parecido entre diferentes plantas.⁸⁹ Aunque la terminología relacionada con la idea de *parentesco* no tardó en generalizarse, no implicaban ésta aun una hipótesis de descendencia común.

La existencia de este parecido o parentesco que se observaba entre las múltiples especies recientes y extintas no encontró una explicación convincente hasta 1859, año en el que Darwin publicó su influyente libro titulado «On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life» en 1859. La obra, que iba acompañada por una única imagen, había sido precedida por más de veinte años de intensivo estudio de la temática.

BOCETO DEL NOTEBOOK B, PÁGINA 36, 1837

Los primeros bocetos que visualizaron sus ideas evolutivas los dibujó en el verano de 1837 en su bloc de notas dedicado a la transmutación de las especies; el texto que circunda a las tres imágenes habla sobre el origen, la variación y la extinción de las especies.⁹⁰ La página 36 se abre con la frase “*I think*” [“*Yo pienso*”], seguida de un diagrama (fig. 88). La ilustración muestra un dibujo en tinta, en el que una serie de líneas se ramifican de manera irregular, extendiéndose de modo orgánico por el espacio del que disponen. El origen de la estructura es marcado con el número 1, las letras A, B, C y D distinguen entre las ramificaciones a cuatro subgrupos. La división de una línea en múltiples trazos visualiza a la *variación* de las especies; las rectas que terminan sin más en el espacio señalan la *extinción*, y aquellas otras que finalizan con una breve raya transversal identifican a las *especies contemporáneas*.⁹¹

⁸⁹ JAHN 2000, p. 222.

⁹⁰ La transcripción de los textos originales de los bloc de notas se halla en DARWIN 1987.

Para una versión digitalizada de los manuscritos de Darwin, véase:
www.darwin-online.org.uk | consultado en línea el 1.6.11

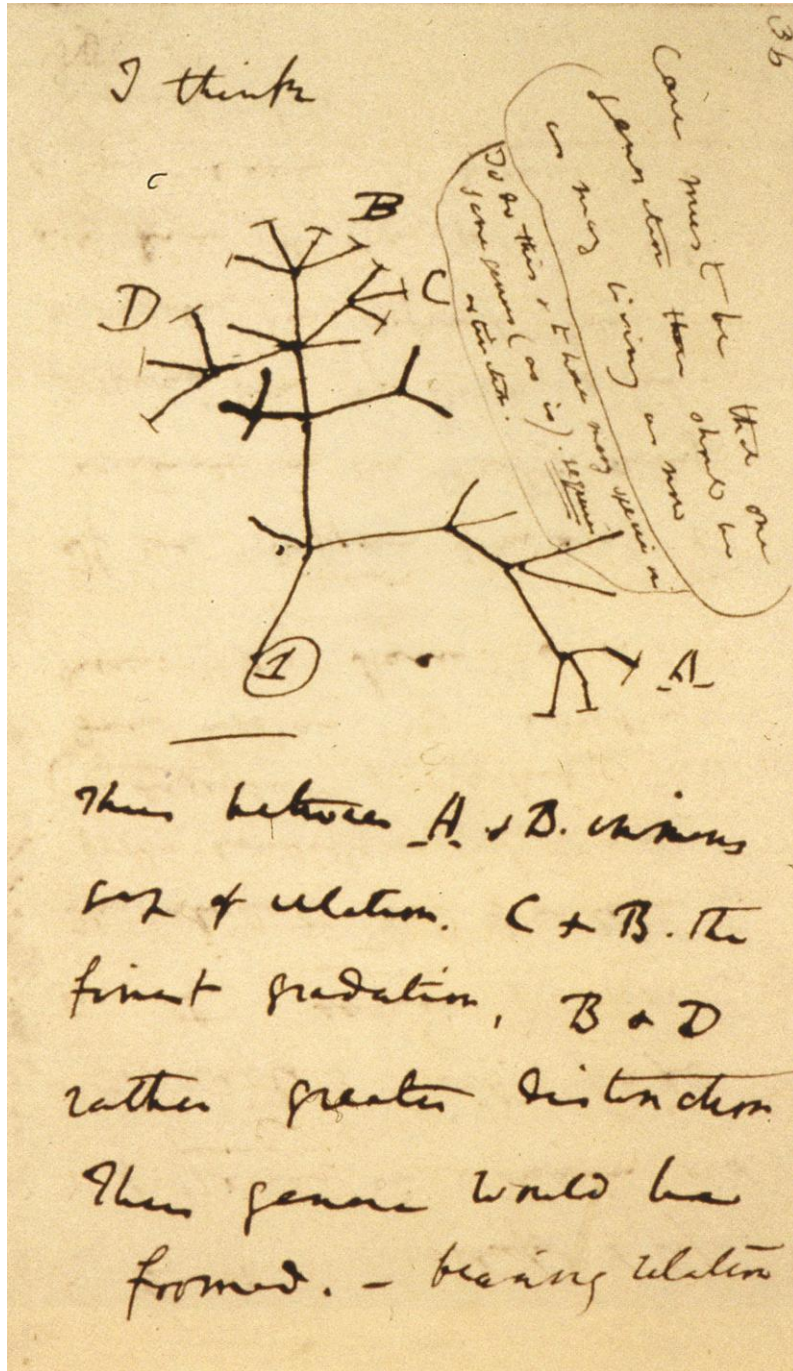


Fig. 88: Página 36 del Notebook B de Darwin, 1837.

⁹¹ El significado de la línea abrupta y la línea con raya transversal es una convención que procede del ámbito geológico. Véase VOSS 2007, p.98.

Según la terminología empleada en este trabajo no se considerará a esta ilustración como una *metáfora visual*, pues sus elementos constituyentes son todos de carácter informativo: ninguno de ellos presenta una intención decorativa que convierta al diagrama abstracto de manera unívoca en una imagen figurativa. No obstante, la organización espacial de los elementos gráficos da origen a una serie de asociaciones con lo orgánico, lo vegetal, el crecimiento y la expansión; se trata por lo tanto de una *asociación metafórica estructural*. La orientación misma de la figura favorece sin duda a esta interpretación. La reproducción fotomecánica de la imagen que se halla en la transcripción de los manuscritos de Darwin altera de hecho esta orientación, rotando la estructura levemente en sentido contrario al reloj, de modo que la línea inicial, marcada con el número uno, queda en posición perpendicular (fig. 89).⁹² Esta sutil intervención subraya las asociaciones latentes que conectan a la imagen con la figura del *árbol*, dado que las ramificaciones surgen entonces de un tronco derecho, las ramas presentan una distribución más homogénea y el crecimiento un carácter más ascendente. Es muy probable que este pequeño error se infiltrara por el hecho que el bosquejo, aun careciendo de elementos figurativos, es comprendido de modo generalizado como *árbol*, por lo que en el momento de su publicación se corrigió, no puede estimarse aquí si de modo intencional o no, a la imagen para que correspondiera mejor con el concepto al que habitualmente se asocia.

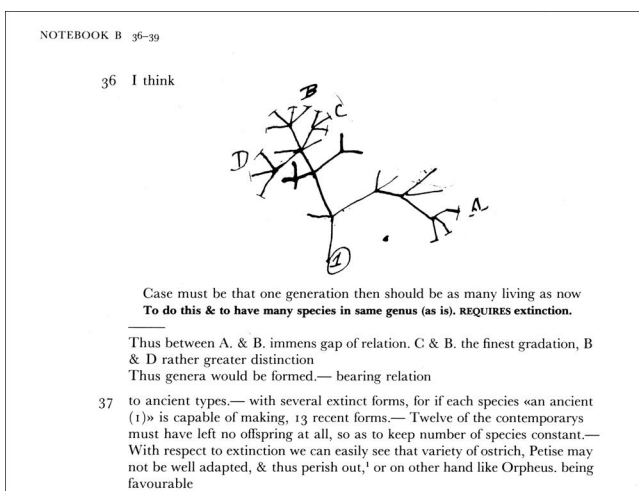


Fig. 89: Reproducción del diagrama de Darwin, 1987.

⁹² DARWIN 1987, p.180.

Aunque la visualización no presenta una codificación temporal explícita, resulta sencillo comprender la lectura intencionada: el número uno a los pies de la estructura señala el punto de partida y, dado que las líneas rematadas con una rayita transversal a la rama señalan a las especies contemporáneas, suponen éstas el destino. Las cuatro ramificaciones sucesivas permiten identificar con certeza a seis momentos temporales diferentes. En la figura 90.1 se conectan gráficamente a aquellos vértices que corresponden a una misma generación. A través de esta intervención se percibe claramente que el tiempo no se codifica a través del espacio, sino a través de las conexiones que se establecen entre los diferentes vértices que representan a las especies, al igual que sucede con los *árboles orientados* de la teoría de grafos. Así, la simple localización de un elemento en el plano no permite deducir si se trata de una especie extinta o no; el presente se halla repartido por las dimensiones del espacio. El resultado es una visualización de claro carácter orgánico, en la que las ramas lineales crecen y se expanden libremente por la página del libro de notas, posicionándose incluso por debajo de su propio punto de partida.

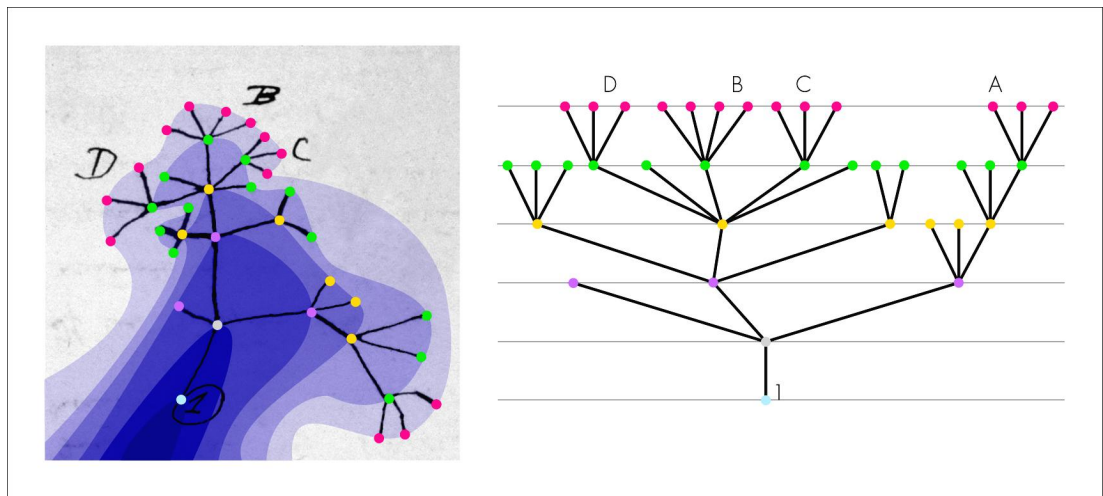


Fig. 90: 1. La codificación temporal. 2. reorganización de las informaciones temporales.

No obstante, el hecho que el espacio no codifique el tiempo no implica que la codificación espacial sea nula, como sucede con los grafos. No cabe duda que Darwin empleó la distribución espacial para expresar el variante grado de parecido entre las especies descritas. Esto explica por qué, mientras que una rama asciende de modo directo y decidido, crece la otra hacia el lado, doblándose más y más hacia

la parte inferior derecha de la imagen. De este modo resulta posible visualizar la manera en la que diferentes grupos de especies contemporáneas, todas ellas descendientes de un mismo ancestro común, presentan mayor o menor parecido entre sí, dependiendo del grado de divergencia que surgió en un determinado momento de la ramificación. Darwin escribe: *“Por lo tanto entre A y B inmenso intervalo de relación. C y B la gradación más fina, B y D más bien distinción mayor.”*⁹³

En la figura 90.2 se ha superpuesto a la vertical una codificación temporal ascendente. Las informaciones transmitidas por los sucesivos procesos de ramificación se conservan, sólo que ahora las diferentes generaciones son distribuidas a distancia constante unas de otras; el presente, al igual que cada uno de los otros cinco momentos históricos, se ordena sobre una única línea horizontal. Las informaciones que conciernen al proceso de especiación resultan ahora más comprensibles. Las notas de Darwin que rodean a la imagen original hablan de que el número de especies debe ser constante a través de las generaciones, y para que esto sea posible es indispensable que exista la extinción.⁹⁴ Esto se observa ahora con claridad, las trece especies contemporáneas (puntos fucsia) se han originado a partir de una generación de trece especies todas ellas extinguidas (puntos verdes), nueve de ellas sin dejar descendientes, cuatro de ellas dando origen a las trece especies contemporáneas. Aunque la ilustración original transmite este mismo contenido, lo comunica de manera menos clara. No es por ello sorprendente que hayan surgido interpretaciones que tratan de contrastar las trece especies contemporáneas con las doce especies que se extinguieron a través de las diferentes generaciones sin dejar descendientes (es decir, las líneas que terminan sin ramificación ni rayita transversal), en vez de tener en cuenta sólo el número de especies de la generación precedente.⁹⁵ La imagen muestra sin embargo un incremento en el número de especies a nivel general, dado que todas las especies contemporáneas se han originado a partir de una única especie original, marcada con el número uno. En el texto adyacente

⁹³ DARWIN 1987, p.180: «Thus between A. & B. immens gap of relation. C & B. the finest gradation, B & D rather greater distinction.»

⁹⁴ DARWIN 1987, p.180.

Esto refleja a la teoría del balance monádico. Véase GRUBER 1974, pp.129-149.

⁹⁵ Véase BREDEKAMP 2005, p.25; VOSS 2007, pp.96-97.

explica Darwin que por ello es de suponer que junto a la especie uno existieron otras doce especies que se extinguieron sin dejar descendientes.⁹⁶

La figura 90.2 transmite las informaciones referentes a los procesos de especiación de manera optimizada. Pero aunque conserva sin duda un cierto carácter orgánico, resulta ahora más fácil comprender a la evolución como un proceso controlado, sistemático y direccional que partiendo del boceto original. La impresión transmitida es menos natural y anárquica, resulta más previsible.

Otra de las consecuencias de la nueva organización espacial es que ha alterado e incluso distorsionado las relaciones de proximidad que antes inscribían sobre el plano el grado de parecido entre las diferentes especies (fig. 88). Esto se debe a que el nuevo código exige que toda una generación deba ordenarse siempre en una misma línea (la abscisa), dado que la ordenada ya está ocupada por el código temporal. Esto da origen a dos problemas:

Mientras que las relaciones de parecido pueden expresarse sin problema en el nivel superior, dado que los puntos pueden disponerse libremente sobre éste, depende la distribución de los puntos en los niveles inferiores del orden que los puntos hayan adoptado en el nivel superior. Conforme aumenta la cantidad tanto de generaciones tenidas en consideración, como el número de descendientes de cada una de las especies representadas, se agrava esta situación. También la longitud de las ramas dependerá de la distribución de los elementos en la línea superior: al organizarse éstos en una única dimensión, surgen mayores diferencias de longitud con respecto a su punto de origen.

Pero la dificultad central consiste en que al organizar el parecido en una única línea resurge la problemática que ya había rodeado a la *scala naturae*, aunque ahora no se trate de una sucesión vertical, sino horizontal, y el criterio de organización no sea el grado de perfección, sino el parecido. No obstante, la dificultad que se hallaba en la organización de las múltiples especies en una secuencia única regresa con esta codificación espacial.

No es por ello de extrañar que surgieran pronto visualizaciones que combinaran a los *mapas*, que ordenan a las especies recientes según su parecido en el plano, con aquellas estructuras ramificadas que expresan la relación de parentesco a través

⁹⁶ DARWIN 1987, p.180.

del tiempo, permitiendo así observar un mismo evento desde una doble perspectiva. Una interesante propuesta de este tipo fue presentada por el zoólogo y ornitólogo inglés Richard Bowdler Sharpe en 1891. Para su revisión de la clasificación de las aves creó dos imágenes: un *mapa*, que visualiza a las relaciones o afinidades que se establecen dentro de esta clase, así como un *esquema filogenético*, que expresa las relaciones de parentesco entre los pájaros estudiados (fig. 91). Sharpe describe la conexión entre los dos diagramas de modo narrativo: si el espectador alzara el vuelo en un globo imaginario y mirara desde arriba sobre el árbol evolutivo de las aves, se presentaría ante su vista el escenario representado por el mapa.⁹⁷

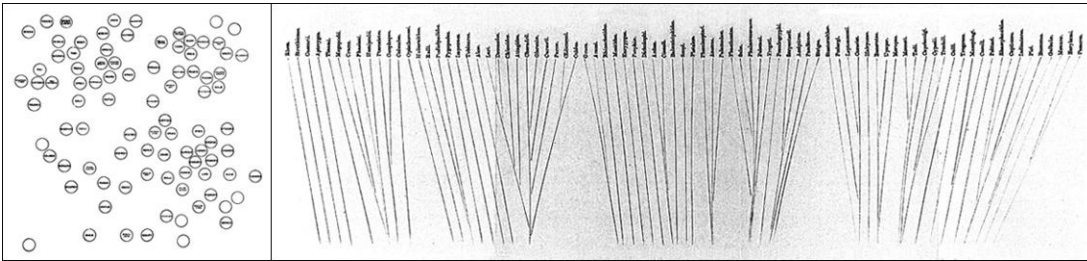


Fig. 91: Clasificación de las aves: mapa y esquema filogenético. R. B. Sharpe, 1891.

No obstante, queda patente que no se trata de dos vistas diferentes (planta y alzado) de un mismo objeto tridimensional, pues el árbol que podría derivarse del mapa en cuestión contendría de modo inevitable un amplio número de traslapos, y su anchura no excedería a ninguna de las dimensiones de éste. Las dos visualizaciones funcionan de modo complementario, sin describir a un objeto tridimensional real, sino haciendo uso cada uno de ellos de su potencial gráfico específico de manera independiente.

El diagrama propuesto por Herman Johannes Lam en 1936 se diferencia de las imágenes de Sharpe precisamente en este aspecto (fig. 92).⁹⁸ Lam imaginaba a su visualización del microcosmos como una esfera translúcida, en la que el creciente radio representa el avance del tiempo. Cada una de las superficies de las esferas concéntricas resultantes contienen al total de los seres vivos y las materias inertes

⁹⁷ O'HARA 1988, pp.2756-2758; O'HARA 1991, p.269.

⁹⁸ LAM 1936, pp.173-175.

que existen en ese momento específico (la *diversidad*); su número es insinuado a través del mayor o menor diámetro de la sección de la rama en cuestión, y se indican además de modo numérico en el presente. Las relaciones de distancia que se establecen entre estas ramas expresan el parecido (la *diferenciación*), las conexiones a niveles más profundos expresan a las relaciones filogenéticas (el *parentesco*).

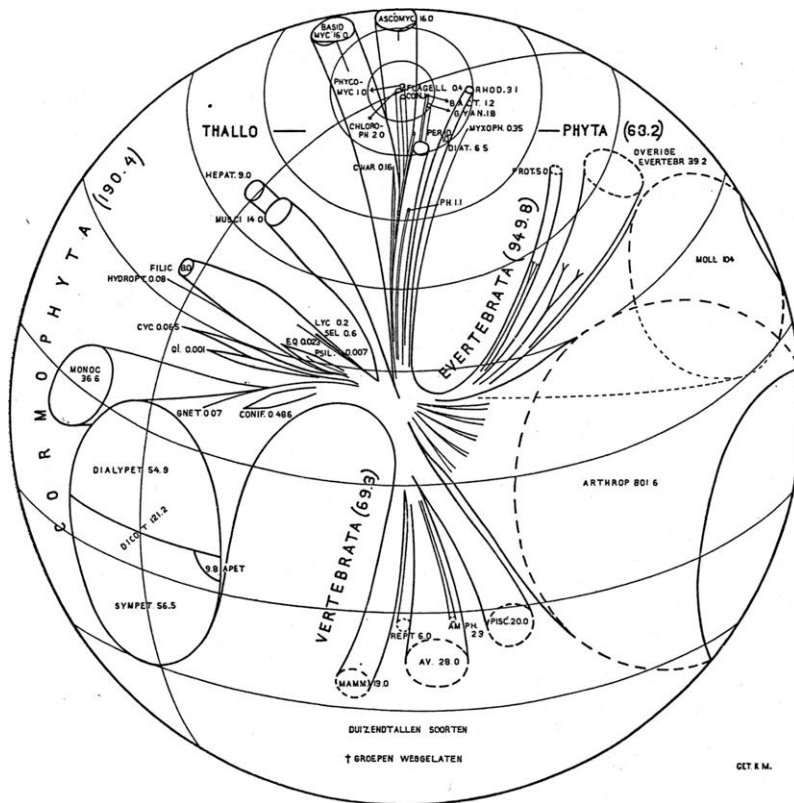


Fig. 92: Sistema esférico del microcosmo, Lam, 1936.

Para Lam no sólo guardan significado las distancias entre las clases visualizadas, sino también el ángulo en el que éstas parten de su origen, modo en el que codifica a la *velocidad evolutiva*. Al determinar en su diagrama un punto específico como origen común tanto de lo orgánico como de lo inorgánico, diseña una estructura que se ramifica fuertemente a partir de un punto único. Es comprensible pues, que haya favorecido una organización esférica, dado que, en vista a los múltiples grupos resultantes, serían las distancias entre las clases del presente las que determinarían a los ángulos de las ramificaciones. Aunque Lam reconoce aún múltiples

carencias en esta forma de visualización, la considera una clara optimización frente a las posibilidades expresivas del espacio bidimensional.⁹⁹

BOCETOS DEL NOTEBOOK B, PÁGINA 26, 1837

En el mismo bloc de notas de Darwin se encuentran otras dos diminutas ilustraciones (fig. 93). De carácter similar al diagrama precedente, se diferencian de éste, sobre todo, por hacer uso no de uno, sino de dos tipos de líneas: las *continuas*, que representan a las especies contemporáneas, y las *punteadas*, que simbolizan a las especies extintas.¹⁰⁰ Visualmente surge así una diferenciación entre el presente, que se muestra más fuerte e intenso, y el pasado, más pálido y difuso, que describe la historia de lo orgánico de modo intermitente y fragmentario.

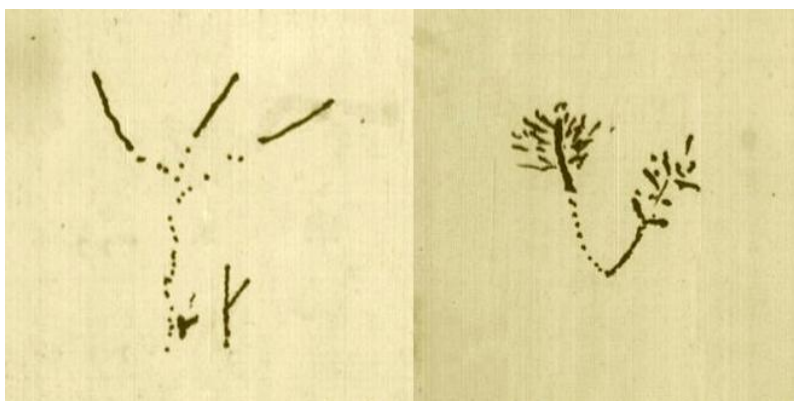


Fig. 93: Dibujos de la página 36 del Notebook B de Darwin, 1837.

Estas imágenes se hallan sin duda relacionadas con una frase que Darwin había anotado en la página precedente: “*El árbol de la vida debería tal vez llamarse coral de la vida, la base de las ramas muertas; de modo que las transiciones no puedan verse.*”¹⁰¹ El pasado constituye el vínculo invisible que unifica a los diversos grupos claramente

⁹⁹ Para un análisis detallado de la problemática que surge al visualizarse el parecido en el plano véase LAM 1936, pp.178-187.

¹⁰⁰ BREDEKAMP 2005, pp.16-18.

diferenciados que reconocemos en la actualidad. El lenguaje gráfico del dibujo se adapta así de modo idóneo al contenido descrito. Las líneas punteadas pueden ser interpretadas a la vez como la visualización del incompleto registro fósil que ha llegado a nuestros días.¹⁰²

Aunque el código temporal (diferenciación pasado – presente) de los dos bocetos es contundente, resulta más difícil comprender el significado exacto de la longitud de las líneas continuas. En especial sorprenden los dos arbustos espesamente ramificados que en la segunda ilustración se extienden por el presente, pues es precisamente el proceso de *diversificación* (la ramificación) lo que escapa siempre a nuestras posibilidades de observación, dado que tiene lugar a través de períodos temporales muy prolongados. En este aspecto parece que la imagen se contradice a sí misma, pues las *bases de las ramas muertas*, cuya invisibilidad dificultan la comprensión del parentesco existente entre todos los seres orgánicos, se halla tanto en el pasado (líneas intermitentes) como en el presente (rama central de los arbustos).

La primera ilustración parece representar la “*triple ramificación del árbol de la vida debido a los tres elementos aire, tierra y agua*”. El texto que se halla inmediatamente encima del segundo dibujo dice: “*es por ésto que los peces pueden remontarse directamente hasta la organización sencilla – los pájaros no*”, por lo que es probable que el arbusto izquierdo represente a los pájaros y el derecho a los peces.¹⁰³ Mientras que éste último desciende hasta las *formas de organización más sencillas*, finaliza el arbusto de los pájaros a media altura, conectándose con la parte baja del segundo arbusto a través de una línea intermitente.

¹⁰¹ DARWIN 1975, p.177: «The tree of life should perhaps be called the coral of life, base of branches dead; so that passages cannot be seen.»

¹⁰² Bredekamp opina que Darwin adoptó para esta imagen el lenguaje formal (la línea punteada) empleado por Lamarck en 1809 (fig. 97). BREDEKAMP 2005, p.16.

Desde la perspectiva práctica del diseño resulta esta teoría un tanto especulativa. Para crear con una única herramienta de dibujo dos líneas claramente diferenciadas resulta este método (línea continua – línea punteada) como la opción más sencilla y adecuada. Otras posibilidades gráficas, como podrían serlo la diferenciación a través de la forma o el grosor de la línea, son más dadas a interpretaciones asociativas que no conjugan con el contenido de la imagen, dado que no reflejan lo imperceptible u oculto (en cuanto a “transiciones que no puedan verse”).

¹⁰³ DARWIN 1975, p.176: «[...] tripple branching in the tree of life owing to three elements air, land & water [...]»; p.177: «It is thus fish can be traced right down to simple organization.– birds – not.»

En la imagen parece por lo tanto que coexisten dos códigos temporales simultáneos: uno formal y otro espacial. Mientras que el primero diferencia a las especies actuales de las extintas a través del tipo de línea empleado, visualiza el código espacial el desarrollo temporal de un grupo, donde la diversidad actual se origina a partir de un antecedente común. Surge así una incongruencia, pues ésto supondría que en la imagen se visualizan a especies actuales como antecedentes de otras especies actuales, dado que las especies que constituyen los tallos centrales del arbusto deben ser especies contemporáneas, al no hallarse representadas por una línea punteada. El código espacial parece visualizar además, si nos atenemos al breve texto acompañante, el paso de formas sencillas (parte baja) a formas más complejas (parte alta).

El fenómeno de la codificación múltiple no-coincidente se observa con cierta frecuencia en los diagramas cualitativos no-estandarizados. Es probable que este problema surja como consecuencia de la combinación de diferentes códigos locales durante el proceso de diseño. Así, cada uno de los varios aspectos visualizados por el dibujo puede poseer un código propio.

Es probable que este caso se dé en el segundo diagrama (fig. 93.2), pues parece visualizar a dos temas de modo paralelo. El primero expresa que la falta de conocimientos sobre especies ancestrales dificulta la reconstrucción de la historia evolutiva y complica el reconocimiento de las conexiones existentes entre los diferentes grupos. Para ello hace uso de un código formal (dos tipos de línea), diferenciando el pasado del presente. El segundo tema representa la evolución de dos clados específicos, concretamente el de los pájaros y el de los peces, y su abundante ramificación a partir de un único antecesor. Es probable que en la estructura resultante sólo los vértices externos representen a especies contemporáneas, aunque es imposible definir ésto con seguridad. La diferente complejidad de los organismos es expresada por la posición de las especies con referencia al eje central del arbusto.

Una posible explicación de esta doble codificación puede hallarse en el diagrama primero (fig. 93.1). También en éste, cabe cuestionarse la razón por la cual las líneas continuas sean tan prolongadas. No obstante, es probable que esta decisión haya sido tomada para subrayar que la línea no representa a una especie individual, sino a un conjunto (la totalidad de los organismos aéreos, terrestres y acuáticos, respectivamente). En el segundo boceto hallamos en el arbusto izquierdo ese mismo

esquema: una línea punteada que acaba en una línea continua alargada. Es probable que los múltiples trazos horizontales hayan sido añadidos para clarificar el hecho que la línea central simboliza a un grupo entero. Sería éste entonces el origen de la doble codificación, pues para la visualización del *grupo* no se ha utilizado el mismo código formal que para la estructura general del diagrama.

Finalmente existe otra posible interpretación. Si la línea continua no representara a las especies actuales como sugiere Bredekamp, sino sencillamente a las especies conocidas, tanto recientes como extintas, y la línea punteada visualizara a los antepasados desconocidos, podría evitarse el problema de la doble codificación.¹⁰⁴ Sólo los puntos finales de los abundantes ramajes que surgen del eje central se hallarían entonces en el presente, todo lo demás se localizaría en el pasado.

Resulta imposible reconstruir con certeza los códigos que rigen los diagramas históricos cuando sus autores no nos han dejado una explicación escrita. Lo que queda fuera de toda duda es que Darwin halló una original y convincente solución gráfica para visualizar aquellas conexiones que la temporalidad propia del proceso evolutivo nos impide habitualmente contemplar.

DIAGRAMA PUBLICADO EN «ORIGEN DE LAS ESPECIES», 1859

Más de veinte años pasaron entre el boceto analizado (fig. 88) y la publicación de la monumental obra de Darwin en 1859. En el libro se halla una única ilustración, (fig. 94), impresa sobre un formato a doble página plegado. El diagrama es acompañado por una detallada explicación que posibilita su correcta interpretación; en el anexo B se halla una transcripción íntegra de este texto.

Las letras mayúsculas que se encuentran inscritas bajo la línea inferior simbolizan a las especies de un género ampliamente expandido dentro de un determinado país. Las especies presentan diferente grado de parecido entre sí, lo cual se expresa

¹⁰⁴ De hecho, Archibald estima que la línea continua derecha visualiza a la historia fósil de los peces. ARCHIBALD 2009, p. 568-570.

a través de la disposición irregular de las letras. Los pequeños abanicos de líneas punteadas de diferente longitud que divergen a partir de A e I representan a sus variantes descendientes. Darwin supone que son las variaciones más divergentes las que tenderán a ser preservadas. Es por ésto que en el diagrama suelen ser las líneas punteadas exteriores las que alcanzan la siguiente horizontal y que dan entonces origen a un nuevo abanico, y no las centrales. Las líneas rectas verticales (punteadas, como aquellas que parten de las letras B hasta H) señalan a cambio a aquellas especies que producen descendientes inalterados a través de las generaciones.

Cada uno de los intervalos que surgen entre las líneas horizontales representa a mil generaciones. De este modo se visualizan en la imagen a un total de catorce mil generaciones: las primeras diez de un modo más detallado, las últimas cuatro de manera más condensada. Cuando una de las líneas punteadas alcanza a una de las líneas horizontales habrá acumulado la especie suficiente variación como para ser reconocida como una variedad propia; es marcada entonces con una letra minúscula enumerada.

La constitución del significado de este diagrama es extremadamente sutil, precisa y compleja. Por ello se analizarán diferentes aspectos referentes a su codificación de modo independiente.

Escala absoluta y escala relativa

Lo primero que salta a la vista son los diferentes tipos de escala empleadas en el diagrama. La *escala vertical es absoluta*, pues codifica una variable cuantitativa (el número de generaciones) que empieza en un punto cero (la línea horizontal inferior) y se desarrolla a intervalos constantes hasta alcanzar con la línea superior la generación catorce mil. La *escala horizontal* codifica en cambio el grado de parecido que presentan entre sí las diferentes especies y sus variantes, pero no lo hace de un modo absoluto, sino *relativo*. No existe pues un punto cero del que parta la diferenciación, sino que ésta dependerá siempre de la posición de los demás elementos. La mayor o menor distancia que surja entre dos puntos situados sobre una misma horizontal informará sobre el mayor o menor parecido que exista entre ellos, dependiendo de la distancia que los separe de los demás puntos de esa misma horizontal. Así, es la distancia relativa entre los elementos lo que cuenta, y no la posición

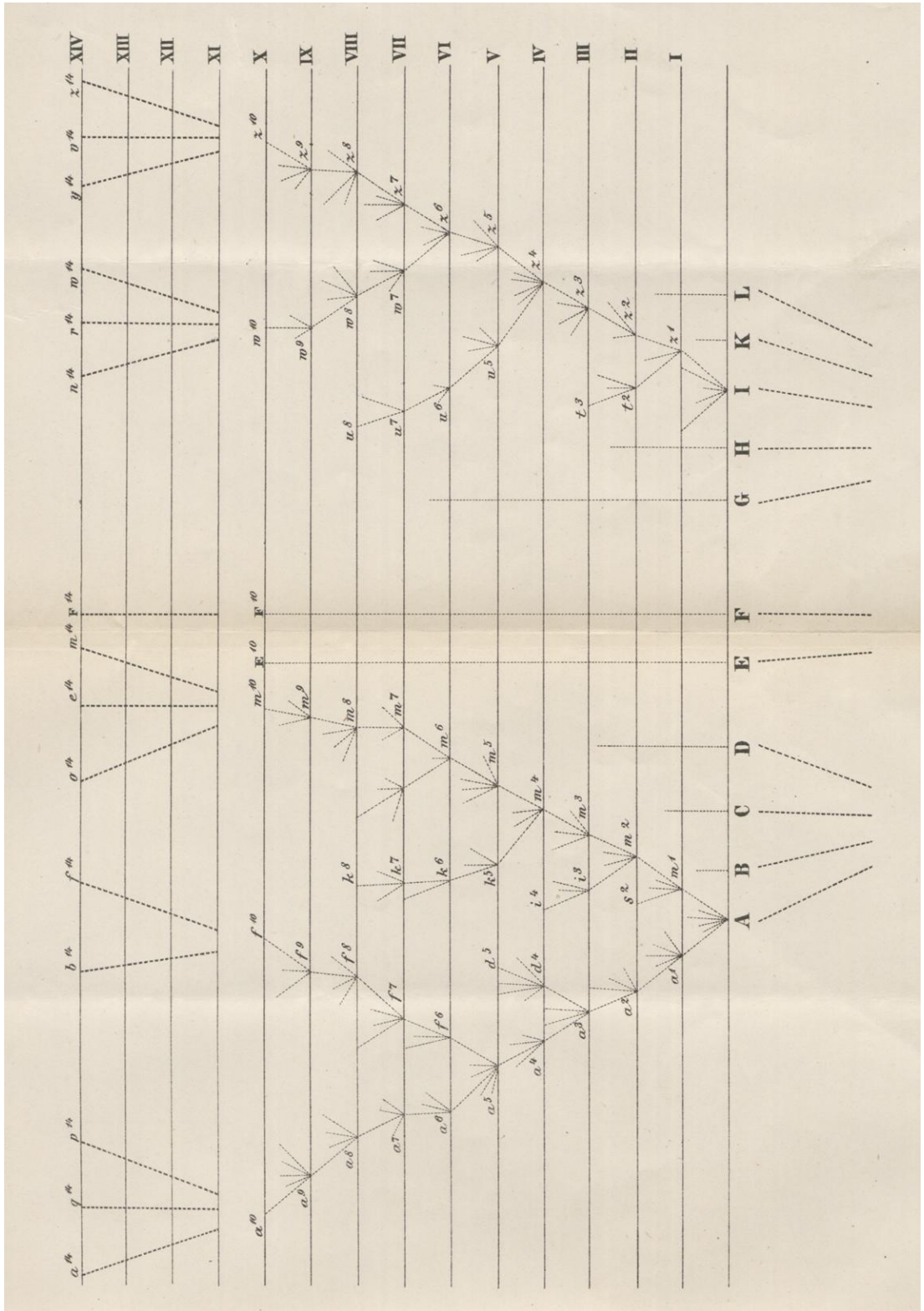


Fig. 94: Diagrama de Darwin publicado en "Origen de las especies", 1859.

absoluta sobre la horizontal. No guarda pues significado que dos puntos próximos se sitúen más a la izquierda o más a la derecha, siempre y cuando no haya otros puntos en la misma horizontal. Tampoco guarda relevancia el hecho que dos puntos se encuentren posicionados sobre una misma vertical a través de las generaciones, como sucede, por ejemplo, con el descendiente de A llamado m^4 que se sitúa exactamente cinco líneas horizontales por encima de la especie C. Esto no quiere decir que m^4 y C sean idénticos, pues la posición de m^4 indica únicamente la diferencia acumulada entre la especie original A y su descendiente m^4 .

Pero esta escala relativa implica ciertas dificultades. Así describe Darwin que la especie A está relacionada más de cerca con B, C y D que con las demás especies, al igual que sucede a la especie I con G, H, K y L.¹⁰⁵ Esto es sin duda cierto desde el punto de vista gráfico, pues son los puntos más próximos entre sí en ambos casos. La afirmación resultaría un tanto más problemática si hubiera elegido como ejemplo a la especie D. No cabe duda que la especie C sería entonces la que se encuentra más próxima a ella, sin embargo, la distancia que separa a D de B es mayor que la que separa a D de E. ¿Cómo deberá interpretarse este hecho? Resulta difícil definir si en este caso es la proximidad real la que deberá ser tomada en cuenta (la que predice mayor parecido entre D y E que entre D y B), o si en cambio deberá presuponerse un parecido generalizado entre los descendientes de un antecesor directo común (insinuado por las líneas discontinuas que se extienden hasta la parte inferior del diagrama) que siempre será superior al parecido que pueda compartir una especie con aquellas otras con las que sólo tenga en común un antecedente más lejano. Esta problemática está estrechamente relacionada con el tema de la *agrupación perceptual*, pues es inevitable que entre las letras mayúsculas se perciban claramente a tres grupos diferentes: A – D, E – F, y G – L. La cuestión que se plantea entonces es si un grupo debe ser comprendido como una unidad compacta, o si en cambio deben considerarse los elementos de un grupo como elementos individuales.

¹⁰⁵ Anexo B, renglones 139-142.

Doble lectura de la dimensión vertical y horizontal

Un segundo aspecto que presenta un especial interés en este diagrama es que Darwin, en sus explicaciones, sugiere una segunda e incluso una tercera lectura de las dimensiones del plano.

La dimensión vertical de la imagen está sometida a una clara y consecuente codificación temporal la cual, medida en generaciones, se extiende desde el pasado (abajo) hasta el presente (arriba). No obstante, esta codificación parece poseer carácter escalable. Darwin explica detenidamente que los valores atribuidos a las escalas visualizadas en el diagrama pueden ser alterados; así, es posible imaginar que los intervalos representan mayor número de generaciones, y en consecuencia mayor variación, lo cual permitiría entonces comprender a los descendientes de las especies iniciales no sólo como variedades y subespecies, sino como especies y géneros, que dan origen de modo conjunto a nuevas familias e incluso a nuevos órdenes.¹⁰⁶

En las últimas páginas de su descripción del diagrama propone Darwin imaginar que los intervalos abarquen una duración temporal aun mayor, representando a un millón o incluso a cien millones de generaciones. Es posible entonces, según Darwin, interpretar a las franjas horizontales como una sección a través de los estratos terrestres que contienen restos de especies extintas.¹⁰⁷

La identificación de la dimensión vertical de un diagrama con el espacio geológico no era en sí novedosa. En las *cartas paleontológicas* se dispone en la ordenada a los diferentes períodos históricos de la Tierra, sobre las que se inscriben entonces a los fósiles encontrados. La abscisa no refleja en cambio el espacio geográfico real, en ella se expresa la variedad de las formas orgánicas. El aspecto más fascinante de estos diagramas es que en ellos convergen espacio y tiempo en una única dimensión, al reflejar los estratos más profundos simultáneamente a un período temporal más antiguo.

El biólogo suizo Louis Agassiz (1807-1873) introdujo una interesante innovación en esta tipología gráfica. Su obra «Recherches sur les Poissons Fossiles» incluye un diagrama que visualiza a la historia de los peces (fig. 95). La vertical describe a las principales formaciones geológicas, atribuyendo a cada una de ellas una franja

¹⁰⁶ Anexo B, renglones 210-223.

¹⁰⁷ Anexo B, renglones 199-202.

cada grupo, subrayan esta impresión, pues parece que constituyen de modo conjunto una serie de frondosos arbustos. La misma terminología con la que Agassiz describe su imagen apoya esta interpretación, pues habla en repetidas ocasiones de *troncos* y *ramas*. No obstante, las líneas ascendentes no entran en ningún momento en contacto unas con otras, siempre se hallan separadas por una sutil distancia. Esto se debe al hecho que Agassiz, al contrario de lo que pudiera parecer en vista al nombre con el que tituló a su imagen [*«Genealogía de la Clase de los Peces»*] y el lenguaje visual empleado, se oponía vehementemente a la idea de la descendencia común de los organismos, defendiendo a cambio la estabilidad de las especies y la existencia de múltiples e independientes momentos de creación. De hecho, la convergencia de las líneas verticales no pretendía visualizar un origen común, sino expresar la afinidad que Agassiz reconocía entre las diferentes familias, que tendían a aproximarse al arquetipo representado por el eje central del grupo.¹⁰⁹

No resulta sorprendente que las cartas de Agassiz se convirtieran pronto en modelo para las múltiples imágenes evolutivas creadas por sus contemporáneos.¹¹⁰ Tanto las asociaciones formales generadas por el diagrama como el lenguaje descriptivo empleado en los textos transmiten la idea de continuidad y crecimiento. Impedir que el observador conecte los fragmentos independientes resulta prácticamente imposible en este contexto.

El comentario de Darwin respecto a que las franjas horizontales de su diagrama pueden ser leídas como una sección a través de los estratos terrestres asocia a su imagen a la tradición gráfica de las cartas paleontológicas. Pero, al contrario de lo que sucede con la carta de Agassiz, se despliega en ella la estructura ramificada con todo su esplendor, pues no es ya una asociación accidental, sino que refleja a la teoría que subyace a la visualización.

Pero en el diagrama de Darwin (fig. 94), no sólo la dimensión vertical, sino también la dimensión horizontal permite una segunda lectura. Hemos visto cómo este espacio codifica el variante grado de similitud que existe entre los diferentes elementos. Pero, en el transcurso de las explicaciones de Darwin se convierte la horizontal simultáneamente en una representación abstracta del *espacio geográfico*

¹⁰⁹ VOSS 1859, p.16; GOULD 1994, pp.427-439; ARCHIBALD 2008, pp.585-587.

¹¹⁰ VOSS 2007, pp.140-147.

real. Así, cuando describe el modo en el que los descendientes modificados de A se apoderan paulatinamente del lugar que antes ocupaban otras especies,¹¹¹ emerge una analogía entre lo descrito y lo visualizado, al incrementarse el espacio ocupado por las especies ramificadas, que parecen cortar el camino a las especies que presentan una evolución más sencilla. El diagrama parece visualizar entonces una serie de organismos vegetales, donde los arbustos más fuertes crecen, se ramifican y se expanden, ahogando a su paso a las plantas más débiles.

El carácter abstracto del diagrama

Una de las características más especiales del diagrama consiste en que visualiza un *proceso abstracto* y no a una serie de *datos concretos*. Esta circunstancia permite a Darwin evadir múltiples problemas gráficos. Las dificultades que surgen debido a la distribución lineal de los descendientes, explicadas en base a la figura 90.2, han podido eludirse aquí adaptando tanto el número de descendientes como el desarrollo de una especie determinada a las posibilidades gráficas. De este modo ha podido reducirse, por ejemplo, la excesiva variación de la longitud de las diagonales que conectan a dos horizontales (que depende tanto del ángulo del que surjan del antecedente como de la distancia existente entre los puntos a los que deban alcanzar en la línea siguiente), evitando así la interpretación de una circunstancia gráfica a la que no ha sido atribuido significado a través de un código. También han podido obviarse así los posibles problemas que, basándose en datos reales, hubieran surgido con seguridad entre la expresión del parecido existente entre las especies originales y la visualización de la variación entre la especie original y sus descendientes. Así, no resulta sorprendente que en el diagrama no entre en conflicto la continua ramificación diagonal de A, que se expande hacia el lateral derecho de la imagen, con los sucesores de B, C y D, dado que éstos se extinguen antes de cruzar el camino de los descendientes de A ($m^1 - m^{10}$).

El carácter abstracto del diagrama no reside sólo en los datos a los que visualiza, sino que impregna su apariencia gráfica. El lenguaje visual empleado es muy reducido, dado que está constituido únicamente por líneas rectas, que se diferencian entre sí por su longitud, su orientación y su forma (línea punteada, línea disconti-

¹¹¹ Anexo B, renglones 228-236.

nua y línea continua). Las múltiples ramificaciones que se pierden en el tiempo sin haber generado descendientes dibujan a un proceso tentativo y dudoso, en el que sólo un pequeño porcentaje de la energía invertida en la variación de las especies es recompensada con la supervivencia. Las líneas punteadas otorgan a la imagen una fragilidad que la aleja de lo absoluto y lo contundente; la teoría visualizada parece poseer el mismo carácter tentativo que la naturaleza a la que describe.

La ilustración es abstracta también por no poseer carácter figurativo. Al contrario de lo que sucedía con el *arbre botanique* de Augier, no contiene el diagrama de Darwin ningún elemento decorativo, por lo que queda patente que no se trata de una *metáfora visual*. Todo posible parecido con una figura orgánica surge a través de la similitud que la estructura resultante pueda ofrecer con un elemento de nuestra realidad cotidiana, por lo que se trata de una *asociación metafórica estructural*.

Recordemos que Darwin se había planteado si el *árbol de la vida* no debería llamarse más bien *coral de la vida*, en el que las bases de las ramas están muertas, ocultando de este modo las transiciones que existen entre un grupo y otro.¹¹² Esta frase ejemplifica las dificultades que Darwin tenía con la metáfora de *árbol*, lo cual fue probablemente también la razón por la que evitó relacionar a su ilustración con una determinada metáfora, favoreciendo a términos neutrales como *diagrama*, *líneas*, *variedades* y *variaciones* frente a otros como *árbol*, *raíz*, *rama* u *hoja*.¹¹³

Esto no resulta sorprendente si se analiza detenidamente cuáles de los aspectos del *sujeto secundario* (árbol) son coherentes con el *sujeto primario* (proceso evolutivo) y cuáles no. Así, es posible visualizar el proceso de *diversificación* a través de los sucesivos momentos de ramificación que experimenta el árbol en su crecimiento. La idea del *tiempo* va en cierto modo implícita en este proceso secuencial, por lo que puede considerarse que el mismo crecimiento del árbol expresa el tiempo evolutivo. También la llamada *lucha por la existencia* que Darwin describe en su obra puede hasta cierto punto identificarse con el *concurso* que se establece entre las diferentes ramas de un árbol que tratan de alcanzar la luz.

La metáfora llega sin embargo a su límite cuando se trata de visualizar a través de ella al *proceso de extinción*. El diagrama de Darwin crea una clara diferenciación

¹¹² DARWIN 1975, p.177.

¹¹³ BREDEKAMP 2005, pp.54-55.

entre el pasado (compuesto por especímenes extintos) y el presente (compuesto por especímenes vivos), describiendo así a un proceso incansable en el que la generación actual reemplaza a la generación precedente. Es aquí donde surge el problema con la coherencia metafórica. Mientras que las ramas muertas de un árbol pueden representar sin problemas a géneros, familias e incluso a órdenes enteras que hayan desaparecido sin dejar descendientes, contraria a nuestros conocimientos botánicos básicos imaginar que de la rama muerta de un árbol crezcan nuevos tallos; más difícil aun resulta concebir a una floreciente copa surgiendo de un tronco muerto. Es ésta la razón por la que Darwin evoca la imagen del coral, pues su ramificada estructura, generada por colonias de diminutos animales, esta constituida tanto por los esqueletos calcáreos de los pólipos muertos en su base, como por múltiples pólipos vivos en su periferia.

La metáfora del árbol que Darwin aporta al final del capítulo cuarto no hace alusión directa al diagrama explicado, sino que propone al árbol como una imagen global de la vida.¹¹⁴ El problema de la coherencia metafórica es evadido elegantemente al diferenciarse tres tipos de ramas: los tallos verdes, que representan a las especies actuales; las ramas nacidas en años anteriores, que simbolizan a la *“larga sucesión de especies extintas”*, poseyendo sin embargo aun la capacidad de generar sucesores; y finalmente las ramas muertas que se esparcen por el suelo, que representan a órdenes, familias y géneros que no han dejado descendientes y a los que sólo se conocen a través de los fósiles encontrados. La imagen que se origina así ya no codifica el tiempo a través de una de sus dimensiones, como sucedía con el diagrama, sino a través de las diferencias morfológicas de la rama, pues ésta indicará si nos hallamos el pasado o en el presente. Permanece sin embargo paralelamente una leve codificación temporal ascendente, dado que en la descripción tienden a crecer los brotes nuevos hacia arriba, mientras que las ramas muertas caen hacia abajo y se expanden por el suelo. Lo describe, sobre todo, como imagen del proceso de variación y multiplicación, en el cual la extinción pasa a un segundo plano.

El problema que aquí se observa y con el que sin duda luchaba Darwin no es conceptual, sino más bien nominal. Un diagrama abstracto es una estructura lo suficientemente flexible como para organizar las informaciones del modo que mejor se

¹¹⁴ Anexo B, renglones 255-285.

adapte a las necesidades expresivas. Mientras que no se asocie al diagrama con un objeto real, ya sea a nivel verbal (estableciendo una relación metafórica con un término específico) o a nivel visual (por medio del uso de elementos decorativos que conviertan al diagrama en una metáfora visual) no podrán surgir momentos de incongruencia metafórica. Una estructura ramificada abstracta en la que sólo la milimétrica capa superior está *viva*, mientras que el resto está *extinto*, es tanto imaginable como visualizable. Las dificultades surgen en el momento en el que se asocia esta imagen a un término como *árbol*, *arbusto* o *coral*, pues esta conexión conducirá a ciertas expectativas, partiendo de la lógica metafórica.

Las consecuencias inevitables de la claridad

El diagrama expresa de modo conciso el complejo sistema que Darwin deseaba comunicar a sus lectores. Con el fin de favorecer la claridad despidió la codificación gráfica que dominaba el boceto de 1837, en la que la secuencia generacional era expresada sólo a través de las líneas que conectaban a los vértices que representan a las diferentes especies. No cabe duda que la nueva codificación consecuente del espacio vertical facilita la comprensión tanto de los procesos de variación como de extinción a los que se ven expuestas las sucesivas generaciones. Pero, es esta misma claridad la que da origen a una imagen de aspecto más ordenado y sistemático de lo que su autor pretendía. Así, dice sobre su diagrama: «[...] tengo que observar aquí que no supongo que el proceso se suceda de modo tan regular como es representado en el diagrama, aunque éste ya es en sí mismo un tanto irregular.»¹¹⁵ De hecho, Darwin había intentado interrumpir en la medida de lo posible la regularidad que se imponía en la imagen. Así, los abanicos dan origen a un número cambiante de ramificaciones, y el éxito evolutivo no se halla siempre en las líneas exteriores. También varía la longitud de las líneas punteadas, y la figura ramificada resultante es irregular y de carácter asimétrico. De este modo trata de evitar que el lector comprenda la simple repetición de un hecho gráfico cualquiera como una norma biológica. Pero al sucederse los momentos de especiación de manera rítmica, y al visualizar la estructura un crecimiento constante a través de una de sus dimensiones espaciales se suprime el aspecto errático, casual y no-direccional que predominaba aun en el pequeño

¹¹⁵ Anexo B, renglones 55-57.

boceto en tinta. La anarquía orgánica ha pasado a un segundo plano en favor de la constitución de una imagen de legibilidad optimizada.

La imagen que acompañó a la primera edición de la monumental obra de Darwin en alemán presenta una apariencia sorprendente e inusual (fig. 96). El contenido, que en el diagrama original se distribuía sobre un formato apaisado, ha sido condensado de modo que quepa en un formato vertical. La distribución de los elementos gráficos permanece constante en el espacio vertical, pero la dimensión horizontal ha sido comprimida a la mitad de su expansión inicial. Las relaciones de proporción que se establecen entre las dos dimensiones del plano han sido alteradas de modo significativo. El proceso retratado presenta ahora un carácter aún más homogéneo y un crecimiento aún más uniforme que el que ya se hallaba implícito en el original, dado que la variación a la que se ven expuestas las especies es más reducida, y el camino que describen parece implicar un movimiento predeterminado y ascendente.

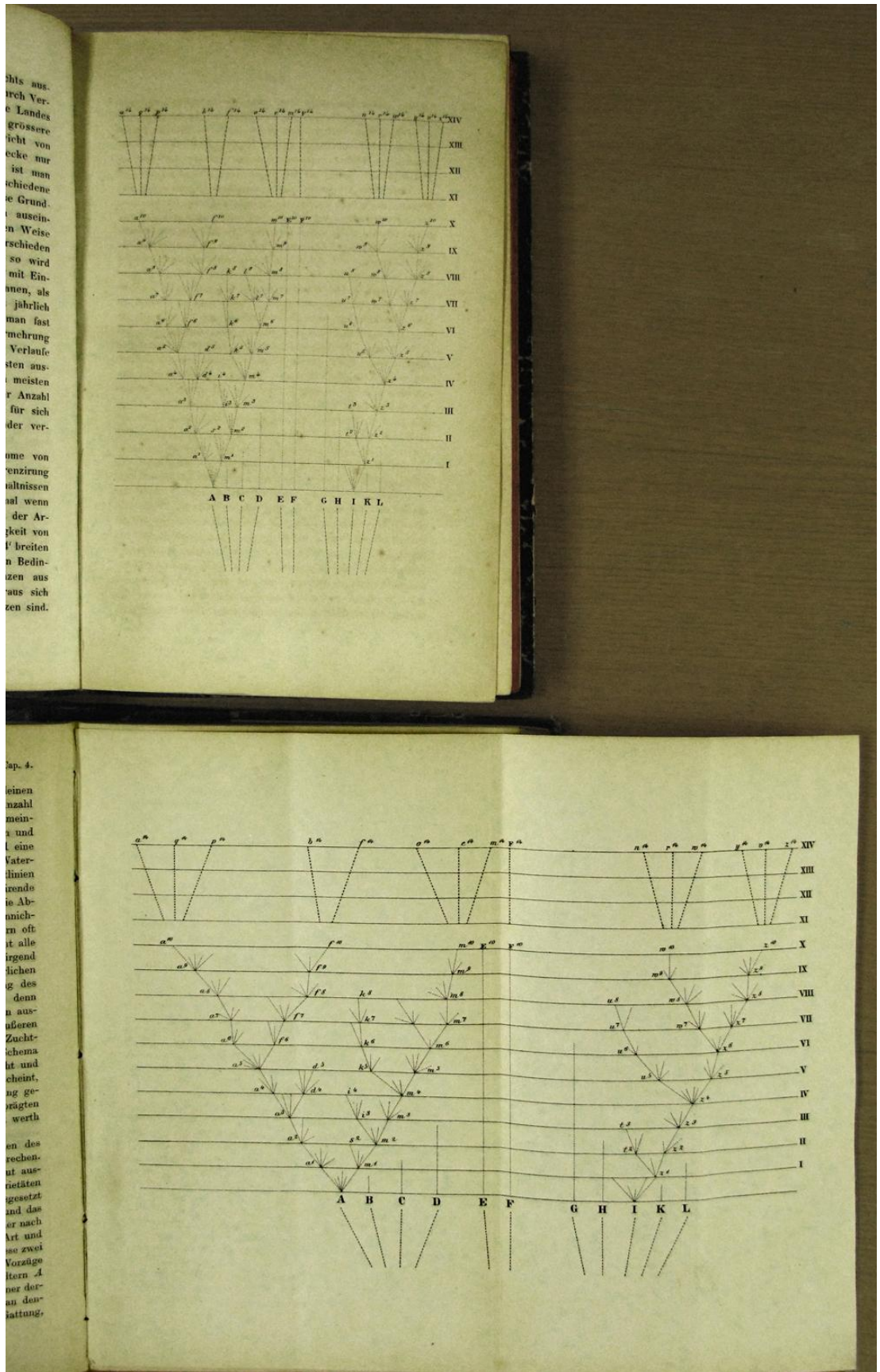


Fig. 96: Comparación de la primera y sexta edición del la obra de Darwin en alemán (1860/1879).

3.2.3 Los bosques de Haeckel

La estructura temporal ramificada que acompañaba la obra de Darwin en 1859 no era la primera que visualizaba el origen de lo vivo a través de esta tipología gráfica. Le había precedido la imagen que ilustraba el libro del biólogo francés Jean Baptiste Lamarck en 1830 (fig. 97), que suele considerarse como el primer árbol evolutivo propiamente dicho.¹¹⁶ Lamarck relaciona, a través de sutiles líneas punteadas, diferentes grupos de animales. Su estructuración temporal es inversa a aquella utilizada por Darwin, pues posiciona al pasado en la parte superior del espacio, y el presente en la parte inferior.

Pero la diferencia principal frente al diagrama de Darwin lo presenta el hecho que Lamarck relaciona en su imagen a diferentes grupos de animales contemporáneos, asignando a estos una relación de descendencia entre sí. La estructura de Darwin era estrictamente temporal. Sólo los organismos que se posicionaban sobre la línea superior existían en el presente, todo antecedente había dejado de existir, la actualidad está compuesta por descendientes. La visualización de Lamarck ofrece a cambio una estructuración temporal muy ambigua, pues aplica una relación de descendencia histórica a grupos actuales. Esto exige que ciertos grupos presenten una constancia a través del tiempo, mientras que otros cambien con rapidez. Así, parece que cuando un grupo da origen a un descendiente, deja de evolucionar. Los *gusanos* dieron origen a los *insectos*, pero, en vista a que hoy sigue habiendo gusanos, tiene que haber presentado este grupo estabilidad, el cambio sólo se halla en aquellos descendientes que dieron origen a los gusanos.

¹¹⁶ LAMARCK 1830.

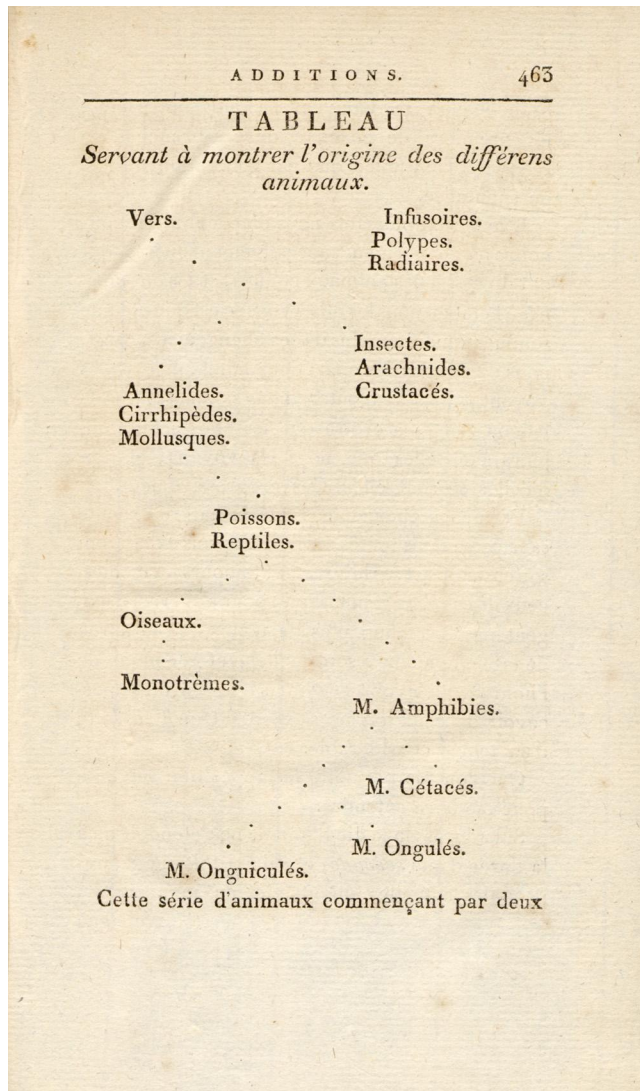


Fig. 97: Estructura ramificada de Lamarck, 1830.

Los principales representantes de este formato los constituyen sin duda los múltiples árboles que el biólogo alemán Ernst Haeckel trazó incansablemente. Haeckel había acogido la teoría evolutiva de Darwin con entusiasmo, y se convirtió en su difusor principal en el ámbito de habla alemana. En 1863 dio las primeras clases públicas sobre la temática, en 1866 publicó su «Morfología general de los organismos».¹¹⁷ Aunque la obra tuvo poca repercusión, se hallan en ella una serie de ocho tablas, que representan a diferentes árboles genealógicos. Al contrario de las estructuras de Darwin y Lamarck, que pueden considerarse como metáforas estructurales,

¹¹⁷ HAECKEL 1866.

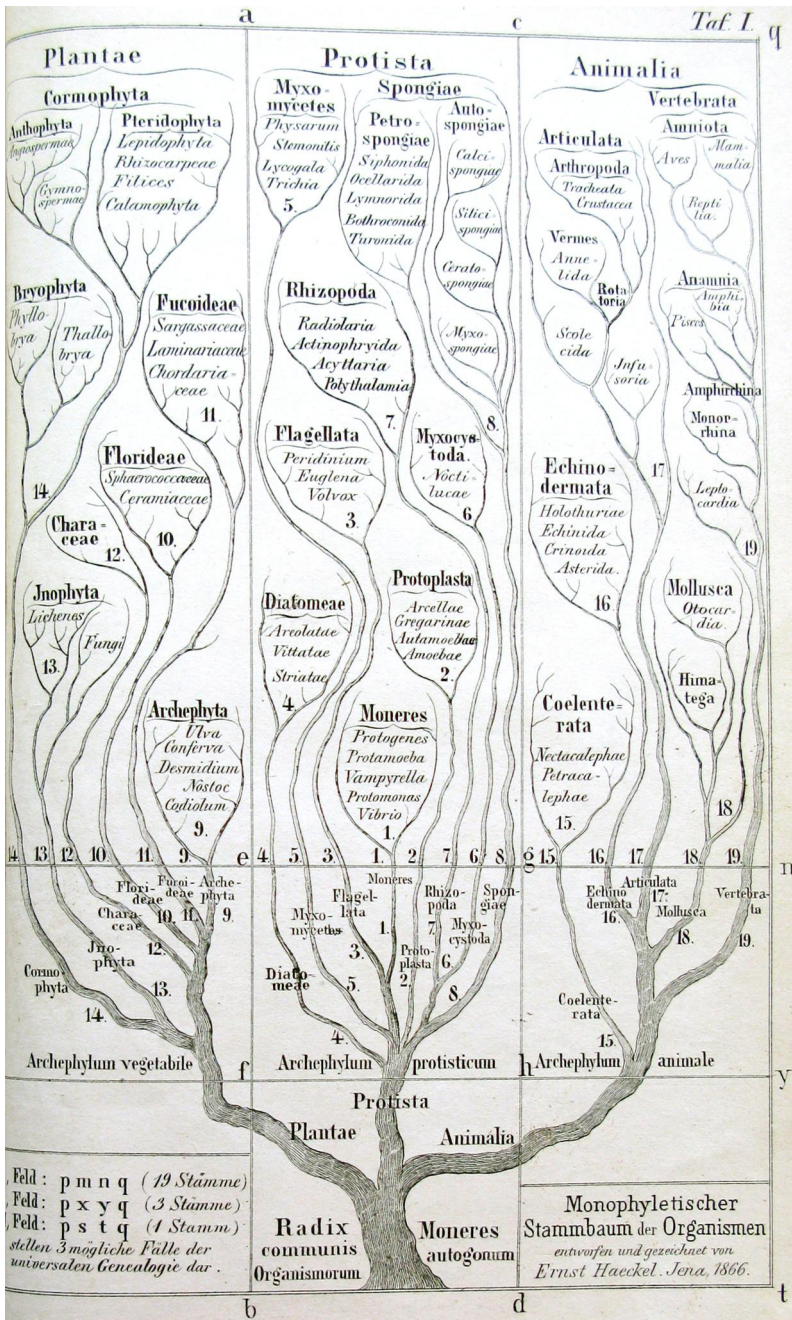


Fig. 98: Árbol monofilético de los organismos, Ernst Haeckel, 1866.

se trata en este caso claramente de metáforas visuales. Haeckel dibuja cuidadosamente una serie de árboles, con un tronco claramente definido, y múltiples ramas, que se retuercen de un modo a veces algo inusual por la superficie del papel. Las ramas más finas abrazan los nombres de diferentes grupos de animales. La asociación con la idea de árbol es intencional. Haeckel expresa en estas imágenes, al igual

que antes Lamarck, las relaciones de descendencia existente entre diferentes especies actuales.

Una de las láminas destaca por su curiosa sistemática (fig. 98). Lo más interesante en ella es que la imagen visualiza tres hipótesis diferentes sobre el origen de los organismos. La primera hipótesis expresa un origen múltiple de la vida. Si se cubre el árbol a la altura de la primera línea horizontal, veremos sólo una especie de bosque formado por diecinueve ramas ascendentes. La segunda hipótesis imagina el origen de lo orgánico a partir de tres ramas (plantas, protistas y animales). Para percibirla será necesario cubrir la imagen a la altura de la segunda línea horizontal. De este modo nos encontraremos con tres arbustos. La tercera hipótesis supone que el origen de todo lo orgánico se reduce a un antecedente común. Esta teoría es la que se percibe de modo más inmediato, en la que el tronco que constituye la base del árbol visualiza al lejano antecedente.

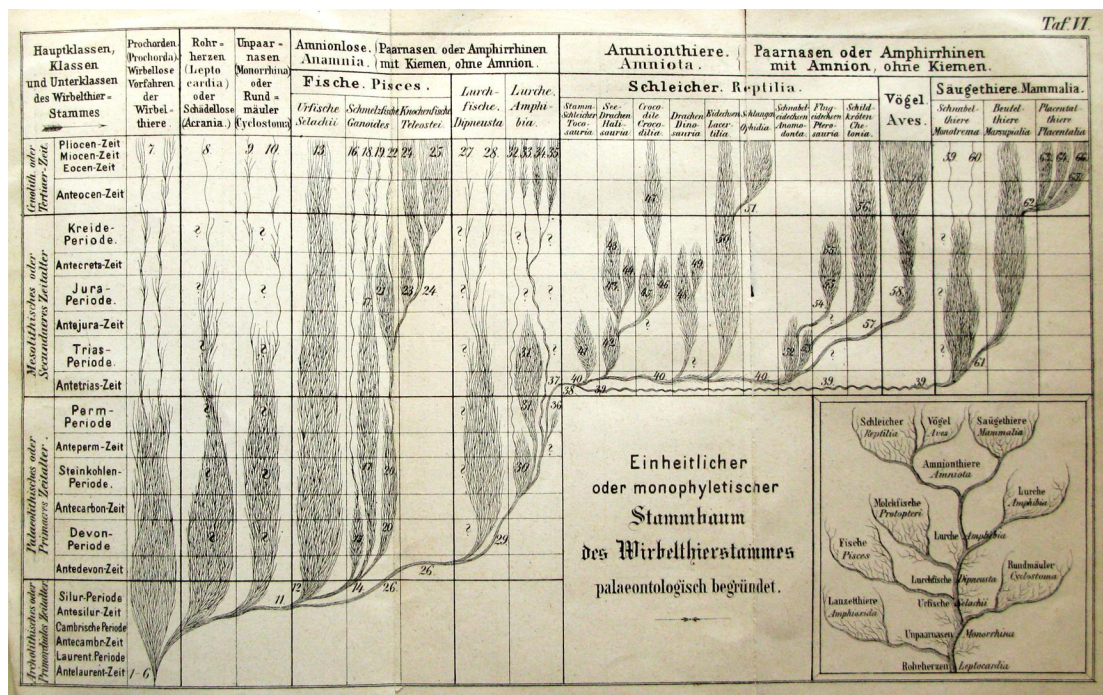


Fig. 99: Haeckel, 1868.

También su siguiente publicación, de carácter más popular, titulado «Historia de la creación natural», publicada dos años más tarde, incorpora un amplio número de árboles genealógicos. Son de carácter algo más abstracto, algunos completamente

esquemáticos, mientras que en los otros experimenta con diferentes lenguajes gráficos, de carácter muy simplificado. Aunque puede seguir hablándose de asociaciones metafóricas formales, pues la asociación con lo orgánico es inevitable, no presentan la mayoría de estas imágenes un carácter figurativo.

Una de las imágenes retoma un formato con el que ya había experimentado Haeckel en la publicación anterior. En ella, combina la visualización de períodos geológicos en la vertical, con la idea de la perfección en la horizontal (fig. 99).

Pero sin duda la más famosa de sus visualizaciones es aquella que publicaría seis años más tarde: el árbol genealógico del hombre (fig. 100). Al contrario de los otros árboles que había creado hasta el momento, es éste un árbol claramente orientado. El carácter de arbusto que la mayoría de las otras poseían se ha perdido por completo. Esta figura posee un eje central, que marca la conexión directa entre el antecedente común en la base, hasta lo que puede comprenderse como la coronación del árbol, representada por el ser humano.

Haeckel no visualizaba con esta imagen la evolución a nivel general, sino la filogenia del ser humano de manera concreta. Según sus observaciones, se podía describir la evolución a partir del desarrollo embrionario de los organismos. De este modo, supone el tronco a la vez los diferentes estadios por los que pasa el embrión humano. Sin embargo, queda fuera de duda que esta visualización implica el concepto de la complejidad y la perfección. Los organismos más sencillos se posicionan en la parte baja del árbol, y, según su complejidad o perfección, se posicionan más arriba en la escala. La posición de superioridad del hombre queda fuera de toda discusión.

Estas imágenes son sin duda problemáticas, dado que retratan la evolución a partir de una perspectiva específica y muy limitada. De hecho, complejidad, o, más aún, perfección, son conceptos más que discutibles, que suelen establecerse de generalmente a partir de la comparación de las características propias de nuestra especie con los demás organismos.

Uno de los críticos más fervientes de estas imágenes fue sin duda Stephen Jay Gould. Ha dedicado varios textos al análisis de la imagen canónica del progreso, para la cual se suele crear una secuenciación de diferentes organismos, de modo que un desarrollo sea claramente visible. Uno de los ejemplos más típicos es aquella imagen que visualiza la evolución del hombre (fig. 101)

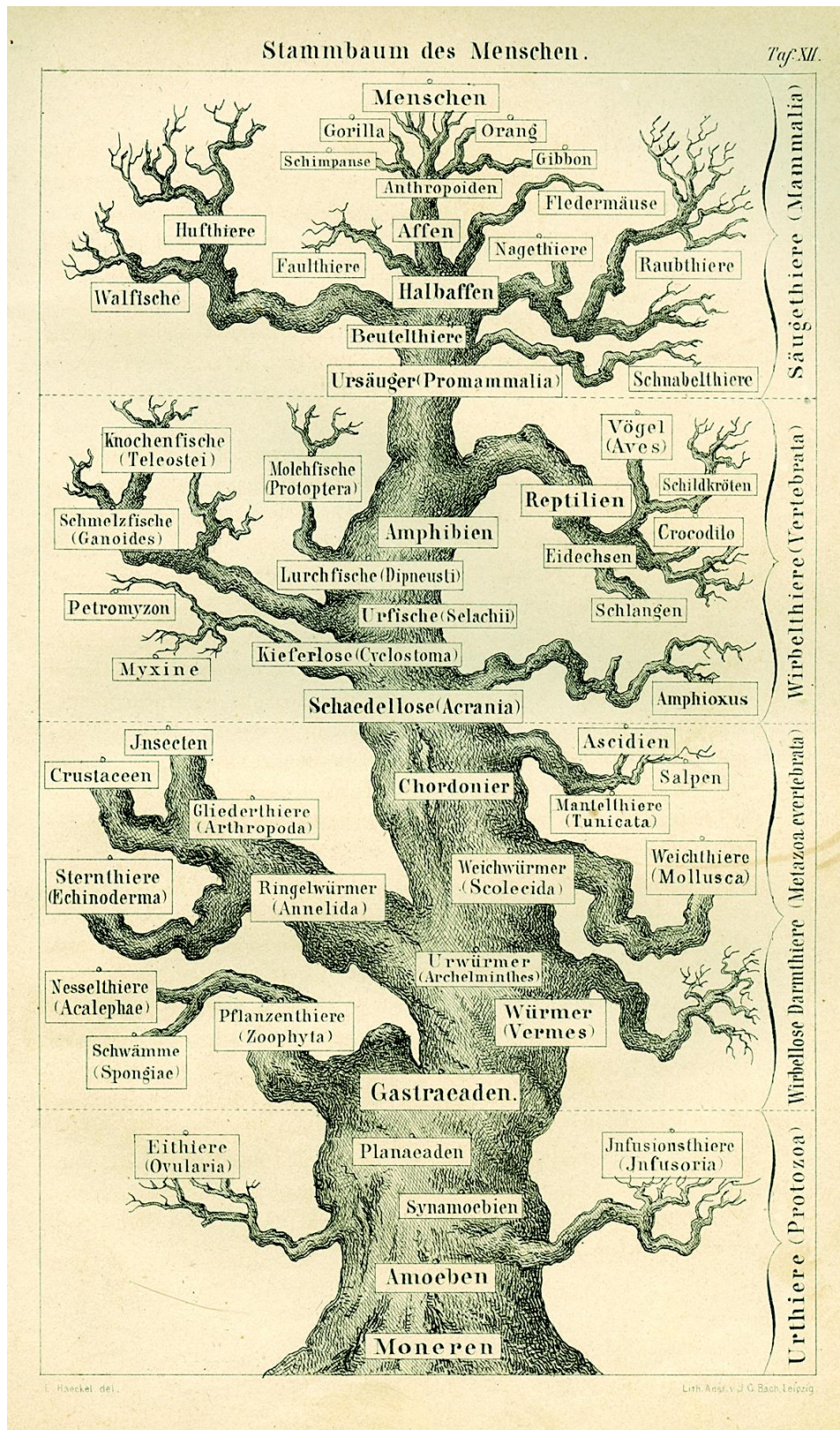


Fig. 100: Árbol Genealógico del Hombre, Ernst Haeckel, 1872.

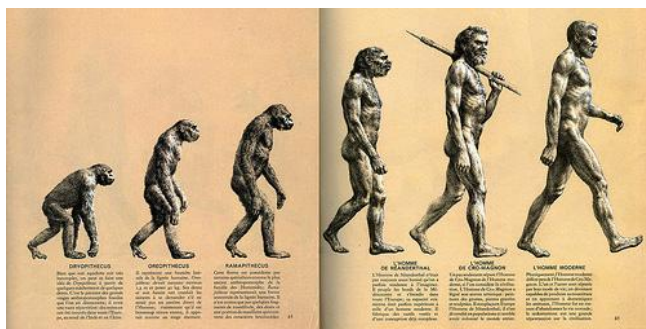


Fig. 101: Zallinger, 1965.

No cabe duda que la visión antropocéntrica es problemática, sobre todo porque es omnipresente, y apenas cuenta con perspectivas alternativas. Dawkins opina sin embargo que la curiosidad por nuestra historia evolutiva, desde la perspectiva de la especie a la que pertenecemos, es natural y legítima. Para evitar sin embargo la creación de una secuencia temporal que culmine en el hombre, decide Dawkins en su libro «El cuento del antepasado: Un viaje a los albores de la evolución» invertir el proceso.¹¹⁸ En vez de elegir, partiendo del origen común, siempre aquella bifurcación que dirija el camino hacia el ser humano (fig. 102.1), narrando así la historia de una única secuencia entre millones de secuencias posibles (todas aquellas que conduzcan hacia una de las especies actuales), elige Dawkins a una especie actual (el ser humano), y retrocede el camino hacia el antecesor común que éste comparte con todos los organismos contemporáneos. (fig. 102.2).

La cronología habitual (del pasado al presente) permite describir el proceso evolutivo como la sucesiva diversificación y ramificación del mundo orgánico a partir de un origen común. Enfatizar un único camino resulta problemático, pues en la evolución biológica no existe ninguna línea de descendencia privilegiada y ningún final preestablecido. La situación se plantea diferente cuando se utiliza lo que Dawkins denomina *cronología inversa* (del presente al pasado), pues una vez seleccionado el punto de partida, existe un único camino posible que conduzca hacia el lejano origen común de todo lo vivo. De este modo intenta evitar la idea de un desarrollo continuo dirigido hacia el progreso, que finalmente culmina en el ser humano, el cual es presentado como la meta inevitable del proceso.

¹¹⁸ DAWKINS 2008, pp.13-28.

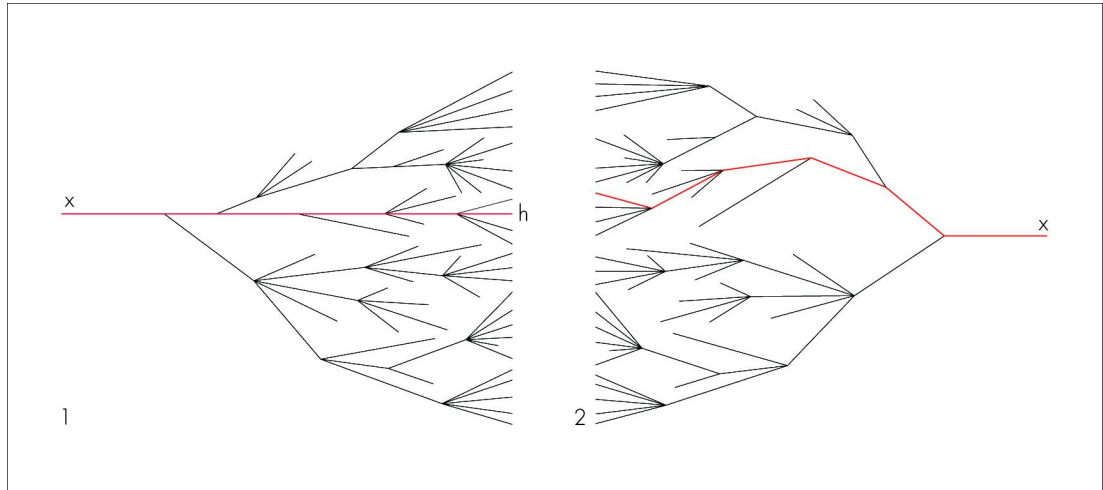


Fig. 102: Narración de la historia evolutiva del hombre de manera progresiva e inversa.

Resulta sin embargo más que cuestionable si realmente logra Dawkins eludir con esta artimaña todas las ideas de progreso que la narrativa antropocéntrica implica. Dawkins imagina su historia como un largo peregrinaje hacia los orígenes de lo orgánico. Pero no sólo los humanos emprenden el camino en busca de sus ancestros: la totalidad de los organismos que cohabitan hoy el planeta se lanzan conjuntamente a la aventura. Conforme avanza la ruta hacia el pasado va topándose nuestra especie sucesivamente con los diferentes grupos actuales con los que comparte un antepasado más próximo, prosiguiendo entonces el camino de forma conjunta. La poética visión de Dawkins genera sin embargo de manera inevitable a través de los sucesivos *encuentros* una secuenciación de los seres actuales según el mayor o menor parentesco que éstos ofrecen con el ser humano. El resultado, que salta a la vista sobre todo cuando se mira el índice del libro, se corresponde de manera inquietante con la secuenciación tradicional de la *scala naturae*.¹¹⁹

¹¹⁹ NEE 2005.

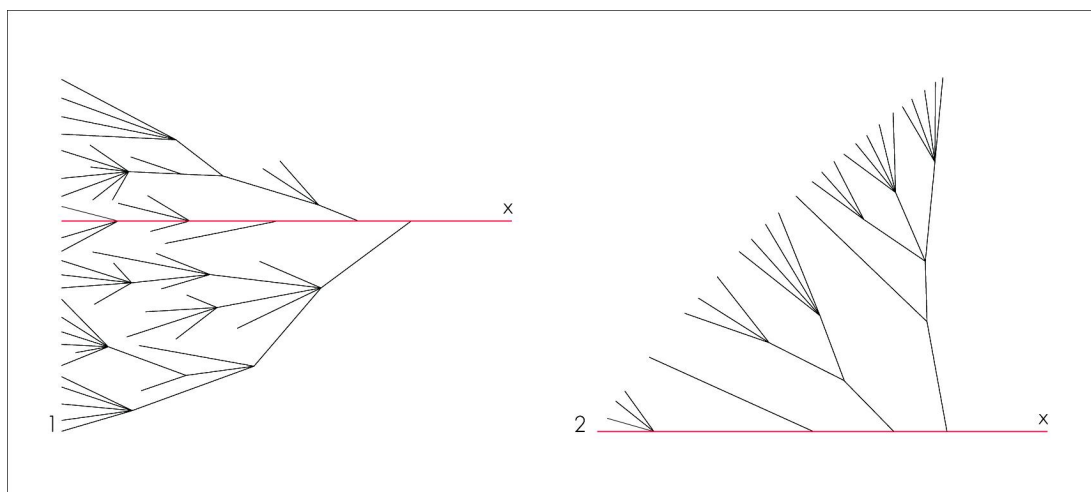


Fig. 103: La narración histórica resultante proyecta a grupos actuales hacia su punto de bifurcación.

Esto se debe en primer lugar a que la obra no se centra en los antecedentes históricos del ser humano, dado que nuestros conocimientos sobre éstos son muy limitados, sino en la relación de parentesco que éste mantiene con la totalidad de las especies contemporáneas.¹²⁰ Dawkins excluye además de la narración a las especies extintas, pues éstas ya no pueden iniciar el *peregrinaje* hacia el origen común. Al proyectar entonces a los organismos recientes hacia el punto en el que divergen de nuestra propia línea histórica (fig.103.2) se origina así una secuencia de organismos actuales. El mayor o menor grado de parentesco que presentan diferentes especies entre sí suele reflejarse habitualmente a través del parecido físico, haciendo que se asemejen más aquellos organismos que más próximamente se hallen emparentados. Al tomar al ser humano como punto de partida, se genera así una serie que ordena al mundo orgánico de acuerdo con el parecido que presenta con el hombre. La construcción de la *scala naturae* se realizó durante siglos organizando a las especies según su grado de perfección; no obstante, un criterio central para la determinar la *perfección* se hallaba en el mayor o menor parecido que los especímenes presentaban con el ser humano. Si el cuento de Dawkins hubiera tomado como punto de partida a una especie actual diferente no se hubiera asemejado la secuencia resultante a la *scala naturae*, dado que ésta parte del parecido con el hombre. Es probable que este

¹²⁰ En este sentido se atiene Dawkins a la metodología cladista, empleada hoy de manera generalizada.

orden alternativo resultara sorprendente e incluso incoherente a nuestros ojos, llegando incluso a no considerarlo como *orden*, al no reconocer en él a la lógica de las secuenciaciones a las que estamos acostumbrados.

La estrategia propuesta por diferentes autores, como O'Hara o Sandvik de fomentar las perspectivas no-antropocéntricas, para generar así nuevas imágenes e historias de lo natural parece más que aconsejable. Aunque la idea de Dawkins es sin duda interesante, parece que las implicaciones históricas que pesan sobre los hombros de esta interpretación, no permiten una visión inocente de la cuestión.

3.2.4 Los diagramas evolutivos hoy

El uso de diagramas ramificados sigue constituyendo aun hoy una parte central en la comunicación de hipótesis de relación y descendencia en el campo de la biología. Pero frente a las múltiples variantes visuales que habían surgido de la mano de diferentes autores a lo largo de los siglos precedentes, han acabado por imponerse hoy una serie de formatos estandarizados que hacen uso de un repertorio de códigos establecidos de manera unívoca.

Pueden distinguirse diferentes tipos de visualizaciones, dependiendo del método con el que éstas hayan sido construidas. El término *dendrograma* suele considerarse como una expresión general, que puede designar a cualquier tipo de estructura ramificada.¹²¹ Se denomina *cladoograma* al dendrograma realizado por medio de los métodos del análisis cladístico, que expresa las relaciones filogenéticas entre los taxones. El término *fenograma* designa a cambio a un dendrograma constituido a través de métodos fenéticos, que visualiza el parecido global existente entre los diferentes taxones. Los *filogramas* suele hallar su empleo en la sistemática evolutiva, pues expresan, además de la cladogénesis, a la divergencia (la distancia evolutiva que separa a una especie de otra), por medio de la variante distancia a la que son posicionados los taxones actuales.¹²² El término *árbol genealógico* se usa hoy habitualmente para designar a aquellos dendrogramas que no sólo establecen la filogenia de especies actuales, sino que tratan además de identificar a antecedentes (fósiles) concretos.¹²³ A continuación se explicará de modo más detallado a los cladoogramas, dado que éstos se han convertido en la herramienta visual de la que hace uso con mayor frecuencia la sistemática filogenética actual.

¹²¹ HARRIS 1999, p.133.

¹²² FREUDIG/SAUERMOST (1999-2004), Stammbaum; LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.14.

¹²³ RIEPPEL 1983, pp.122-135.

LOS CLADOGRAMAS: CONSTITUCIÓN Y SIGNIFICADO

Los cladogramas (fig. 104) funcionan básicamente como grafos matemáticos: así serán pues grafos conexos que no contienen ciclos (la definición de *árbol* en la teoría de grafos). Como tal estarán compuestos por una serie de *vértices* conectados entre sí por medio de *aristas*. Pueden distinguirse dos tipos diferentes de vértices. Los *vértices externos* son vértices de grado uno que suelen localizarse en el límite superior o lateral del árbol (según la orientación de éste), y representan a los taxones contemporáneos analizados (en la ilustración señalados por las letras *A, B, C, D* y *E*). Los *vértices internos* son los puntos de bifurcación, y representan a taxones ancestrales desconocidos (en la ilustración señalados por las letras *q, r, s* y *t*), cuyas propiedades pueden ser reconstruidas de modo hipotético a partir de los taxones contemporáneos.¹²⁴

Los cladogramas implican una *direccionalidad temporal*, a diferencia de los grafos en general. Sobre uno de los ejes del árbol se ordenan a los vértices que representan tanto a antecesores hipotéticos como a especies contemporáneas. Mientras que el primer ancestro *q* se sitúa en el origen de la estructura, se inscriben las especies actuales *A, B, C, D* y *E* todas sobre un mismo momento temporal (el presente). No obstante, se trata de un eje temporal relativo, pues sólo informa sobre el orden histórico en el que se han sucedido las ramificaciones dentro de un mismo linaje. Así, sería erróneo interpretar que los momentos de especiación *s* y *t* hayan tenido lugar simultáneamente, pues significa únicamente que ambos han acontecido más recientemente que el momento de especiación *r*.

Las aristas como tal representan el cambio genético que ha tenido lugar entre el taxón ancestral y su descendiente. La longitud de las aristas suele ser constante, expresando el *tiempo evolutivo* de modo relativo, dado que todos los taxones han tardado la misma cantidad de tiempo para su desarrollo a partir de un antepasado común hasta su forma actual específica. Es decir, las especies *A, B, C, D* y *E*, han tardado el mismo tiempo en desarrollarse a partir de su antecedente común *q*, dado

¹²⁴ La terminología específica puede variar de un autor a otro. Una introducción muy comprensible a la temática de los árboles evolutivos se ofrece en GREGORY 2008. Para una explicación más detallada del los cladogramas, así como los métodos y teorías empleadas para su construcción, véase HALL 2008, en especial pp.67-70 y 89-101; y LECOINTRE/LE GUYADER 2006, pp.8-39.

que todas ellas son especies contemporáneas (existen en la actualidad) que se han originado a partir de un mismo antecedente.

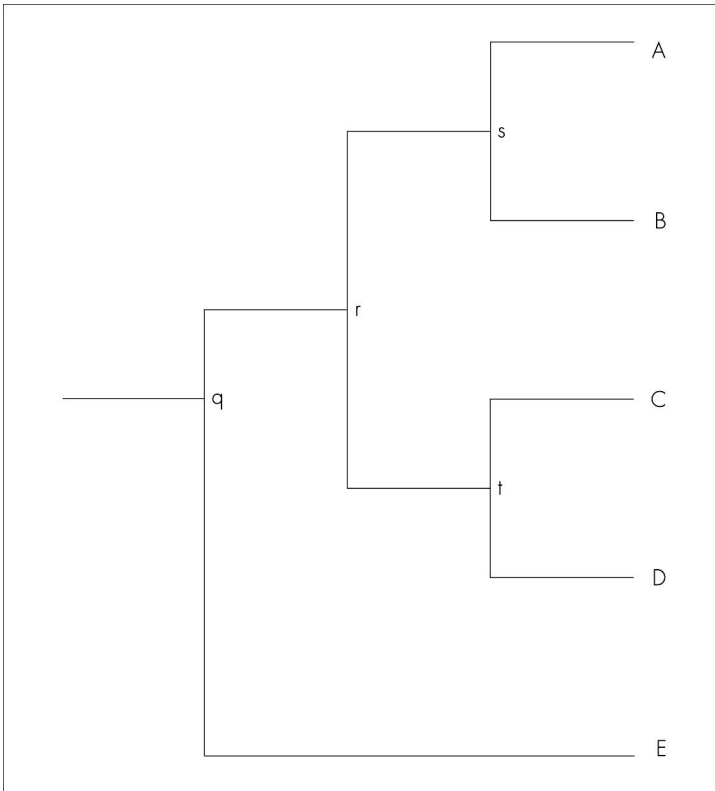


Fig. 104: Cladograma con cinco taxones actuales.

Un cladograma como aquél de la figura 104 no expresará por lo tanto la *distancia evolutiva* (el número de características innovadoras que separa a una especie de su antecesor). Si se desea, podrá indicarse esta información de manera numérica junto a las aristas. También es posible expresar la *distancia evolutiva* de forma gráfica, a través de la mayor o menor longitud de las aristas. En este caso la longitud ya no expresará el *tiempo evolutivo* de manera relativa y constante, sino la *distancia evolutiva* de manera proporcional. A este tipo específico de cladograma se le denomina habitualmente *filograma*.¹²⁵

Un vértice se bifurca cuando da origen a dos linajes descendientes. Normalmente se asume que la especiación evolutiva es un proceso binario en el cual dos nuevas especies se forman a partir de una única especie ancestral. Cuando esto no

¹²⁵ GREGORY 2008, p.128.

es el caso, o cuando resulta imposible resolver el orden en el cual diferentes especies descienden de su antecesor, se originará un vértice multifurcado.¹²⁶ A los dos taxones que se originan de modo simultáneo en una bifurcación se les llama *taxones* o *grupos hermanos*. En la ilustración serán taxones hermanos tanto las especies *A* y *B*, dado que descienden directamente del antecesor común *s*, como las especies *C* y *D*, que descienden de *t*.

A cada uno de los subárboles que se originan en el cladograma se le denomina *clado*, independientemente del número de elementos que contenga. Un clado estará por lo tanto constituido por un ancestro y la totalidad de sus descendientes. Así, podrán distinguirse en la figura 104 cuatro cladogramas diferentes. Uno de ellos estará formado por las especies *A* y *B* junto con *s*, y otro por las especies *C* y *D* junto con *t*. El tercer clado estará constituido por las especies contemporáneas *A*, *B*, *C* y *D* junto con las especies ancestrales *r*, *s* y *t*, y finalmente el cuarto clado abarcará a las cinco especies actuales y sus cuatro ancestros, partiendo de *q*. La idea de *clado* se corresponde con el concepto de *grupo monofilético* que se ha visto más adelante.

Un árbol se considera *enraizado* cuando existe un vértice en particular del cual sólo partan aristas que lo conecten con todos los taxones recientes, sin que ninguna arista llegue a él. A este vértice se le denominará *raíz* (en el diagrama marcado con la letra *q*). La raíz representa al ancestro común de todos los taxones del análisis; conociendo la raíz se conoce la dirección de la evolución, el orden de descendencia de la secuencia. Un árbol no-enraizado especifica sólo la relación de parentesco entre los taxones, sin definir el desarrollo evolutivo.

De la figura 104 se puede por lo tanto inferir que *A* y *B* tienen a un antecesor común, representado por el vértice *s*, que no comparten con ninguna otra especie contemporánea. Por lo tanto *A* y *B* estarán más próximamente emparentadas entre sí que con respecto a ninguna de las otras especies (*C*, *D* y *E*). Todos los miembros de un mismo clado presentan idéntica relación de parentesco con aquellas especies con las que comparten algún ancestro más distante. Así, tanto *A* como *B*, *C* y *D* pre-

¹²⁶ La hipótesis evolutiva favorecida a la hora de resolver el orden de descendencia será aquella que resuelva la filogenia de modo más económico, con el menor número de eventos evolutivos posibles. Este método es denominado principio de parsimonia. HALL 2008, pp.112-115; LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.18-21.

sentan igual relación de parentesco con la especie *E*, dado que todas comparten con ella a un único antecedente común, representado por el vértice *q*.

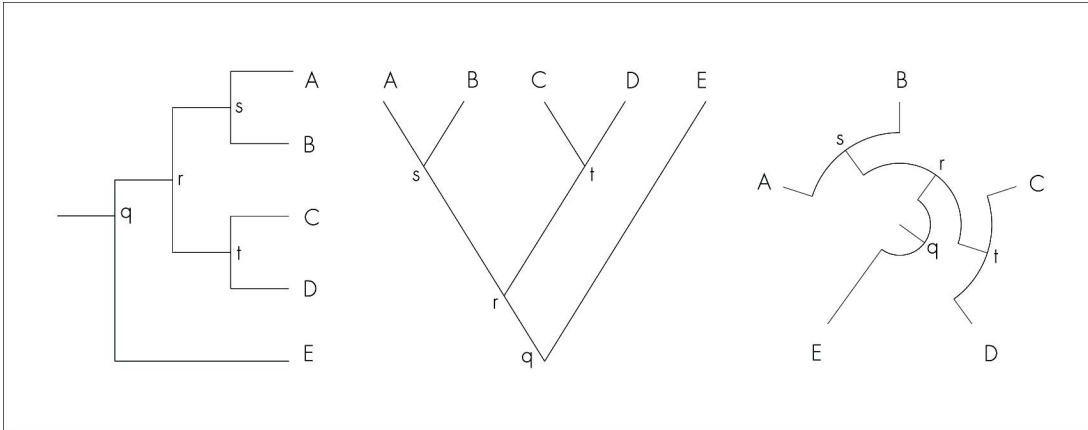


Fig. 105: El mismo cladograma 1. en estilo rectangular; 2. en estilo triangular; 3. en estilo circular.

Un mismo cladograma puede ser visualizado de diferentes formas. Las tres variantes presentadas en la figura 105 comunican informaciones idénticas, aunque su apariencia difiera claramente. El *estilo rectangular* (fig. 105.1) se emplea con frecuencia para la visualización de las relaciones evolutivas identificadas entre un grupo de taxones muy amplio, que da origen entonces un largo listado de conexiones angulares anidadas. Se emplea asimismo cuando desea realizarse un *filograma*, dado que la comparación de la longitud de las ramas es más sencilla cuando todas ellas se hallan inscritas sobre un mismo eje. El *estilo inclinado o triangular* (fig. 105.2) se encuentra a cambio con frecuencia en el contexto de explicaciones didácticas, presentando un grupo de taxones más reducido.¹²⁷ Su uso suele recomendarse en especial para aquellos cladogramas en los que surjan casos de multifurcación. Un cladograma visualizado en el *estilo circular* (fig. 105.3) puede resultar algo más difícil de interpretar, pero a cambio suele ser capaz de esquivar con éxito interpretaciones direccionales no deseadas. El término *topología* designa al llamado *patrón de ramificación* del cladograma, es decir, a la secuencia de ramificaciones específicas que presenta el árbol en cuestión. Aunque la apariencia de los tres ejemplos de la ilustración precedente varía claramente entre sí, presentan todos ellos idéntica topología.

¹²⁷ NOVICK/CATLEY 2007, p.199-201.

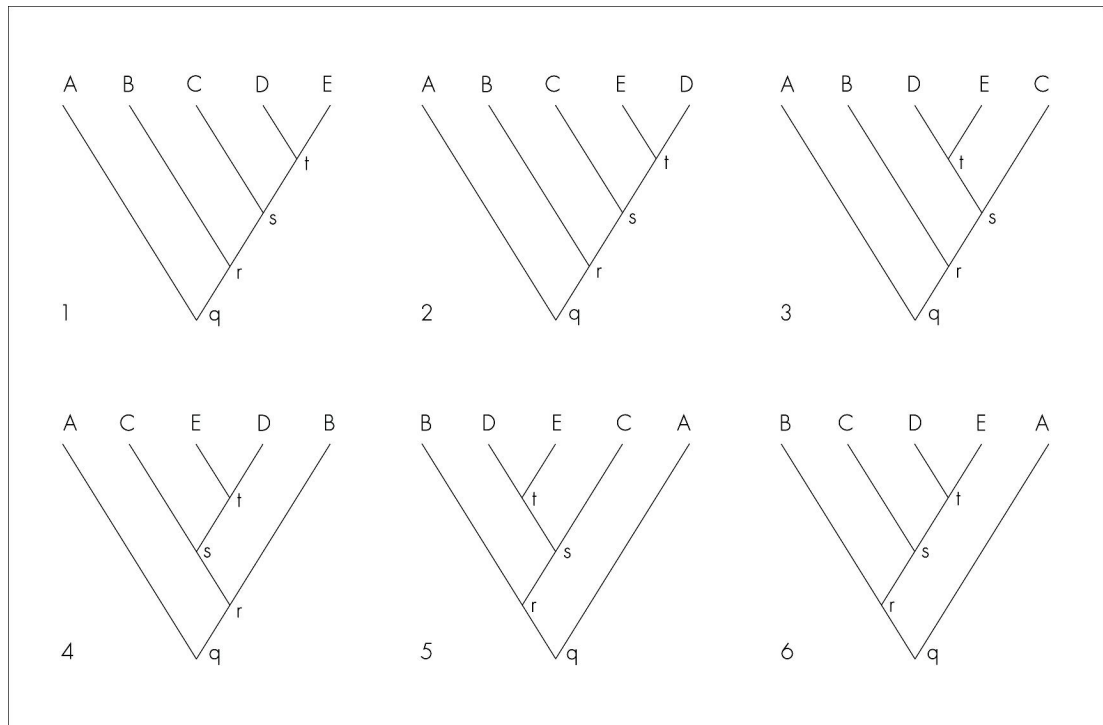


Fig. 106: Seis cladogramas isomorfos.

Idéntica topología presentan también las seis variantes de la figura 106. La información inscrita en el árbol no sufre alteración cuando se giran los diferentes clados sobre sus vértices internos. Así pues, se ha girado primero el clado constituido por los descendientes de t (D y E), lo cual modifica únicamente el orden de los taxones contemporáneos (fig. 106.2). Seguidamente se ha rotado el clado constituido por los descendientes de s (C , E y D), lo cual da origen a una estructura visual diferente, pero de igual significado que las variantes precedentes, dado que la topología sigue inalterada (fig. 106.3). A continuación se han girado los clados a partir de los nodos internos r (fig. 106.4) y q (fig. 106.5), y en el último ejemplo se han realizado dos rotaciones simultáneas: s y t (fig. 106.6). La información transmitida por las seis variantes es idéntica, dado que el contenido del cladograma se halla en su topología, en la secuencia de ramificación y las relaciones que así se establecen entre los diferentes taxones presentados, no en el orden que adoptan los vértices externos (los taxones recientes) en el plano.

Estas seis variantes son cladogramas *no-equilibrados* [*unbalanced*], dado que una de las ramas que parten de un antecesor común contiene a muchos más taxones que la otra. En la figura 106.1, por ejemplo, surgen del vértice interno r dos aristas; mien-

tras que aquella de la izquierda parece dar origen a un único descendiente (*B*), continúa aquella de la derecha ramificándose progresivamente, generando así a tres descendientes actuales (*C*, *D* y *E*). Esto puede ser reflejo de la situación real, dado que es posible que un linaje dé origen a un mayor número de descendientes que otro, pero puede ser igualmente un caso de selección tendenciosa de la muestra empleada, en la que se decide prestar intencionadamente mayor atención a un grupo que a otro. Un ejemplo de árbol *equilibrado* sería aquél de la figura 104, dado que es perfectamente simétrico: ambas ramas que surgen de *r* dan origen a dos especies contemporáneas.¹²⁸ El cladograma de la figura 106.1 es, además de *no-equilibrado*, *escalonado* [*ladderized*], pues los linajes más ramificados han sido posicionados consecuentemente en uno mismo lado de cada nodo interno (en la imagen siempre en el lado derecho).

PROBLEMAS INTERPRETATIVOS DE LOS CLADOGRAMAS

La sistemática filogenética contemporánea ha creado con los cladogramas una herramienta visual de codificación total. Se trata ahora de una imagen estandarizada, de significado claramente delimitado, precisa y consistente, en la que no tienen cabida ambigüedades que den pie a interpretaciones alternativas. Se corresponde en este sentido con la idea de *imagen monosémica* de Bertin, dado que logra comunicar su contenido con precisión matemática. Estas características diferencian a los cladogramas de aquellas imágenes que han acompañado la historia de la biología durante los últimos siglos, en las que su autor decidía de modo individual las diferentes variables que el diagrama debía visualizar, y los criterios según los cuales éstas debían organizarse en el espacio y hallar su expresión formal.

¹²⁸ En los cladogramas enraizados, como aquél de la figura 104 siempre da el primer antecedente común (señalado por la letra *q* en la imagen) origen a dos ramas, de las cuales una nunca continúa ramificándose. Esto se debe a que el taxón *E*, al que se denomina *grupo externo* [outgroup], no forma parte del grupo de estudio, sino que es empleado únicamente para enraizar el cladograma. En los ejemplos didácticos es habitual omitir al grupo externo. Ver GREGORY 2008, p.124; HALL 2008, p. 69 y 99; LECOINTRE/LE GUYADER 2006, p.18-21.

Sin embargo en el transcurso de este proceso de estandarización han adquirido los cladogramas un grado de abstracción tal que la interpretación establecida contradice en gran medida a la interpretación intuitiva, visual del diagrama. Esto en sí no es un fenómeno singular: es habitual que tipologías visuales en las ciencias adquieran un elevado grado de especialización, que tenga como consecuencia que únicamente los expertos que hagan uso de ellas sepan interpretarlas adecuadamente.¹²⁹

La comprensión que la interpretación de estos diagramas no es intuitiva e innata, sino que es una habilidad que debe ser adquirida, surgió a mediados de los años noventa del pasado siglo, cuando el biólogo evolutivo Robert O'Hara empezó a llamar la atención sobre los problemas que estudiantes de biología tenían a la hora de interpretar correctamente a los dendrogramas. Estudios más recientes confirman estos resultados, demostrando que inferencias incorrectas se hallan incluso en publicaciones especializadas. O'Hara concluye por lo tanto que debe hacerse mayor hincapié en la enseñanza de dendrogramas, pues, *“al igual que debe enseñarse a aquellos que inician sus estudios de geografía cómo leer un mapa, debe enseñarse a aquellos que empiezan a estudiar biología el modo en el que los árboles deben ser leídos, y cómo debe ser comprendido lo que estos árboles comunican.”*¹³⁰

La situación a la que se enfrentan ambas disciplinas es sin embargo diferente. La problemática de la comprensión de mapas se basa en el hecho que el no-iniciado desconoce los códigos según los cuales debe interpretar a la imagen, por lo que no logra descifrarla. Con los cladogramas resulta a cambio sencillo deducir una interpretación de la imagen; el problema consiste a cambio en el hecho que esta interpretación intuitiva no suele corresponder con el significado codificado del dendrograma en cuestión.

Son diferentes aspectos los que interfieren con la decodificación correcta de estos diagramas. En algunos casos es nuestra misma percepción visual la que tiende

¹²⁹ CHI/FELTOVICH/GLASER 1981; KOZMA/RUSSELL 1997.

¹³⁰ O'HARA 1996; O'HARA 1997, p.327: «Just as beginning students in geography need to be taught how to read maps, so beginning students in biology should be taught how to read trees and to understand what trees communicate.»
CRISP/COOK 2005; BAUM/SMITH/DONOVAN 2005; NOVICK/CATLEY 2006;
NOVICK/CATLEY 2007; MEIR/PERRY/HERRON/KINGSOLVER 2007; SANDVIK 2008;
GREGORY 2008.

a interpretar lo visualizado según sus propios principios; en otros casos es el parecido que las imágenes actuales presentan con otros diagramas populares que la precedieron (antecedentes gráficos) lo que hará que los códigos sean leídos de forma no-intencionada.

El primer problema que se plantea es que aunque las diferentes traducciones formales de los cladogramas son idénticas en cuanto al significado que transmiten, dado que se trata de estructuras isomorfas (fig. 105), son diferentes en cuanto a nivel de comprensión que alcanzan a la hora de ser interpretados. Los estudios realizados por Novick/Catley demuestran que la comprensión de la jerarquía de taxones anidados es entendida más fácilmente cuando el cladograma es de estilo rectangular que cuando es de estilo triangular.¹³¹ Este resultado surge sobre todo cuando la prueba es realizada con no-expertos en el tema; estudiantes de cursos superiores suelen presentar menor dificultad en su comprensión, aunque el nivel de errores sigue siendo mayor que cuando se trata de diagramas de estilo rectangular. Resulta entonces cuanto más chocante que el estilo triangular se halle muy representado en publicaciones de carácter didáctico, predominando a cambio el estilo rectangular en las publicaciones científicas.

La explicación para el diferente grado de comprensión la encuentran los autores del estudio el *principio de continuidad* de la Gestalt. Éste dice que tienden a agruparse aquellas líneas que permiten ser entendidas como una línea única, lisa y fluida, evitándose aquellas interpretaciones que supongan que los elementos comprenden cambios de dirección abruptos. En un cladograma triangular se tenderá a comprender por lo tanto a las líneas diagonales que parten de la raíz como elementos únicos y no como un aglomerado de varias líneas independientes. Esto conduce a que predomine la interpretación según la cual esta línea continua representa a un nivel jerárquico único. Esto no se corresponde sin embargo con el contenido de la imagen, dado que tras cada punto de bifurcación se representa a un nivel jerárquico distinto. El estilo rectangular expresa esta situación de modo visualmente más comprensible, como puede observarse al comparar las dos líneas rojas de la ilustración (fig. 107).

¹³¹ NOVICK/CATLEY 2006; NOVICK/CATLEY 2007.

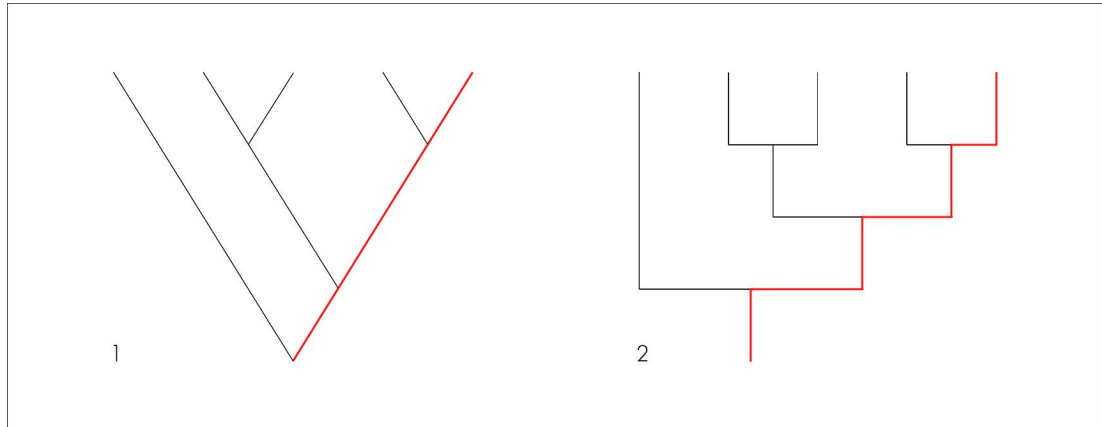


Fig. 107: Dos cladogramas isomorfos. 1. estilo triangular, 2. estilo rectangular.

Otra serie de problemas surge en especial en aquellos casos en los que se emplean diagramas no-equilibrados y escalonados, como aquellos de la figura 108. Diferentes investigaciones han demostrado que los estudiantes tienden a proyectar los taxones contemporáneos que se hallan al final de las aristas hacia atrás, de modo que ocupen el vértice interno más próximo del árbol.¹³² En el caso de la figura 108.1 significaría esto que se interpreta a las especies representadas por *A*, *B*, *C* y *D* como antecedentes de la especie *E*. El significado real que expresa la imagen difiere sin embargo de esta interpretación, dado que comunica únicamente que *E* está más cercanamente emparentada con *D* que con cualquiera de las otras especies, dado que comparte con ésta un antecedente común que no comparten con ninguna especie más. Le siguen sucesivamente la proximidad de parentesco con *C*, *B* y finalmente *A*. Es por lo tanto incorrecto inferir que una especie actual es antecedente de otra especie contemporánea.

En relación directa con este problema se halla otra interpretación errónea, según la cual se supone que la evolución de los caracteres sólo tiene lugar en los vértices.¹³³ Así, se tiende a interpretar que la especie *B* comparte con su antecesor hipotético mayor número de características comunes que la especie *D*. Se atribuyen por lo tanto características primitivas a aquellas especies cuya arista no contenga ramificaciones posteriores, dado que la línea recta es interpretada como símbolo de constancia. No obstante, esto tampoco se halla expresado en la imagen, dado que un

¹³² BAUM/SMITH/DONOVAN 2005

¹³³ CRISP/COOK 2005; MEIR/PERRY/HERRON/KINGSOLVER 2007; BAUM/SMITH/DONOVAN 2005.

cladograma no ofrece información sobre el número de innovaciones evolutivas (como lo hacen los filogramas), sino únicamente sobre la secuenciación de los eventos de especiación.

De hecho, la línea recta como expresión de lo constante, no cambiante, posee tradición. En el diagrama de Darwin (fig. 94) visualizaban las líneas verticales a aquellas especies que no sufrían cambio morfológico a través del tiempo, mientras que las especies que se diversificaban, dando incluso origen a nuevas subespecies, pasaban a través de múltiples momentos de ramificación. Se generan así a dos tipos de líneas diferentes: líneas rectas y líneas ramificadas. No es de extrañar que se tienda a comprender esta diferenciación como relevante, atribuyendo un significado diferente a cada tipo de línea. Es probable que nuestra familiaridad con estas imágenes interfiera de modo importante a la hora de interpretar los códigos establecidos para los cladogramas actuales.

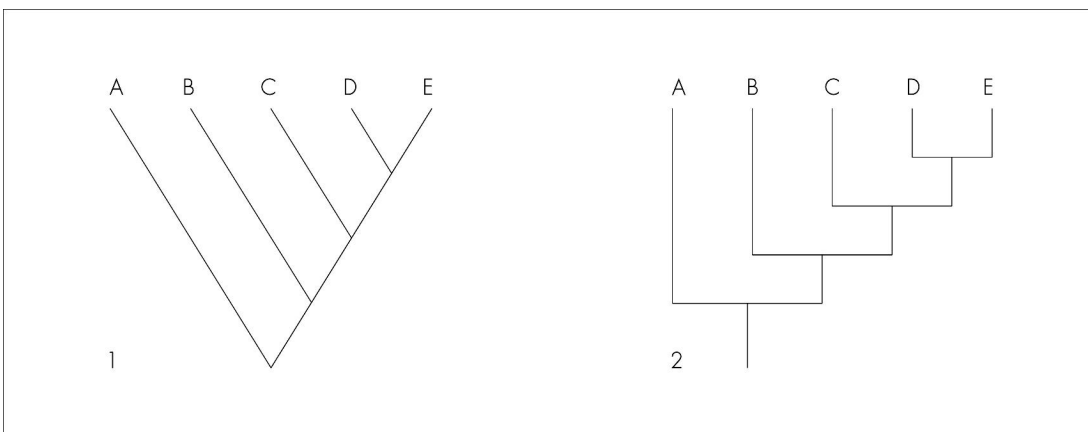


Fig. 108: Dos cladogramas escalonados isomorfos. 1. estilo triangular, 2. estilo rectangular.

En ambos casos descritos puede suponerse que la visualización en estilo rectangular ayudaría al menos a atenuar en parte el problema (fig. 108.2). La proyección de la especie reciente hacia el vértice se ve dificultada ahora por el hecho que la línea no es directa, sino quebrada. Igualmente es más fácil imaginar que el cambio de dirección expresa que en el camino recorrido ha sucedido *algo* que haga que los caracteres del antecedente y los de la especie actual no sean idénticos. El cambio de lenguaje formal no logra sin embargo evitar la interpretación incorrecta según la cual el diferente número de ramificaciones sea indicador del mayor o menor cambio evolutivo experimentado por una especie en cuestión.

Es por esta razón que el problema central de comprensión surge a partir del uso de árboles no-equilibrados. Diferente número de ramificaciones puede reflejar la situación real que el cladograma visualiza, pero puede surgir también como resultado de un proceso de simplificación. Un árbol simétrico binario (fig. 109.A) que narra la hipotética historia evolutiva de 16 especies contemporáneas (enumeradas del 16 a 31) puede ser simplificado de múltiples maneras. Para ello se colapsarán sus ramas a partir de los vértices internos, ya que los vértices terminales pueden representar tanto a especies individuales como a clados enteros. Por ejemplo, si desea reducirse el número de informaciones que conciernen a la parte izquierda del árbol (los vértices terminales 16 a 23), se seleccionará al último vértice que éstos tengan en común y se posicionará a éste como vértice terminal al final de la arista, pues el vértice engloba entonces, por así decirlo, a la totalidad de sus descendientes (fig. 109.C). De un idéntico set de informaciones (fig. 109.A) podrán resultar por lo tanto estructuras máximamente equilibradas (fig. 109.B, dado que todas las ramas se colapsan en un mismo nivel jerárquico), al igual que podrán dar origen a estructuras máximamente desequilibradas (fig. 109.C, pues cada rama ha sido colapsada en un diferente nivel jerárquico), o a estructuras irregulares, como aquella de la figura 109.D. En ninguno de estos ejemplos se ha realizado una rotación de los vértices, la diferencia surge sólo a partir de la simplificación aplicada.¹³⁴

Cladogramas escalonados como aquél de la figura 109.C permiten enfocar de manera detallada a aquel taxón que resulte especialmente interesante para una determinada cuestión. La importancia que este tipo de estructuras posee para la comunicación científica queda fuera de toda duda. Pero en manos del no-experto darán origen a una visión distorsionada de la realidad, pues, aun citando a los demás clados, reducen a éstos de manera radical. El esfuerzo mental exigido para visualizar la complejidad real del árbol es importante; es por esto que debería evitarse en medida de lo posible su uso para la ilustración de material didáctico, donde la meta suele consistir en transmitir al estudiante una visión global de la pluralidad de lo vivo y de los procesos macroevolutivos.

Aparte del interés por un grupo en concreto, existen otras razones por las que pueden crearse simplificaciones concediendo diferente resolución a los taxones

¹³⁴ O'HARA 1992; O'HARA 1993.

implicados. O'Hara explica como en múltiples ocasiones se realiza la simplificación en razón a la terminología habitual. Todas las especies concretas poseerán siempre un nombre, dado que éste les es atribuido de modo unívoco en el momento en el que son descritas científicamente. No obstante, los diferentes clados, constituidos por especies concretas y sus antepasados hipotéticos, no siempre poseerán un nombre. Este hecho influye en el proceso de simplificación, pues generalmente se procurará que tras éste permanezcan representados en el árbol aquellos taxones que resulten más conocidos, mientras que se tenderá a suprimir a aquellos otros que o bien no tienen un nombre específico que los identifique, o bien este nombre resulte menos popular.¹³⁵

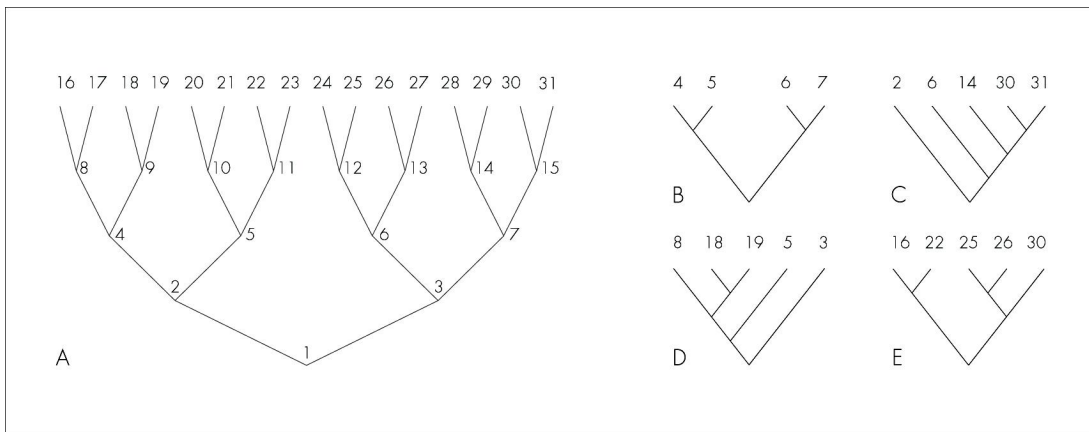


Fig. 109: A. Cladograma binario simétrico. B-E. Posibles simplificaciones de A.

El ejemplo 109.E es más una interpretación selectiva que una simplificación real del árbol A. Al contrario de las variantes B, C y D, no se han colapsado aquí a las ramas a partir del último vértice común, sino que se han eliminado directamente aquellas aristas y vértices que no se consideraban interesantes. De este modo surge un árbol que no contiene a los nombres de los diferentes clados que han sido simplificados, sino un árbol en el que especímenes contemporáneos independientes funcionan como ejemplo para todo el grupo al que pertenecen. Este enfoque, que disimula aún en mayor medida el hecho que el árbol ha sido simplificado, se origina sobre todo cuando en los vértices terminales se sustituye a la habitual nomenclatura científica por imágenes, como suele ser el caso en algunas publicaciones didácticas

¹³⁵ O'HARA 1992, p.151.

(fig. 110). La imposibilidad de crear una imagen figurativa para una categoría abstracta como lo es por ejemplo el término *mamífero*, obligará a que se seleccione a un único espécimen contemporáneo que represente al taxón al que éste pertenece; esto dificulta aun más la asociación del vértice final con un clado más extenso.

Así, resulta sencillo interpretar en la figura 110 que el grupo de los *mamíferos* (en la ilustración representado por dos especies: un ratón y un ser humano) es más amplio que aquellos otros representados por un único animal: un lagarto (que resume al grupo de los *saurópsidos*, que incluye a animales tan dispares como cocodrilos, tortugas y pájaros), una rana (que representa al grupo de los *anfibios actuales*) y un pez (que simboliza al grupo de los *actinoptergios*, que engloba a la mayoría de los peces). No obstante, este cladograma no ofrece información ninguna respecto al número de especies que forma a cada grupo. De hecho, el grupo más amplio es aquél de los *actinoptergios*, con más de veinte mil especies, seguido por el de los *saurópsidos* con algo más de quince mil, y el de los *lissamphibios*, con algo menos de cinco mil; el grupo menor es aquél de los *mamíferos*, con unas cuatro mil quinientas especies. Los diferentes clados forman conjuntamente al grupo de los *vertebrados*.¹³⁶

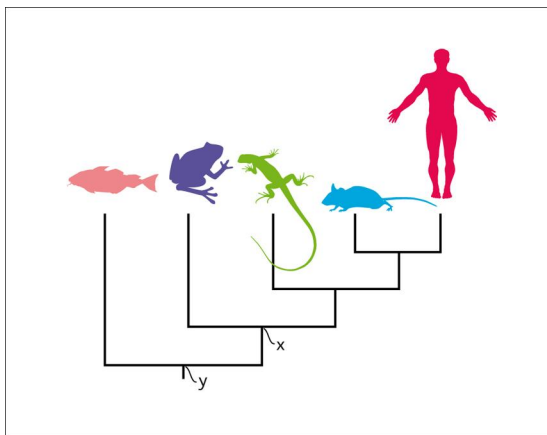


Fig. 110: Ilustración del texto de Baum et al.

Los estudios de Crisp/Cook han demostrado que con frecuencia son asociados erróneamente el número de descendientes actuales con el cambio evolutivo que se atribuye al grupo. De este modo suele inferirse que los clados con menor número de descendientes actuales han experimentado menor número de cambios evolutivos

¹³⁶ LECOINTRE/LE GUYADER 2006.

que aquellos otros clados que poseen mayor número de descendientes actuales.¹³⁷ En consecuencia, si una imagen conduce a una estimación incorrecta del tamaño de los clados visualizados, no es raro que a este error se le sumen además conclusiones inciertas referentes a la *antigüedad* del grupo.

Pero la problemática de los cladogramas escalonados no se limita a este aspecto. En combinación con los problemas que surgen en relación a la proyección de los taxones actuales hacia los vértices internos, y la inferencia que la no-visualización de momentos de especiación significa caracteres ancestrales, facilitan estos diagramas la creación de sucesiones temporales ficticias. Así no será inusual que se interprete que *el hombre y el ratón han sido los últimos en aparecer en el proceso evolutivo descrito por la imagen, dado que primero aparecieron los peces, después los anfibios, los "reptiles" y finalmente los mamíferos, siendo el último de ellos el hombre*. No obstante, tanto pez como rana y lagarto son especies contemporáneas, cuya evolución parte del mismo lejano antecesor (señalado por la letra *y*) que la de los mamíferos. La lectura descrita no se corresponde por lo tanto en absoluto con el significado codificado de la imagen.

La construcción de secuencias ficticias se basa en parte en las informaciones que la imagen ofrece, dado que el cladograma en cuestión describe a una sucesión de eventos de especiación que son reales en cuanto a que el momento de especiación *y* precedió en el tiempo al momento de especiación *x*. De modo simultáneo surge sin embargo un error al atribuir la variable temporal no sólo a la dimensión vertical, (de abajo hacia arriba, como lo establece la imagen), sino también a la dimensión horizontal (de izquierda a la derecha).

El cladograma de la figura 111.1 es también escalonado, aunque en este caso se posicionan los diferentes momentos de especiación en la diagonal izquierda. Si interpretáramos ahora esta imagen siguiendo a los momentos de especiación, surgiría una historia opuesta, aunque igualmente incierta, a la que inferíamos de la ilustración anterior: *las aves y los cocodrilos han sido los últimos en aparecer en el proceso evolutivo descrito por la imagen, dado que primero han aparecido los mamíferos, después las tortugas, los lagartos y los crocodilos, y por último las aves*: El hecho que se represente

¹³⁷ CRISP/COOK 2005.

con mayor detalle al grupo de los *saurópsidos* debería provocar esta interpretación.¹³⁸ Pero en esta diagrama entran en conflicto esta interpretación incorrecta con el otro error descrito, que supone que la variable temporal se extiende por la horizontal (de izquierda a derecha). El trabajo de Mair/Perry/Herron/Kingsolver demuestra que gran cantidad de los estudiantes han adoptado por esta segunda interpretación, leyendo entonces la sucesión de los momentos de especiación de modo inverso (de arriba hacia abajo, empezando por *P* y acabando por *N*).¹³⁹ Nuestra dirección de lectura convencional (de izquierda a derecha) parece regir también en este caso la interpretación de la imagen, dando origen a una secuencia ficticia a través de los vértices terminales que se inicia con los pájaros y que concluye con los mamíferos.

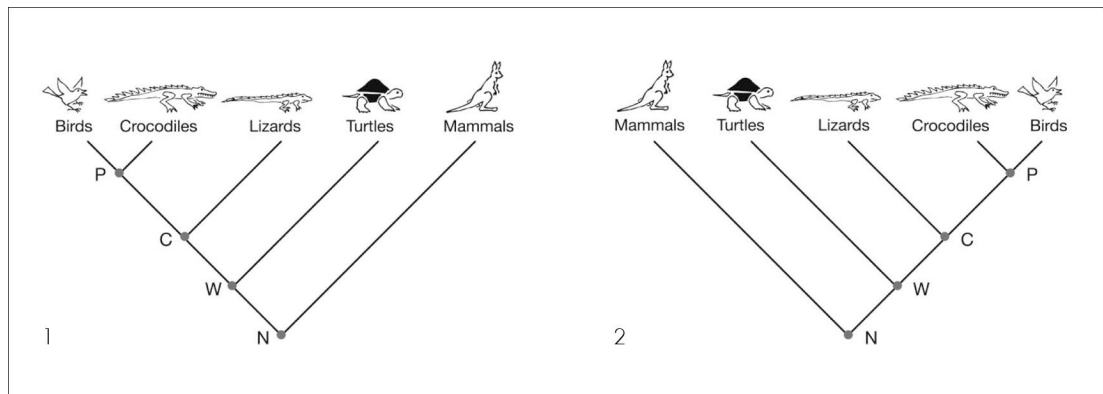


Fig. 111: Dos cladogramas de idéntico contenido. 1. Ejemplo empleado por Mair et al. para su estudio. 2. Variante realizada por P. López Grüninger.

Para la imagen 111.2 se ha girado el mismo cladograma sobre su raíz *N*, de modo que ahora los vértices internos se ordenan sobre la diagonal derecha. El contenido expresado por ambas figuras es idéntico. La lectura ascendente de la secuenciación de los nodos (*N* existió antes que *W*, *C* y *P*, siendo *P* el más reciente) surge ahora sin problema, al contrario de lo que sucedía en la variante 111.1. Esto se debe probablemente a que esta interpretación coincide esta vez con la lectura hori-

¹³⁸ Resulta interesantes que los nombres que se hallan inscritos bajo las ilustraciones se correspondan todos con la denominación habitual de aquello que visualiza el dibujo (pájaro, cocodrilo, lagarto, tortuga) salvo en el último ejemplo, donde bajo la figura del canguro se halla el término mamífero. Esto ejemplifica los problemas que surgen a la hora de atribuir una ilustración figurativa a un término abstracto.

¹³⁹ MEIR/PERRY/HERRON/KINGSOLVER 2007.

zontal de los vértices (desde el centro del cladograma hasta el margen derecho), lo que debería llevar entonces a inferir la siguiente secuenciación: *los mamíferos han sido los primeros, y las aves y los cocodrilos los últimos en aparecer en el proceso evolutivo descrito por la imagen.*¹⁴⁰ Recordemos sin embargo que esta interpretación también es incorrecta, dado que el cladograma expresa únicamente el mayor o menor grado de parentesco que surge entre los grupos descritos, y nunca una secuenciación temporal de grupos actuales.

Al comparar estas imágenes resulta evidente que el principio que prevalece en la decodificación de cladogramas escalonados será aquél que más fácilmente sea compatible con nuestra dirección de lectura habitual, ya implique eso que para ello la *escalera de vértices* deba ser descendida (fig. 111.1) o ascendida (111.2). La comprensión de que la variable temporal se expresa únicamente a través de la ordenada (la codificación establecida por la imagen) no suele lograr imponerse.

Es muy probable que la existencia de la tipología de la *serie gráfica*, en especial aquellas que visualizan transformaciones (fig. 100), influyan de manera significativa en estos errores interpretativos. No cabe duda que la lectura convencional de imágenes independientes suele seguir nuestra dirección de lectura: así, las viñetas de cómic, por ejemplo, suelen secuenciarse de izquierda a derecha.

La lectura horizontal no sólo sugiere conclusiones temporales, sino también de parentesco, dado que otro error frecuente consiste en considerar a aquellas especies que se hallen contiguas unas a otras como más próximamente emparentadas.¹⁴¹ En la imagen 111.1 surgen interpretaciones que consideran como parientes más próximos de la *tortuga* a los *lagartos* y los *mamíferos*, por hallarse éstos más cercanos a ella. En realidad está la *tortuga* más próximamente emparentada con todas las especies que constituyen el clado de los *diápsidos* (el pájaro, el cocodrilo y el lagarto), dado que comparte con éste un antecesor común (señalado por la letra W). El grado de parentesco entre *tortuga* y *mamífero* a cambio es el mismo que por ejemplo entre pájaro y *mamífero*, dado que el clado de los *saurópsidos* (constituido por pájaros,

¹⁴⁰ Resultaría interesante averiguar si nuestro sistema conceptual permite esta interpretación del diagrama, dado que contradiría la secuenciación habitual (antropocéntrica) del orden de lo natural.

¹⁴¹ BAUM/SMITH/DONOVAN 2005; MEIR/PERRY/HERRON/KINGSOLVER 2007, p.73.

cocodrilos, lagartos y tortugas) comparte con los mamíferos un antecesor común (señalado por la letra N).

Para eludir la interpretación incorrecta de los cladogramas escalonados aconsejan múltiples autores que se opte por una organización espacial diferente, evidentemente sin alterar la topología original del cladograma. Las dos variantes realizadas por Baum et al. (fig. 112) ejemplifican cómo en el segundo diagrama se ve dificultada la lectura horizontal. Sin duda se debe esto a que el orden de las aristas y los vértices no parecen sugerir una secuencia, como sucede con la primera variante; por otra parte influye seguramente también el hecho que no seamos capaces de inferir una *lógica* de la secuencia resultante (de pez a lagarto a humano a ratón a rana), dado que no logramos interpretar a ésta desde la perspectiva antropocéntrica que aun hoy prevalece en nuestra cultura.¹⁴²

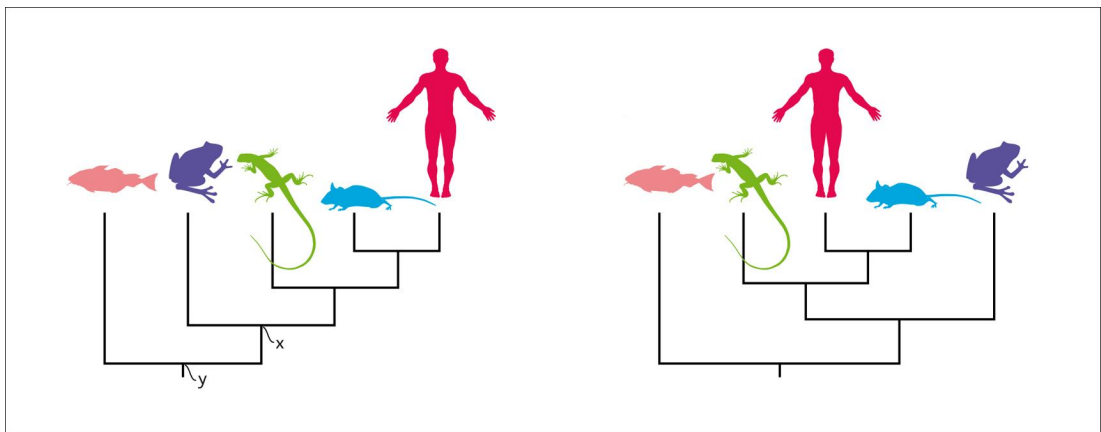


Fig. 112: Dos cladogramas de idéntico contenido. 1. escalonado. 2. no escalonado.

Es cierto que resulta más difícil deducir un orden evolutivo de esta segunda variante visual (fig. 112.2); la lectura horizontal de la imagen se ve claramente impedida. No obstante, sigue siendo posible comprender a los peces como la especie más *ancestral* del grupo, atribuyéndoles el menor cambio evolutivo, dado que aparentemente no han experimentado sucesivas ramificaciones, como sí ha sucedido con los mamíferos. El hecho que exista una única línea de ramificación, por muy disimulada que ésta se halle por la estructura de la imagen, es problemática.

¹⁴² SANDVIK 2009; BAUM/SMITH/DONOVAN 2005; MEIR/PERRY/HERRON/KINGSOLVER 2007; O'HARA 1992.

Un cladograma equilibrado lograría suprimir estos problemas de modo mucho más eficaz (fig. 113). Esta visualización muestra un fragmento más reducido del mundo animal, dado que para visualizar a todos los grupos presentes en la ilustración original (fig. 112.1) de manera equilibrada sería necesario crear un árbol binario de 16 vértices terminales. No obstante, la interpretación de la evolución como evento direccional que lleva a una determinada especie se ve dificultada, pues la evolución sucede de modo paralelo en ambos grupos representados (*saurópsidos* y *mamíferos*). Se han mantenido las ilustraciones originales para facilitar la comparación, aunque hubiera sido mejor elegir a dos representantes de los mamíferos más variados, dado que ambos pertenecen a los placentarios, lo cual parece excluir del grupo de los mamíferos a marsupiales y monotremas. También la figura humana, que en la versión original implicaba probablemente un cierto aspecto irónico, resulta algo problemática en esta ilustración.

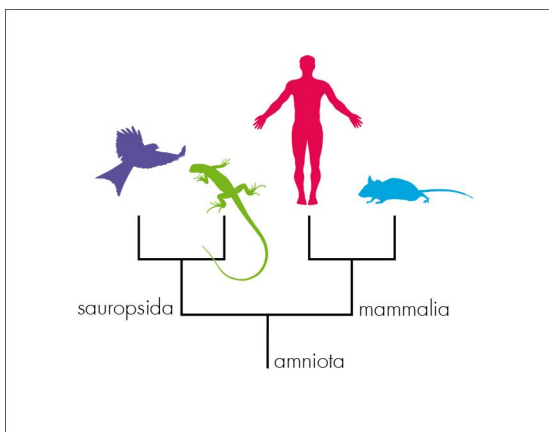


Fig. 113: Cladograma equilibrado

Los problemas a los que se enfrenta la interpretación correcta de los cladogramas son, como hemos visto, múltiples. Con ella interfieren convenciones, como aquella de la dirección de lectura, que no sólo rige nuestra comunicación textual, sino también nuestra comunicación visual. También los antecedentes gráficos obstaculizan de manera significativa la decodificación establecida para los contenidos de estas imágenes. Diagramas históricos, procedentes del campo de la biología, siguen gozando aun hoy de cierta presencia pública; el hecho que sus códigos resulten a menudo más intuitivos que aquellos establecidos por los cladogramas complica sin duda la situación. También los temas visualizados conservan una cierta permanen-

cia: durante siglos ha sido habitual ordenar o agrupar a las especies según su parecido; no es por lo tanto sorprendente que se traten de interpretar a los cladogramas hoy desde esta perspectiva. Desde mediados del siglo XIX es usual asimismo representar el desarrollo de los diferentes grupos a través del tiempo; comprender ahora que los cladogramas no muestran el desarrollo temporal de las especies, sino únicamente su relación de parentesco, contraria en cierta forma a nuestra alfabetización visual. También las secuencias de transformaciones constituyen un género gráfico establecido: escapar a su influencia interpretativa resulta prácticamente imposible. Las consecuencias que implican estos fenómenos se reflejan en el hecho que sea habitual que se busquen respuestas en los cladogramas que sin embargo no se hallan contenidos en ellos. A estas dificultades se le suman los problemas basados en la percepción visual de los diagramas, y aquellos otros que surgen de nuestra tendencia hacia visiones antropocéntricas, dado que se tenderá a favorecer aquellas interpretaciones que mejor se adapten a este ideario.

Los autores de los diferentes estudios proponen como solución al problema unánimemente aumentar la atención dedicada a la enseñanza de los cladogramas. Muchos cifran asimismo su esperanza en el acceso generalizado por parte del alumnado a programas interactivos, como por ejemplo el *evoBeaker*, de modo que puedan aprender la sistemática de los cladogramas a través de la manipulación directa de las estructuras visuales.¹⁴³ No cabe duda que ambos aspectos son centrales para optimizar la comprensión de estos diagramas.

Pero el hecho que se trate de abstracciones tan extremas, que contradigan a hábitos visuales y convenciones de un modo tan radical, convierten a la situación en una verdadero desafío para la enseñanza. Mientras que la comprensión exacta y detallada de la sistemática implícita en los cladogramas es sin duda imprescindible para los estudiantes universitarios dedicados a estudios biológicos, cabe cuestionarse si es realista esperar que pueda alcanzarse esta meta ya en la enseñanza media. Es probable que para éste ámbito resulte más productivo eliminar directamente del repertorio gráfico a aquellas visualizaciones que permitan más fácilmente inferir conclusiones erróneas al respecto de lo representado. Con el abandono del

¹⁴³ Para presentaciones de este software, véase <http://simbio.com/products-college/EvoBeaker>
Consultado en línea el 1.8.11.

estilo triangular, como lo proponen Novick/Catley, se logrará sin duda suprimir a uno de los grandes problemas de comprensión. Si además se fomentara el uso de cladogramas equilibrados, desechando en especial las estructuras escalonadas, y se evitaran aquellas imágenes que representan a los procesos evolutivos de manera excesivamente simplificada, como sucede por ejemplo con la figura 110 , podrían eliminarse la mayor parte de malentendidos que surgen en este contexto. Es por ello esencial y necesario realizar estudios que profundicen en esta temática, con el fin de optimizar el proceso comunicativo entre la imagen y el usuario.

3.2.5 Discusión: La metáfora de árbol

Se han visto cuatro ejemplos o grupos de ejemplos gráficos que hacen uso de diagramas de estructura ramificada para expresar visualmente la clasificación o sistemática biológica que sus autores reconocen, las hipótesis que sus autores defienden.

Algunas de ellas son lo que pueden considerarse metáforas visuales (Augier y Haeckel), otras son de carácter abstracto, y sólo puede reconocerse un aspecto de asociación metafórica estructural. También a nivel verbal se diferencian en cuanto a la componente metafórica: mientras que Augier hablaba del *árbol botánico* para referirse a su diagrama, se refería Haeckel a sus *árboles genealógicos*. Darwin, aunque describe en su texto una metáfora de árbol, emplea sin embargo el término *diagrama* para hacer referencia a su visualización. Y las estructuras contemporáneas llevan el nombre específico *cladograma*, aunque es habitual referirse a estas estructuras de manera generalizada como árboles.

El uso de metáforas para la naturaleza a nivel verbal y descriptivo no es nuevo.¹⁴⁴ También metáforas concretas, como la del árbol posee una historia larga, fuera de la sistemática biológica.¹⁴⁵

En la actualidad existen diversas posiciones teóricas que adscriben a la figura del árbol una serie de significados fijos. La obra central, con la que se inició la discusión, es la obra de los filósofos Deleuze y Guattari, que reconocieron en el árbol el mal de todo, y propusieron al rhizoma, de estructura reticular, como alternativa positiva.¹⁴⁶

Aun hoy tiene la imagen del árbol mala prensa, en ámbitos filosóficos e históricos, aunque en la biología sigue siendo el tema central. Al árbol se le atribuye posiciones antropocentristas, considerándolo como símbolo del progreso, en el que se asciende hacia la copa, en la que culmina y reina el hombre. No cabe duda que este significado se halla en múltiples imágenes, como hemos visto. No obstante, resulta más que cuestionable si esta interpretación es aplicable a todo los árboles.

¹⁴⁴ NORWICK 2006.

¹⁴⁵ SIEGEL 2004, SIEGEL 2008, BOGEN/THÜRLEMANN/PATSCHOVSKY 2003,....

¹⁴⁶ DELEUZE/GUATTARI

El primer problema que se plantea en esta discusión es de carácter teminológico. Aun siendo muy habitual hablar de *árboles*, no existe una definición uniforme compartida por las diferentes disciplinas que la emplean. En unos casos, como sucede con la teoría de grafos (de hecho, el único ámbito que posee una definición precisa) hace referencia el vocablo únicamente a aspectos estructurales de la imagen, sin tener en cuenta ni a la organización espacial ni al tipo de variables que ordenan al diagrama. Así serán árboles todas aquellas estructuras que un único camino lleva de a a b . No siempre tendrán que ser las habituales estructuras ramificadas, una línea también es un árbol.

En otros casos se considera como *árbol* a toda aquella figura que posea atributos vegetales (elementos decorativos como hojas, corteza o raíces), independientemente de si la estructura que le subyazca sea ramificada, lineal o reticular.

Otros casos consideran como *árbol* a las imágenes que impliquen una asociación metafórica estructural que permita conectarlas a este concepto, es decir, que presenten cierto parecido con un árbol, sin necesidad de que haga uso de elementos figurativos.

Según la definición que se elige se dará origen a agrupaciones de ejemplos gráficos completamente diferentes. La constelación resultante permitirá entonces llegar a una u otra conclusión, dependiendo de las características que compartan los diagramas del grupo en cuestión.

Pero también la metáfora es flexible, aunque exista desde hace mucho tiempo. En la interacción que crea entre dos sujetos, dado que una metáfora aplica una conexión entre característica del sujeto primario y secundario. Nunca se podrá aplicar la totalidad de características del sujeto secundario al primario, porque entonces ambos tendría que ser un mismo objeto o concepto.

Cuando la imagen implica una metáfora visual, queda patente que el autor de la misma ha creado intencionadamente un enlace entre un elemento figurativo y el concepto abstracto visualizado por el diagrama. No obstante, que dos imágenes diferentes hagan uso de una misma metáfora visual, no significa que ambas deseen proyectar los mismos atributos del sujeto secundario sobre el sujeto primario. De este modo puede subrayar una misma metáfora en diferentes contextos distintos aspectos del sujeto primario, como se ha visto en los diagramas estudiados.

Se observan en consecuencia dos tendencias: mientras que unos autores no les supone problema englobar a diferentes significados bajo una misma metáfora, existen otros que se dedican a precisar la tipología, diferenciando entonces por ejemplo al *árbol* del *arbusto* y del *coral*.

Mientras que Augier empleaba la metáfora como sistema de sucesión direccionada, pues las ramas le permiten establecer una jerarquía inclusiva, a la que superpone un código de perfección a través de la altura vertical en la que se hallan los elementos. No implicaba su uso sin embargo la idea de temporalidad. En su caso, visualiza el árbol simultáneamente una jerarquía inclusiva y excluyente. El desarrollo temporal se convierte en parte de la idea central de la teoría evolutiva de Darwin. Al tratarse su una estructura claramente temporal le crea problemas asociarlas a la idea de árbol, pues éste realmente no puede tener un tronco muerto, y seguir viviendo en las hojas, lo que sí es aplicable es la idea de crecimiento, de desarrollo a través del tiempo y de ramificación y multiplicación. Darwin se planteó como alternativa a árbol la idea de coral, permite tener las bases muertas, y crecer.

Bredenkamp vuelve a retomar esta metáfora de *coral*, argumentando que los árboles de Darwin siempre han sido corales. No cabe duda que ésto es cierto si se comprende como *coral* a un diagrama ordenado estrictamente según criterios temporales, es decir, en la que sólo la última capa visualiza el presente. No obstante, Bredenkamp introduce un momento la idea de lo reticular, dado que las estructuras de los corales pueden volver a crecer juntos (el proceso de anastomosis o fusión que puede ser observada a veces entre ramas. Esto ha llevado a reacciones negativas, dado que Darwin no ha hace referencia en ningún momento a que imagina la evolución como estructura reticular.¹⁴⁷ Así pues, también la metáfora de coral implica ciertas dificultades a la hora de ser proyectada sobre el fenómeno al que describe.

Otros autores, como Gould, promueven la metáfora de *arbusto*, para oponerse así a la idea del crecimiento direccional, que puede ser expresado a través del tronco recto, que de modo determinado asciende en línea recta hacia la cumbre. La imagen del arbusto permite además imaginar una estructura más irregular. En cuanto a la regularidad realiza Gould una crítica específica a los árboles cónicos habituales (los no centralizados, en los que el número de ramas se multiplican conforme asciende).

¹⁴⁷ TASSY 2011, p.5.

No obstante, aunque critica aspectos formales de estas imágenes, se dirige en realidad su crítica a la teoría que subyace a la visualización. Así, pues, en razón a la teoría del *equilibrio punteado* que él propuso junto a Nils Eldredge en 1973, critica que éstos aumente el número de ramas de forma constante y regular, proponiendo a cambio una estructura más irregular. Pero lo que es cierto es que el hecho que la mayoría de las visualizaciones sólo visualizan aquellos especímenes que han logrado dar origen a sucesores variados con éxito, eliminando a aquellos que se han extinguido sin dejar descendientes, ofrece una imagen de constante aumento, dado que el número de especies actuales es necesariamente superior a la especie original.

Hoy en día empieza a cuestionarse en el ámbito de la biología, si la figura que deba expresar el origen de todo lo orgánico realmente equivale a la figura de un árbol. El traspaso horizontal de genes cuestiona seriamente la teoría de las ramas independientes que se divergen sucesivamente. También en el reino vegetal se han observado procesos de hibridación que han dado origen a nuevas especies capaces de reproducirse. Por ello, surge con frecuencia la imagen de red en las últimas décadas. El problema que surge aquí con las metáforas, tanto de árbol como red, es que ambos presentan un único tipo de estructuración (ramificada o reticular). En vista a los datos que surgen hoy de los conocimientos biológicas parece sin embargo que la figura de la evolución deberá ser una estructura compuesta por zonas reticuladas y otras ramificadas.

Pese a la flexibilidad que poseen las metáforas visuales, dado que una misma metáfora puede ser utilizada para expresar diferentes significados, es necesario plantearse hasta que punto existen significados que, a través de los siglos, han ido conectándose a la tipología misma del diagrama ramificado. Autores como Deleuze/Guattari, Bredekamp o Clark defienden esta posición, adscribiendo a los *árboles* un significado cultural que prevalecerá por encima de los códigos específicos que rijan la visualización. Será necesario cuestionar si las interpretaciones que los autores citados adscriben a los *árboles* se hallan tan arraigados en la sociedad que impiden leer las imágenes del modo intencionado, o si son los conocimientos previos propios de las disciplinas a la que pertenecen los autores, los que les hacen llegar a estas conclusiones. Desde la perspectiva de este trabajo, se tiende a defender que son determinadas tipologías (aquellas que visualizan datos no-estrictamente temporales, de organización orgánica) los que permitirán estas asociaciones.

CAPÍTULO 4

Conclusiones

Conclusiones

Una vez cumplidos los diferentes objetivos planteados, referentes tanto a las imágenes a las que se dedica el presente trabajo, como al proceso de diseño e interpretación de éstas, se confirma que los diagramas cualitativos no pueden ser considerados como imágenes monosémicas, pues en su proceso de interpretación no sólo se tienen en cuenta los códigos establecidos, tanto espaciales como formales, sino que intervienen igualmente aspectos perceptivos (relacionados generalmente con los procesos de agrupación perceptual), convencionales (vinculados con el contexto cultural en el que se inscribe la visualización) y asociativos (la lectura simbólica o metafórica de la imagen y sus elementos constituyentes).

Aunque la interpretación perceptiva, convencional, o asociativa puede ser intencionada, es decir, puede haber sido prevista por el diseñador, es frecuente que sea accidental, que incluso contradiga el significado expresado a través de los códigos. Uno de los mayores problemas lo constituye el hecho que estos tipos de interpretación no suelen percibirse conscientemente, pues al tratarse de aspectos que se hallan inscritos en la cultura y la misma existencia física humana, forman parte, también, de la manera en la que pensamos sobre los temas en cuestión. La imagen será siempre un constructo histórico y cultural, que refleja el hábito y la ideología del contexto en el que se origina.

En general puede establecerse que cuanto más débil sea la codificación, es decir, cuanto menor significado guarden los elementos gráficos y el espacio utilizado, mayor será la probabilidad de que surjan interpretaciones no intencionadas por el autor del diagrama. Además, es necesario tomar conciencia que en el ámbito de lo visual no existen los elementos neutros o libres de significado, toda expresión gráfica tenderá a ser interpretada. Se trata de un problema ineludible, arraigado en las propias limitaciones del medio. Así, una línea recta será considerada como mecánica, industrial e impersonal, mientras que la línea ondulada será interpretada como algo orgánico, natural y personal. Lo mismo sucede con la distribución espacial. Si se desconoce el orden que una serie de elementos guardan entre sí, serán visualizados sobre un espacio no-codificado. No obstante, es inevitable que el orden que adquieran en la traducción visual, ya sea una distribución irregular o al contrario equidistante, será comprendido como reflejo del orden real al que visualizan. La creación de variantes visuales puede suponer un método eficaz para relativizar las interpretaciones que surgen de una traducción visual específica. Lo que en el medio impreso era aun un propósito inalcanzable, tanto por cuestiones económicas como espaciales, es hoy, con el medio digital, una opción de gran interés.

Resulta muy difícil predecir de modo definitivo la manera en la que un diagrama será interpretado. No cabe duda que en ciertos contextos profesionales puede darse una interpretación establecida. Cuanto mayor es el grado de estandarización de una imagen, menor el margen interpretativo. No obstante, esa misma estandarización dará origen a múltiples conflictos si la imagen pasa del ámbito de lo profesional al de lo público, al desconocer los nuevos espectadores los códigos que rigen la visualización. Los cladogramas, utilizados en diversas disciplinas biológicas, ejemplifican esta situación con claridad.

Los estudios que conciernen a la relación existente entre tipología y significado, establecidos como objetivos en este trabajo y realizados en el transcurso del mismo, han dejado patente que no resulta productivo fijar un significado global a una tipología específica de diagrama, dado que cada visualización presenta una situación interpretativa tan particular y compleja, que deberá ser estudiada de modo independiente.

En cuanto a la codificación de estas imágenes, se puede afirmar que es posible traducir diferentes contenidos a través de una misma tipología. En los diagramas ramificados que se han examinado en este proyecto se ha constatado que la dimensión vertical puede expresar distintas variables. El significado de las imágenes varía en razón a esta cambiante codificación espacial. Mientras que algunas visualizan la creciente perfección, expresan otras la simple temporalidad. Queda confirmado que el diagrama posee un elevado grado de flexibilidad, el cual, partiendo de una misma estructura, le permite visualizar diferentes contenidos.

En los ejemplos estudiados se ha apreciado con cierta frecuencia un fenómeno que podría describirse como la existencia de *códigos encubiertos*: una serie de principios que rigen de modo aproximativo el orden de los elementos de la imagen, sin que sean declarados abiertamente como *códigos*. Esta situación surge a menudo en los cladogramas, donde, mientras que la ordenada codifica de modo explícito la sucesión temporal, expresa la abscisa de modo implícito un nada claro concepto de “creciente complejidad”, que acaba culminando entonces en el extremo superior derecho en el hombre. No cabe duda que la existencia de estos *códigos encubiertos* da origen a una extraña ambigüedad, en la que pueden coexistir simultáneamente interpretaciones contradictorias de una misma imagen. También surgen situaciones conflictivas al interferir en la lectura establecida aspectos perceptivos. Así es habitual que usuarios no-expertos tiendan a comprender en los cladogramas la proximidad entre los especímenes como significativa.

Existen diferentes posiciones teóricas que adscriben a los *árboles* un significado cultural e histórico fijo. En el transcurso de este trabajo se han identificado una serie de problemas metódicos que complican esta discusión:

- Aun siendo muy habitual hablar de *árboles*, no existe una definición uniforme compartida por las diferentes disciplinas que la utilizan. Según la definición que se elija se dará origen a agrupaciones de ejemplos gráficos completamente diferentes. La constelación resultante permitirá entonces llegar a una u otra conclusión, dependiendo de las características que compartan los diagramas del grupo en cuestión.
- No suelen basarse estas teorías en un análisis detallado del modo en el que se constituye el significado en una imagen o una serie de imágenes concretas. Por ello resulta complicado averiguar si realmente es la idea de *árbol* la que da ori-

gen a estas interpretaciones a nivel asociativo, o si son provocadas por medio de los códigos propios de la visualización.

El estudio realizado en este trabajo deja patente que diagramas de apariencia similar pueden expresar contenidos muy diversos. Cabe plantearse sin embargo la existencia de una serie de ideas preconcebidas, conectadas a las estructuras ramificadas mismas, que impidan sistemáticamente la interpretación correcta de los códigos establecidos. Las imágenes analizadas hasta el momento parecen sugerir más bien que estas asociaciones se hallen ligadas no a una *tipología* entera, sino a ciertas *topologías* específicas. Ofrecer una respuesta concluyente a esta cuestión traspasa sin embargo los márgenes de este proyecto, dado que para ello sería necesario realizar una serie de estudios de carácter cuantitativo.

A modo de resumen, puede establecerse que los medios digitales han cambiado notablemente el papel que las imágenes desempeñan en la comunicación, tanto profesional como privada, al simplificar los procesos de generación, de reproducción y de almacenamiento. Adquirir mayor conocimiento sobre la manera en la que estas imágenes transmiten su contenido es central para optimizar el proceso comunicativo. Es por ello muy importante que se fomenten los estudios en torno al tema del diseño de información, donde el ámbito de los diagramas cualitativos ha sido especialmente descuidado. Es necesario además que los mismos diseñadores se concienten de la problemática no siempre evidente que estas visualizaciones encierran. Sólo así, podrá garantizarse que las situaciones de excesiva ambigüedad sean evitadas, y que aquellas que son ineludibles, sean tematizadas a través de la misma generación de imágenes.

También, es necesario fomentar la *alfabetización visual* [visual literacy] entre los “consumidores” de imágenes. Mientras que la alfabetización (verbal) forma parte de toda educación básica, no se presta igual atención a formar la capacidad de interpretación de imágenes y la comunicación a través del uso de éstas, a pesar de la creciente urgencia que presenta el tema. La alfabetización visual es imprescindible para lograr que los usuarios dispongan de herramientas analíticas para enfrentarse de manera crítica y consciente al omnipresente material visual al que todos nos hallamos expuestos hoy en día.

Conclusions

Once the proposed objectives have been met, both regarding the images in this project and the process of their design and interpretation, it is confirmed that qualitative diagrams cannot be considered as monosemic images, as their process of interpretation does not only take the set spatial and formal codes into account, but perceptual aspects are also found to intervene (those generally related to the processes of perceptual grouping), as well as conventional (linked to the cultural context in which the visual display resides) and associative (symbolic or metaphorical reading of the image and its components) aspects.

Although perceptual, conventional or associative interpretation may be intentional, i.e. it may have been planned by the designer, it is often accidental, even to the point of contradicting the meaning expressed through the codes. One of the major problems is the fact that these types of interpretation are usually not consciously perceived, as they deal with aspects that form part of the culture and physical human existence itself, and consequently of the way in which we think about the subjects in question. Image will always be a historical and cultural construct that reflects the habits and ideology of the context in which it is created.

In general, it may be said that the weaker the coding, i.e. the less meaning held by the graphic elements and the space used, the greater the probability that interpretations will arise that were not intended by the diagram's creator. Furthermore, it is important to be aware that there are no neutral elements or elements with no meaning in the realm of the visual; every graphic expression will tend to be interpreted. This is an inevitable problem that is deeply rooted in the medium's own limitations. So a straight line will be considered as mechanical, industrial or impersonal, whereas a wavy line will be interpreted as something organic, natural and personal. The same occurs with space distribution. If one is unaware of the existing order between a series of elements, they will be viewed on a non-coded space. Nevertheless, the order that they acquire in the visual translation, whether an irregular or equidistant distribution, will inevitably be understood as a reflection of the real order being depicted. The creation of visual variants may be an efficient method for relativising the interpretations that arise from a specific visual translation. What in

printed media was still an unattainable goal, due to economic as well as spatial reasons, is today, with digital media, a very attractive option.

It is extremely difficult to predict exactly how a diagram is going to be interpreted. There is no doubt that in certain professional contexts a set interpretation may be the case. The greater an image's standardisation, the lower the margin for interpretation. Nevertheless, that same standardisation will give rise to multiple conflicts if the image passes from the professional to the public realm, as the new spectators do not know the codes that govern the visual display. Cladograms, used in a wide range of biological disciplines, are a clear example of this situation.

Studies carried out as part of this research concerning the relationship between typology and meaning, which are this project's objectives, have clearly shown that it is not productive to award a global meaning to a specific diagram typology, given that each visual display brings with it its own complex interpretation situation, which should be studied independently.

As far as the coding of these images is concerned, it may be said that it is possible to translate different contents using one single typology. In the branching diagrams studied as part of this project, the vertical dimension has been shown to be able to express different variables. The images' meaning will vary according to this changeable space coding. While some depict growing perfection, others simply express temporality. The diagram has been confirmed to be highly flexible, enabling different contents to be displayed on the basis of just one structure.

In the examples in this study, a phenomenon that could be described as the existence of *covert codes* has often been observed: these are a series of principles that roughly control the order of an image's elements, without being openly declared as codes. This situation frequently occurs in cladograms, where the ordinate explicitly codes the time sequence, while the abscissa implicitly expresses a rather unclear concept of "growing complexity", which then culminates at the top right end, with man. The existence of these covert codes undoubtedly gives rise to a strange ambiguity, in which contradictory interpretations of the same image can be simultaneously present. Conflicts can also arise when perceptual aspects interfere in the set reading. So it is common for non-expert users to understand the proximity between species shown on the cladograms to be significant.

There are different theoretical positions that attribute a set cultural and historical meaning to the *trees*. In the course of this work, a number of methodical problems have been identified, which complicate this discussion:

- Even though it is very common to talk of trees, there is no uniform definition shared by the different disciplines that use the term. Depending on the chosen definition, completely different groups of graphic examples will be created. The resulting constellation will consequently lead to one conclusion or another, depending on the characteristics shared by the diagrams in the group in question.
- These theories are not usually based on a detailed analysis of the way in which the meaning of an image, or a series of specific images, is formed. This makes it difficult to find out whether it is actually the idea of the *tree* that gives rise to these interpretations on an associative level, or whether they are brought on through the codes of the visual display.

This research study clearly shows that diagrams of a similar appearance can express very different contents. Nevertheless, it is worth considering the existence of a series of preconceived ideas connected to the branching structures themselves, which systematically prevent the correct interpretation of the established codes. The images that have been analysed to date appear to suggest that these associations are, in fact, not linked to an entire *typology*, but to certain, specific *topologies*. To offer a conclusive response to this question, however, goes beyond the confines of this project, as to do so would require a series of quantitative studies to be carried out.

By way of summary, digital media can be established as having considerably changed the role of images in both professional and private communication, as they have simplified the processes of generation, reproduction and storage. It is essential to acquire greater knowledge of the way in which these images transmit their content, in order to optimise the communication process. This is why it is of the utmost importance to encourage studies on the subject of information design, where the area of qualitative diagrams has been particularly neglected. The designers themselves also need to become aware of the problems that these visual displays entail, which are not always evident. Only then will situations of excessive ambiguity be avoided, and those that are inevitable will be thematised through the generation of images.

It is also necessary to promote visual literacy among image “consumers”. While verbal literacy forms part of any basic education syllabus, the same attention is not paid to training the capacity to interpret images and to communication through their use, despite the fact that there is growing urgency in this field. Visual literacy is crucial to making analytical tools available to users so that they can critically and consciously tackle the omnipresent visual material to which we are all exposed in today’s world.

Bibliografía

- ABRIL, Gonzalo (2007). *Análisis crítico de textos visuales. Mirar lo que nos mira*. Madrid: Síntesis.
- ACASO, María (2006). *El lenguaje visual*. Barcelona: Paidós.
- ACKERMAN, James S. (2002). *Origins, imitation, conventions. Representation in the visual arts*. Cambridge MA: MIT Press.
- ADANSON, Michel (1763). *Familles des plantes*. Paris: Vincent.
- AGASSIZ, Louis (1833-43). *Recherches sur les poissons fossiles*. Neuchatel: Petitpierre.
- AIGA (American Institute of Graphic Arts, New York Chapter) (2009). *In/Visible: Graphic data revealed*. [Fresh dialogue nine: New voices in graphic design]. New York: Princeton Architectural Press.
- AKERMAN, James R.; KARROW, Robert W. (eds.) (2007). *Maps. Finding our place in the world*. Chicago: University of Chicago Press.
- ALESSANDRI RODRÍGUEZ, Arturo; VODANOVIC, Antonio; SOMARRIVA, Manuel (1998). *Tratado de derecho civil. Partes preliminar y general, tomo 1*. Santiago de Chile: Editorial Jurídica de Chile.
- ALTRAN, Scott (1990). *Cognitive foundations of natural history. Towards an anthropology of science*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- ALTRAN, Scott; MEDIN, Douglas (2008). *The native mind and the cultural construction of nature*. Cambridge MA: MIT Press.
- ARCHIBALD, J. David (2009). "Edward Hitchcock's pre-Darwinian (1840) «Tree of Life»". En *Journal of the History of Biology*, vol. 42, pp. 561-592.
- ARNDT, Henrik (2006). *Integrierte Informationsarchitektur. Die erfolgreiche Konzeption professioneller Websites*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- ARNHEIM, Rudolf (1986). *El pensamiento visual*. Barcelona, Buenos Aires, México: Paidós. [1ª ed. en francés 1969].
- AUGIER, Augustin (1801). *Essai d'une nouvelle classification des végétaux, conforme à l'ordre que la nature paroît avoir suivi dans le règne végétal; d'où résulte une méthode qui conduit à la connoissance des plantes et de leurs rapports naturels*. Lyon: Bruyset Ainé.
- BAHN, Peter (1986). *Familienforschung, Ahnentafel, Wappenkunde. Wege zur eigenen Familienchronik*. Niedernhausen: Falken.
- BARSANTI, Giulio (1992). *La scala, la mappa, l'albero. Immagini e classificazioni della natura fra sei e ottocento*. Florencia: Sansoni.

- BARTHES, Roland (1986). "La retórica de la imagen." En R. BARTHES: *Lo obvio y lo obtuso: imágenes, gestos, voces*. Barcelona, Buenos Aires: Paidós, pp. 29-47.
[1ª publicación del artículo en francés en la revista *Communications*, 1964, nº 4, pp. 40-51].
(1999). *Mitologías*. Madrid: Siglo XXI. [1ª ed. en francés 1957].
- BATSCH, August J.G.C. (1801). *Grundzüge der Naturgeschichte des Gewächs-Reichs, Theil 1*. Weimar: Industries Comptoirs.
- BAUM, David A.; SMITH, Stacey D.; DONOVAN, Samuel S. (2005). "The tree-thinking challenge." En *Science*, vol. 310, nº 5750, pp. 979-980.
- BENIGER, James R.; ROBYN, Dorothy L. (1979). "Quantitative graphics in statistics: A brief history." En *The American Statistician*, vol. 32, pp. 1-11.
- BEN-MENACHEM, Yemima (2006). *Conventionalism*. Cambridge NY: Cambridge University Press.
- BERTIN, Jacques (1967). *Sémiologie graphique: Les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris: Mouton.
(1970). "La graphique." En *Communications*, vol. 15, pp. 169-185.
(1974). *Graphische Semiologie*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- BEUTELSPACHER, Albrecht (2007). *Diskrete Mathematik für Einsteiger: Mit Anwendungen in Technik und Informatik*. Wiesbaden: Vieweg.
- BEVINGTON, William (2007). "A visualization based taxonomy for informative representations: Introduction and overview." En *PIIM Paper*, nº 1, parte 1.
[Publicación en línea, consultada el 01.04.11].
<http://piim.newschool.edu/research/PIIM-PAPERS>
- (2008). "A visualization based taxonomy for informative representations: Identifying images with icon schematics." En *PIIM Paper*, nº 1, parte 3.
[Publicación en línea, consultada el 01.04.11].
<http://piim.newschool.edu/research/PIIM-PAPERS>
- BEVINGTON, William; ANDERSON, William (2010). "Complications and adjacencies: An organizing logic for information graphics." En *Parsons Journal for Information Mapping*, vol. 2, nº 3. [Revista digital, consultada el 01.04.11].
<http://piim.newschool.edu/journal/issues/2010/03/>

- BIDERMAN, Albert D. (1990). "The Playfair enigma: The development of the schematic representation of statistics." En *Information Design Journal*, vol. 6, nº 1, pp. 3-25.
- BLACK, Max (1966). *Modelos y metáforas*. Madrid: Tecnos.
- (1979). "More about metaphor." En ORTONY 1979, pp. 19-43.
- BOGEN, Steffen (2005). "Schattenriss und Sonnenuhr: Überlegungen zu einer kunsthistorischen Diagrammatik." En *Zeitschrift für Kunstgeschichte*, vol. 68, pp. 153-176.
- BONNET, Charles (1745). *Traite d'insectologie ou observations sur les pucerons*. Paris: Durand.
- (1764). *Contemplation de la Nature*. Amsterdam: Marc-Michel Rey.
- BONSIEPE, Gui (1996). *Interface: Design neu begreifen*. Mannheim: Bollmann.
- BOOKER, Peter J. (1979). *A history of engineering drawing*. London: Northgate.
- BOROWSKI, Ephraim J.; BORWEIN, Jonathan M. (2002). *Collins dictionary: Mathematics*. Glasgow: Harper Collins. [2ª ed.].
- BORTZ, Jürgen; DÖRING, Nicola (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer. [4ª ed. revisada].
- BOUCHON, Catherine (2007). *Infografiken. Einsatz, Gestaltung und Informationsvermittlung*. Boizenburg: Werner Hülsbusch.
- BOUNFORD, Trevor (2000). *Digital Diagrams. Effective design and presentation of statistical information*. New York: Watson-Guptill.
- BOWKER, Geoffrey C.; STAR, Susan L. (1999). *Sorting things out. Classification and its consequences*. Cambridge MA: MIT Press.
- BOWLER, Peter J. (1988). *The Non-Darwinian revolution. Reinterpreting a historical myth*. Baltimore MD, London: Johns Hopkins University Press.
- BRANDT, Christina (2004). *Metapher und Experiment: Von der Virusforschung zum genetischen Code*. Göttingen: Wallstein.
- BREDEKAMP, Horst (2002). "Die Erkenntniskraft der Linie bei Galilei, Hobbes und Hooke." En B. HÜTTEL; R. HÜTTEL; J. KOHL (eds.): *Re-Visionen. Zur Aktualität von Kunstgeschichte*. Berlin: Akademie Verlag, pp. 145-160.
- (2005). *Darwins Korallen. Frühe Evolutionsmodelle und die Tradition der Naturgeschichte*. Berlin: Klaus Wagenbach.

- BRÜCKNER, Hartmut (2004). *Informationen gestalten: Einblicke in das Arbeitsfeld "Informationsgestaltung und Typographie" am Fachbereich Design der Fachhochschule Münster*. Bremen: Hauschild.
- BUCHER, Sebastian (2007). "Das Diagramm in den Bildwissenschaften." En REICHEL/SIEGEL/SPELTEN 2007, pp. 113-130.
- BURKHARD, Remo A. (2008). "Informationsarchitektur". En WEBER 2008, pp. 303-318.
- BURLEIGH, J. Gordon et al. (2011). "Genome-scale phylogenetics: Inferring the plant tree of life from 18,896 gene trees." En *Systematic Biology*, vol. 60, nº 2, pp. 117-125.
- CARD, Stuart K.; MACKINLAY, Jock D.; SHNEIDERMAN, Ben (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufman.
- CHAMIZO DOMÍNGUEZ, Pedro J. (2005). *La metáfora (semántica y pragmática)*. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11].
<http://www.ensayistas.org/critica/retorica/chamizo>
- CHEN, Chaomei (2004). *Information visualization. Beyond the horizon*. London: Springer.
- CHEN, Chun-houh; HÄRDLE, Wolfgang K.; UNWIN, Antony (eds.) (2008). *Handbook of data visualization*. Berlin: Springer.
- CHI, M.; FELTOVICH, P.; GLASER, R. (1981). "Categorization and representation of physics problems by experts and novices." En *Cognitive Science*, vol. 5, pp. 121-152.
- CLEVELAND, William S. (1994). *The elements of graphing data*. Murray Hill NJ: AT&T Bell Laboratories. [Ed. revisada].
- CONTINENZA, Barbara (2009). *Darwin. Ein Leben für die Evolutionstheorie*. Spektrum der Wissenschaft, Highlights 1. [Revista monotemática de 1999, reeditada con motivo del 200 aniversario de Darwin].
- COOPER, Alan; REIMANN, Robert; CRONIN, David (2010). *About Face: Interface und Interaction Design*. Heidelberg: mitp.
- COSTA, Joan (2008). *Diseñar para los ojos*. Barcelona: IED.
- COSTIGAN-EAVES, Patricia (1990). "Some observations on the design of William Playfair's line graphics." En *Information Design Journal*, vol. 6, nº 1, pp. 27-44.

- COSTIGAN-EAVES, Patricia; MACDONALD-ROSS, Michael (1990). "William Playfair (1759-1823)." En *Statistical Science*, vol. 5, nº 3, pp. 318-326.
- CRAMPTON SMITH, Gillian (2007). "What is interaction design?" En MOGGRIDGE 2007, pp. xii-xix.
- CRISP, Michael D.; COOK, Lyn G. (2005). "Do early branching lineages signify ancestral traits?" En *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, nº 3, pp. 122-128.
- CUENCA, Maria Josep; HILFERTY, Joseph (2007). *Introducción a la lingüística cognitiva*. Barcelona: Ariel. [4ª ed.].
- CUMMINGS, Michael (2009). *Information Architecture*. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11].
www.interaction-design.org/encyclopedia/information_architecture.html
- DARWIN, Charles (1860). *Über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzen-Reich durch natürliche Züchtung, oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe um's Daseyn*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei.
- (1987). *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844. Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*. Cambridge: University Press.
- (2009 a). *Orígen de las especies por medio de la selección natural ó la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la existencia*. Mairena del Aljarafe, Sevilla: Extramuros. [Edición facsímile de la primera edición española, publicada en Madrid en 1877].
- (2009 b). *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: Penguin Books. [Reimpresión del texto de la 1ª edición de 1859].
- DASTON, Lorraine (2005). "Bilder der Wahrheit, Bilder der Objektivität." En J. HUBER (ed.): *Einbildungen (Interventionen 14)*. Zürich: Institut für Theorie der Gestaltung und Kunst, pp. 117-153.
- DAWKINS, Richard (1992). "Progress." En E. KELLER; E. LLOYD (eds.): *Keywords in evolutionary biology*. Cambridge MA: Harvard University.
- (2008). *El cuento del antepasado: Un viaje a los albores de la evolución*. Barcelona: Antoni Bosch.
- (2010). *El río del Edén*. Madrid: Debate.
- DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix (2008). *Rizoma (Introducción)*. Valencia: Pre-Textos. [1ª ed. en francés 1976].

- DOBZHANSKY, Theodosius (1970). *Genetics of the Evolutionary Process*. New York, London: Columbia University Press.
- DODGE, Yadolah (ed.) (2003). *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*. Oxford: University Press.
- (2008). *The Concise Encyclopedia of Statistics*. New York: Springer.
- DUDENREDAKTION (2001). *Das Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache*. Mannheim: Dudenverlag. [3ª ed. revisada y ampliada].
- (2005). *Das Fremdwörterbuch*. Mannheim: Dudenverlag. [8ª ed. revisada y ampliada].
- DURAND, Jacques (1987). "Rhetorical figures in the advertising image." En UMIKER-SEBEOK 1987, pp. 295-318.
- DÜRSTELER, Juan C. (2000-hoy). *Infovis.net. Visualización de información*. [Revista digital, consultada el 01.10.11]. www.infovis.net.
- (2003) *Visualización de información: Una visita guiada*. Barcelona: Gestión 2000.
- ECO, Umberto (1981). *La estructura ausente: Introducción a la semiótica*. Barcelona: Lumen. [1ª ed. en italiano 1968].
- ERESHEFSKY, Marc (1994). "Some problems with the Linnaean hierarchy." En *Philosophy of Science*, vol. 61, pp. 186-205.
- (2001). *The poverty of the Linnaean hierarchy: A philosophical study of biological taxonomy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- (2002). "Linnaean ranks: Vestiges of a bygone era." En *Philosophy of Science*, vol. 69, pp. 305-315.
- EICHER, August W. (1875-1878). *Blüthendiagramme construiert und erläutert*. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.
- EL REFAIE, Elisabeth (2009). "Metaphor in political cartoons: Exploring audience responses." En FORCEVILLE/URIOS-APARISI 2009, pp. 173-196.
- EPPLER, Martin; BURKHARD, Remo A. (2004). *Knowledge visualization. Towards a new discipline and its fields of application*.
http://doc.rero.ch/lm.php?url=1000,42,6,20051020100118-DI/1_wpca0402.pdf
 [Publicación en línea, consultada el 01.10.11].
- ERLHOFF, Michael; MARSHALL, Tim (eds.) (2008). *Wörterbuch Design. Begriffliche Perspektiven des Design*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser. [Serie editada por el Board of International Research in Design, BIRD]

- FERGUSON, Eugene S. (1993). *Das innere Auge. Von der Kunst des Ingenieurs*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- FISCHER, Ernst P. (2008). *Das grosse Buch der Evolution*. Köln: Fackelträger.
- FLICK, Uwe (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- FORCEVILLE, Charles (1996). *Pictorial metaphor in advertising*. London, New York: Routledge.
- FORCEVILLE, Charles; URIOS-APARISI, Eduardo (eds.) (2009). *Multimodal metaphor*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- FOUCAULT, Michel (2009). *Las palabras y las cosas. Una arqueología de las ciencias humanas*. Madrid: Siglo XXI. [1ª ed. en francés 1966].
- FOURNIER, Jean-Claude (2009). *Graph theory and applications: With exercises and problems*. London: Iste.
- FOYS, Martin K.; OVERBEY, Karen E.; TERKLA, Dan (eds.) (2009). *The bayeux tapestry: New interpretations*. Woolbridge: The Boydell Press.
- FREUDIG, Doris; SAUERMOST, Rolf (red.) (1999-2004). *Lexikon der Biologie in fünfzehn Bänden*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- FRIENDLY, Michael; DENIS, Daniel J. (2001). *Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization*. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11]. <http://www.datavis.ca/milestones>
- FRIENDLY, Michael; PALSKEY, Gilles (2007). "Visualizing nature and society." En AKERMAN/KARROW 2007, pp. 207-253.
- FRY, Ben (2004). *Computational information design*. Tesis doctoral, Massachusetts Institute of Technology, EEUU. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11] <http://benfry.com/phd/dissertation-110323c.pdf>
- (2008). *Visualizing data*. Sebastapol, CA: O'Reilly.
- FUNKHOUSER, H. G. (1936). "A note on a tenth century graph." En *Osiris*, vol. 1, pp. 260-262.
- (1937). "Historical development of the graphical representation of statistical data." En *Osiris*, vol. 3, pp. 269-404.
- GAGE, John (1994). *Kulturgeschichte der Farbe. Von der Antike bis zur Gegenwart*. Ravensburg: Otto Maier.

- GAMKRELIDSE, Thomas W.; IWANOW, Wjatscheslaw W. (1990). "Die Frühgeschichte der indoeuropäischen Sprachen." En *Spektrum der Wissenschaft*, nº 5, pp. 130-137.
- GERIG, Manfred; VÖGELI, Irene (2003). *Abb. 1: Bilder in der Wissenschaftskommunikation. Ein Forschungsbericht*. Zürich: Hochschule für Gestaltung und Kunst.
- GIESSMANN, Sebastian (2006). *Netze und Netzwerke: Archäologie einer Kulturtechnik, 1740-1840*. Bielefeld: Transcript.
- (2007). "Netze als Weltbilder. Ordnungen der Natur von Donati bis Cuvier." En REICHLE/SIEGEL/SPELTEN 2007, pp. 243-261.
- GILBERT, Margaret (1992). *On social facts*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- GOODMAN, Nelson (1995). *Sprachen der Kunst*. Frankfurt am Main: Suhrkamp. [1ª ed. en inglés 1969].
- GOULD, Stephen J. (1987). "Bushes all the way down. We are all products of a recent african twig." En *Natural History Magazine*, vol. 96, pp. 12-19.
- (1990). *Die Entdeckung der Tiefenzeit: Zeitpfeil und Zeitzyklus in der Geschichte unserer Erde*. München, Wien: Carl Hanser.
- (1991). *La vida maravillosa: Burgess Shale y la naturaleza de la historia*. Barcelona: Crítica.
- (1994). *Ocho cerditos: reflexiones sobre historia natural*. Barcelona: Crítica.
- (1996). "Leitern und Kegel: Einschränkungen der Evolutionstheorie durch kanonische Bilder." En R. SILVERS (ed.): *Verborgene Geschichten der Wissenschaft*. Berlin: Berlin Verlag, pp. 43-71.
- (1997). *Un dinosaurio en un pajar: Reflexiones sobre historia natural*. Barcelona: Crítica.
- (2004). *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona: Tusquets.
- GUIDICI, Reinaldo; BRIS LLUCH, Ángeles (1997). *Introducción a la teoría de grafos*. Caracas: Equinoccio.
- GREGORY, T. Ryan (2008). "Understanding evolutionary trees." En *Evolution: Education and Outreach*, vol. 1, pp. 121-137.
- GRUBER, Howard E. (1974). *Darwin on man. A psychological study of scientific creativity*. New York: Dutton.

- HAECKEL, Ernst (1866). *Generelle Morphologie der Organismen*. Berlin: Georg Reimer.
(1868). *Natürliche Schöpfungsgeschichte*. Berlin: Georg Reimer.
(1874). *Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen*. Leipzig: Engelmann.
(2004). *Kunstformen der Natur*. Wiesbaden: Marix. [1ª ed. en alemán 1904].
- HAHN, Barbara; ZIMMERMANN, Christine (2008). *Von B und C. Datenvisualisierung jenseits von Kuchen- und Balkendiagrammen*. Basel: Christoph Merian.
- HALL, Barry G. (2008). *Phylogenetic trees made easy. A how-to manual*. Sunderland MA: Sinauer.
- HARRIS, Robert L. (1999). *Information graphics. A comprehensive illustrated reference*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- HARTMANN, Frank (2008). "Geschichte: Informationsdesign". En WEBER 2008, pp. 23-51.
- HATANO, Giyoo; INAGAKI, Kayoko (1999). "A developmental perspective on informal biology." En MEDIN/SCOTT 1999, pp. 321-354.
- HECK, Kilian; JAHN, Bernhard (2000). *Genealogie als Denkform in Mittelalter und Früher Neuzeit*. Tübingen: Niemeyer.
- HEINEVETTER, Nele; SANCHEZ, Nadine (2008). *Was mit Medien... Theorie in 15 Sachgeschichten*. Paderborn: Wilhelm Fink.
- HENNIG, Willi (1999). *Phylogenetic Systematics*. Urbana: University of Illinois Press. [1ª ed. en inglés 1966].
(1950). *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. Berlin: Deutscher Zentralverlag.
- HERDEG, Walter (ed.) (1974). *Diagrams. The graphic visualization of abstract data*. Zürich: The Graphis Press.
- HESTMARK, Geir (2000). "Temptations of the tree. A perennial image of life, history and enlightenment." En *Nature*, vol. 408, p. 911.
- HORN, Robert E. (1999). "Information design: Emergence of a new profession." En JACOBSON 1999, pp. 15-33.
- HUFF, Darrel (1954). *How to lie with statistics*. New York: Norton.
- HULL, David L.; RUSE, Michael (eds.) (1998). *The philosophy of biology*. Oxford: Oxford University Press.

- INSTITUTE FOR INFORMATION DESIGN JAPAN (eds.) (2005) *Information design source book: recent projects*. Basel: Birkhäuser.
- JACOBSON, Robert (ed.) (1999). *Information design*. Cambridge, MA: MIT Press.
- JAHN, Ilse (ed.) (2000). *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
[3ª ed. revisada y ampliada]. [Traducción española: *Historia de la biología: Teorías, métodos, instituciones y biografías breves*. Barcelona: Labor, 1990].
- JANSEN, Angela; SCHARFE, Wolfgang (1999). *Handbuch der Infografik. Visuelle Information in Publizistik, Werbung und Öffentlichkeitsarbeit*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- JANSON, Tore (2003). *Eine kurze Geschichte der Sprachen*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- JARDINE, William (1858). *Memoirs of Hugh Edwin Strickland, M.A.*
London: John van Voorst.
- JONES, Caroline A.; GALISON, Peter (eds.) (1998). *Picturing science, producing art*. New York: Routledge.
- JOOST, Gesche (2008). *Bild-Sprache: Die audio-visuelle Rhetorik des Films*. Bielefeld: Transcript.
- JOOST, Gesche; SCHEUERMANN, Arne (eds.) (2008). *Design als Rhetorik: Grundlagen, Positionen, Fallstudien*. Basel: Birkhäuser.
- JUDELMAN, Greg (2004). *Knowledge visualization. Problems and principles for mapping the knowledge space*. Tesis doctoral, Universidad de Lübeck, Alemania.
[Publicación en línea, consultada el 01.10.11].
www.gregjudelman.com/thesis.html
- KAUFER, David S.; BUTLER, Brian S. (1996). *Rhetoric and the arts of design*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum.
- KENNEDY, John M. (1982). "Metaphor in pictures." En *Perception*, vol. 11, nº 5, pp. 589-605.
- KLANTEN, Robert; BOURQUIN, N.; EHMANN, S. et al. (eds.) (2008). *Data flow. Visualising information in graphic design*. Berlin: Gestalten.
(2010) *Data flow 2. Visualizando la información en el diseño gráfico*. Berlin: Gestalten.

- KLAPISCH-ZUBER, Christiane (2004). *Stammbäume: Eine illustrierte Geschichte der Ahnenkunde*. München: Knesebeck.
- KNOOP, Volker; MÜLLER, Kai (2006). *Gene und Stammbäume. Ein Handbuch zur molekularen Phylogenetik*. München: Spektrum.
- KOFFKA, Kurt (1963). *Principles of Gestalt psychology*. New York: Harcourt Brace and World. [1ª ed. en inglés 1935].
- KÖNIG, Dénes (1986). *Theorie der endlichen und unendlichen Graphen. Mit einer Abhandlung von L. Euler*. Leipzig: B.G. Teubner. [Reproducción fotomecánica de un texto de König de 1936 y dos de Euler (textos originales de 1736, ediciones de 1923 y 1925)].
- KÖNIG, Werner (2001). *dtv-Atlas: Deutsche Sprache*. [13ª ed. revisada]. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- KOSSLYN, Stephen M. (2006). *Graph design for the eye and mind*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- KOSTELNICK, Charles; HASSETT, Michael (2003). *Shaping information: The rhetoric of visual conventions*. Carbondale IL: Southern Illinois University Press.
- KOTZ, Samuel (ed.) (2006). *Encyclopedia of statistical sciences*. Hoboken NJ: Wiley. [2ª ed.].
- KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. (1997). "Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena." En *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 34, pp. 949-968.
- KRAUSSE, Joachim (1999). "Information auf einen Blick – Zur Geschichte der Diagramme." En *Form + Zweck*, vol. 16, pp. 4-23.
- KRESS, Gunther; VAN LEEUWEN, Theo (1996). *Reading images. The grammar of visual design*. London, New York: Routledge.
- KUHN, Thomas S. (1979). "Metaphor in Science." En ORTONY 1979, pp. 409-419. (1987). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- LAKOFF, George (1987). *Women, fire, and dangerous things. What categories reveal about the mind*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- LAKOFF, George; Johnson, Mark (2001). *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra. [1ª ed. en inglés 1980].

- LAM, Herman J. (1936). "Phylogenetic symbols, past and present. (Being an apology for genealogical trees)." En *Acta Biotheoretica*, vol. 2, pp. 153-194.
- LAMARCK, Jean-Baptiste (1809). *Philosophie zoologique ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. Paris: Dentu.
- LATOURE, Bruno (1986). "Visualisation and cognition: Drawing things together." En H. KUKLICK (ed.): *Knowledge and society: Studies in the sociology of culture past and present*, vol. 6, pp. 1-40.
- LEBORG, Christian (2006). *Visual grammar*. New York: Princeton Architectural Press.
- LECOINTRE, Guillaume; LE GUYADER, Hervé (2006). *Biosystematik. Alle Organismen im Überblick*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- LEWIS, David (2002). *Convention. A philosophical study*. Oxford: Blackwell. [1ª ed. en inglés 1969].
- LIDWELL, William; HOLDEN, Kritina; BUTLER, Jill (2006). *Principios universales de diseño*. Barcelona: Blume.
- LIMA, Manuel (2011) *Visual complexity. Mapping patterns of information*. New York: Princeton Architectural Press.
- LINNEO, Carlos (1735). *Systema naturae: sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, [et] species*. Lugduni Batavorum : apud Theodorum Haak : ex typographia Ioannis Wilhelmi de Groot.
- LIPTON, Ronnie (2007). *The practical guide to information design*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- LOVEJOY, Arthur O. (1983). *La gran cadena del ser*. Barcelona: Icaria. [1ª ed. en inglés 1933].
- MAYR, Ernst (1981). "Biological classification: toward a synthesis of opposing methodologies." En *Science*, vol. 214, nº 4520, pp. 510-516.
- (1984). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Vielfalt, Evolution und Vererbung*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer.
- (2005). *Konzepte der Biologie*. Stuttgart: S. Hirzel.
- MAZUR, Beth (2001) "What's in a name". En *Design Matters*, vol. 5, nº 2. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11]. www.stcsig.org/id/dmatters/apr01.pdf
- MEDIN, Douglas L.; ALTRAN, Scott (eds.) (1999). *Folkbiology*. Cambridge, MA: MIT Press.

- MEGGS, Philip B. (2000). *Historia del diseño gráfico*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- MEIR, Eli; PERRY, Judy; HERRON, Jon; KINGSOLVER, Joel (2007). "College students' misconceptions about evolutionary trees." En *The American Biology Teacher*, vol. 69, nº 7, pp. 71-76.
- METZGER, Wolfgang (1953). *Gesetze des Sehens*. Frankfurt am Main: Kramer. [1ª ed. en alemán 1936].
(2006). *Laws of Seeing*. Cambridge MA: MIT Press. [1ª traducción al inglés del texto publicado en 1936].
- MEYERS LEXIKONREDAKTION (ed.) (2000). *Rechnen und Mathematik. Das Lexikon für Schule und Praxis*. Mannheim: Dudenverlag. [6ª ed.].
- MIJKSENAAR, Paul (2001). *Una introducción al diseño de la información*. Barcelona, México: Gustavo Gili.
- MILLIKAN, Ruth Garret (2005). *Language: A biological model*. Oxford: Clarendon.
- MOGGRIDGE, Bill (2007). *Designing interactions*. Cambridge MA: MIT Press.
- MORGAN, Gareth (1990). *Imágenes de la organización*. Madrid: Ra-Ma.
- MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis (2007). *Information architecture for the world wide web*. Beijing: O'Reilly. [3ª ed. ampliada].
- MÜLLER-WILLE, Staffan (2002). "Text, Bild und Diagramm in der klassischen Naturgeschichte." En *Kunsttexte*, nº 4. [Revista digital, consultada el 01.04.11]. <http://www.kunsttexte.de/index.php?id=121>
- MUNZNER, Tamara (2000). *Interactive visualization of large graphs and networks*. Tesis doctoral, Universidad de Stanford, EEUU. [Publicación en línea, consultada el 01.10.11]. http://graphics.stanford.edu/papers/munzner_thesis/
- MYATT, Glenn J; JOHNSON, Wayne P (2009). *Making sense of data II: a practical guide to data visualization, advanced data mining methods, and applications*. Hoboken, NJ: Wiley.
- NEE, Sean (2005). "The great chain of being." En *Nature*, vol. 435, p. 429.
- NELKIN, Dorothy; LINDEE, M. Susan (1995). *The DNA mystique: The gene as a cultural icon*. New York: W. H. Freeman.
- NELSON, Gareth; PLATNICK, Norman (1981). *Systematics and biogeography: Cladistics and vicariance*. New York: Columbia University Press.

- NIERAAD, Jürgen (1977). *“Bildgesegnet und bildverflucht”: Forschungen zur sprachlichen Metaphorik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- NITZSCHE, Manfred (2009). *Graphen für Einsteiger. Rund um das Haus vom Nikolaus*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- NORWICK, Stephen A. (2006). *The history of metaphors of Nature. Science and literature from Homer to Al Gore*. Lewiston: Edwin Mellen Press.
- NOVICK, Laura R.; CATLEY, Kefyn M. (2007). “Understanding phylogenies in biology: The influence of a gestalt perceptual principle.” En *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 13, nº 4, pp. 197-223.
- (2006). “Interpreting hierarchical structure: evidence from cladograms in biology.” En D. BARKER-PLUMMER; R. COX; N. SWOBODA (eds.): *Diagrammatic representation and inference*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, pp. 176-180.
- O’HARA, Robert J. (1988). “Diagrammatic classifications of birds, 1819-1901: Views of the natural system in 19th-century British ornithology.” En H. OUELLET (ed.): *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici*. Ottawa: National Museum of Natural Sciences, pp. 2746-2759.
- (1991). “Representations of the natural system in the nineteenth century.” En *Biology & Philosophy*, vol. 6, nº 2, pp. 255-274.
- (1992). “Telling the tree: Narrative representation and the study of evolutionary history.” En *Biology & Philosophy*, vol. 7, pp. 135-160.
- (1993). “Systematic generalization, historical fate, and the species problem.” En *Systematic Biology*, vol. 42, nº 3, pp. 231-246.
- (1994). “Evolutionary history and the species problem.” En *American Zoology*, vol. 34, pp. 12-22.
- (1996). “Mapping the space of time: Temporal representation in the historical sciences.” En M. GHISELIN; G. PINNA (eds.) *New Perspectives on the History of Life: Systematic Biology as Historical Narrative*. San Francisco, CA: Memoirs of the California Academy of Sciences, vol. 20, pp. 7-17.
- (1997). “Population thinking and tree thinking in systematics.” En *Zoologica Scripta*, vol. 26, nº 4, pp. 323-329.
- ONIONS, C.T.; FRIEDRICHSEN, G.W.S; BURCHFIELD, R.W. (eds.) (1995). *The Oxford dictionary of English etymology*. Oxford: Clarendon Press.

- ORTONY, Andrew (ed.) (1979). *Metaphor and Thought*. London, New York, Melbourne: Cambridge University Press.
- (1979b). "Metaphor: A Multidimensional Problem." En ORTONY 1979, pp. 1-16.
- PALMER, Stephen E. (1999). *Vision science. Photons to phenomenology*. Cambridge MA: MIT Press.
- PANFILOV, Vladimir Z. (1974). *Wechselbeziehungen zwischen Sprache und Denken*. München: Hueber.
- PENTAGRAM (1972) *The work of five designers*. Fribourg: Office du Livre.
- PEIRCE, Charles S. (1987) *Obra lógico-semiótica*. Madrid: Taurus.
- PFISTER, Arnold (ed.) (1960). *De Simplici Medicina. Kräuterbuch-Handschrift aus dem letzten Viertel des 14. Jahrhunderts im Besitz der Basler Universitätsbibliothek*. Basel: Sandoz. [Edición facsímile, manuscrito original de finales del siglo XIV].
- PFEIFER, Wolfgang (red.) (2004). *Etymologisches Wörterbuch des Deutschen*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag. [7ª ed.].
- PLAYFAIR, William (2005). *The commercial and political atlas and Statistical breviary*. Cambridge: University Press. [Edición facsímile del Breviary y la 3ª ed. del atlas, publicados ambos en Londres en 1801].
- PÖRKSEN, Uwe (1988). *Plastikwörter. Die Sprache einer internationalen Diktatur*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- (1997). *Weltmarkt der Bilder. Eine Philosophie der Visiotype*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- (2001). "Logos, Kurven, Visiotype." En U. GERHARD; J. LINK; E. SCHULTE-HOLTEY (eds.): *Infografiken, Medien, Normalisierung. Zur Kartografie politisch-sozialer Landschaften*. Heidelberg: Synchron.
- PRIESTLEY, Joseph (1764). *A description of a chart of biography*. Warrington.
- QUEIROZ, Kevin de (2011). "Branches in the lines of descent: Charles Darwin and the evolution of the species concept." En *Biological Journal of the Linnean Society*, vol. 103, pp. 19-35.
- RAGAN, Mark A. (2009). "Trees and networks before and after Darwin." En *Biology Direct*, vol. 4, nº 43.
- REICHHOLF, Josef (2009). "Wie Sex die Evolution Antreibt." En *Bild der Wissenschaft*, nº 1, pp. 25-29.

- REICHLE, Ingeborg; SIEGEL, Steffen; SPELTEN, Achim (eds.) (2007). *Verwandte Bilder: Die Fragen der Bildwissenschaft*. Berlin: Kadmos.
- RICHARDS, Robert J. (2008). *The tragic sense of life: Ernst Haeckel and the struggle over evolutionary thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- RIDLEY, Mark (1986). *Evolution and classification. The reformation of cladism*. London: Longman.
- (1993). *Evolution*. Boston: Blackwell.
- RIEPEL, Oliver (1983). *Kladismus oder die Legende vom Stammbaum*. Basel, Boston, Stuttgart: Birkhäuser Verlag.
- (1999). *Einführung in die computergestützte Kladistik*. München: Pfeil.
- ROBERTSON, George; MACKINLAY, Jock; CARD, Stuart (1991). "Cone trees: Animated 3d visualizations of hierarchical information." En *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems: Reaching through technology*, pp. 189-194. [Conferencia tenida en New Orleans, LA, EEUU entre el 27.04 – 02.05.1991].
- ROBINSON, Andrew (1996). *Die Geschichte der Schrift. Von Keilschriften, Hieroglyphen, Alphabeten und anderen Schriftformen*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.
- ROSENBERG, Daniel; GRAFTON, Anthony (2010). *Cartographies of time. A history of the timeline*. New York: Princeton Architectural Press.
- RUDER, Emil (1977). *Typographie. Ein Gestaltungslehrbuch*. Teufen: Niggli. [3ª ed.].
- RUSE, Michael (1996). *Monad to man. The concept of progress in evolutionary biology*. Cambridge MA, London: Harvard University Press.
- SABEAN, David W.; TEUSCHER, Simon; MATHIEU, Jon (eds.) (2007). *Kinship in Europe. Approaches to long-term development (1300-1900)*. New York, Oxford: Berghahn Books.
- SACHS, Horst (1986). "Kommentierter Anhang." En KÖNIG 1986, pp. 313-345.
- SANDVIK, Hanno (2007). "Anthropocentrism in cladograms." En *Biology and Philosophy*, vol. 24, nº 4, pp. 425-440.
- (2008). "Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics." En *Theory in Biosciences*, nº 127, pp. 45-51.
- SARASIN, Philipp (2009). *Darwin und Foucault. Genealogie und Geschichte im Zeitalter der Biologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- SAUSSURE, Ferdinand de (2007) *Curso de lingüística general*. Buenos Aires: Losada. [1ª ed. en francés 1916].
- SCOTT-RAM, N. R. (1990). *Transformed cladistics, taxonomy and evolution*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- SIMPSON, George G. (1961). *Principles of Animal Taxonomy*. New York: Columbia University Press.
- SCHELLING, Friedrich W.J. (2001). *Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie*. Stuttgart: Frommann-Holzboog. [1ª ed. en alemán 1799].
- SCHUBBACH, Arno (2009). "Was sich in Bildern alles zeigen kann. Überlegungen mit Blick auf die Visualisierung von Netzwerken." En G. BOEHM; C. SPIES; S. EGENHOFER (eds.): *Zeigen. Die Rhetorik des Sichtbaren*. München: Fink.
- SHIBLES, W. A. (1971). *Metaphor: An annotated bibliography and history*. Whitewater WI: The Language Press.
- SHNEIDERMAN, Ben (2009). *A history of treemap research at the University of Maryland*. [Publicación en línea, consultada el 01.04.11].
<http://www.cs.umd.edu/hcil/treemap-history>
- SIEGEL, Steffen (2004). "Wissen, das auf Bäumen wächst. Das Baumdiagramm als epistemologisches Dingsymbol im 16. Jahrhundert." En *Frühneuzeit-Info*, vol. 15, pp. 42-55.
- SIMLINGER, Peter (2008). "Berufsbild: Informationsdesign". En WEBER 2008, pp. 53-62.
- SNEATH, Peter H.A.; SOKAL, Robert R. (1973). *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W.H. Freeman.
- SPERBER, Dan; WILSON, Deirdre (1986). *Relevance: Communication and cognition*. Oxford: Blackwell.
- STEVENS, Peter F. (1983). "Augustin Augier's 'Arbre Botanique' (1801), a remarkable early botanical representation of the natural system." En *Taxon*, vol. 32, nº 2, pp. 203-211.
- (1984). "Metaphors and typology in the development of botanical systematics 1690-1960, or the art of putting new wine in old bottles". En *Taxon*, vol. 33, nº 2, pp. 169-211.
- STOCKER, Karl; WEBER, Wibke (2008). "Kontext: Design". En WEBER 2008, pp. 3-22.

- STRANGE, Nicholas (2007). *Smoke & mirrors. How to bend facts & figures to your advantage*. London: A & C Black.
- STRICKLAND, Hugh E. (1841). "On the true method of discovering the natural system of zoology and botany." En *The Annals and Magazine of Natural History, including Zoology, Botany, and Geology*. London: Taylor, vol. 6, pp. 184-192.
- TANNER, Jakob (2002). "Wirtschaftskurven. Zur Visualisierung des anonymen Marktes." En D. GUGERLI; B. ORLAND (eds.) *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*. Zürich: Chronos, pp. 129-158.
- TASSY, Pascal (2011). "Trees before and after Darwin." En *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, vol. 49, tomo 2, pp. 89-101.
- TILLING, Laura (1975). "Early Experimental Graphs." En *British Journal of History of Science*, nº 8, pp. 193-213.
- TUFTE, Edward R. (1998). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire CT: Graphics Press. [16º ed., primera impresión: 1983].
(2001). *Envisioning Information*. Cheshire CT: Graphics Press. [8ª ed., primera impresión: 1990].
(2002). *Visual Explanations. Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Cheshire CT: Graphics Press. [5ª ed. revisada; primera impresión: 1997].
- UMIKER-SEBEOK, Jean (ed.) (1987). *Marketing and semiotics: New directions in the study of signs for sale*. Berlin, New York, Amsterdam: Mouton de Gruyter.
- VAN LEEUWEN, Theo; JEWITT, Carey (eds.) (2001). *Handbook of visual analysis*. London: Sage.
- VAN NOPPEN, Jean-Pierre; DE KNOP, Susanne; JONGEN, René (eds.) (1985). *Metaphor: A bibliography of post-1970 publications*. Amsterdam: Benjamins.
- VAN NOPPEN, Jean-Pierre; HOLS, Edith (eds.) (1990). *Metaphor II: A classified bibliography of publications 1985 to 1990*. Amsterdam: Benjamins.
- VERDUIJN, André N.; DEKKER, Jan Martin (2001). *Technisch illustreren door de eeuwen heen*. Tilburg: Tedopres International.
- VESTERGAARD, Torben; SCHRØDER, Kim (1985). *The language of advertising*. Oxford: Blackwell.
- VIERECK, Wolfgang; VIERECK, Karin; RAMISCH, Heinrich (2002). *dtv-Atlas: Englische Sprache*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

- VÖGTLI, Alexander; ERNST, Beat (2007). *Wissenschaftliche Bilder. Eine kritische Betrachtung*. Basel: Schwabe.
- VOSS, Edward G. (1952). "The history of keys and phylogenetic trees in systematic biology." En *Journal of the scientific laboratories of Denison University*, vol. 43, pp. 1-25.
- VOSS, Julia (2007). *Darwins Bilder. Ansichten der Evolutionstheorie 1837-1874*. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch.
- WAINER, Howard (1997). *Visual revelations. Graphical tales of fate and deception from Napoleon Bonaparte to Ross Perot*. New York: Copernicus.
- (2005). *Graphic discovery. A trout in the milk and other visual adventures*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- (2009). *Picturing the uncertain world. How to understand, communicate, and control uncertainty through graphical display*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- WAINER, Howard; SPENCE, Ian (2005). "Introduction." En *PLAYFAIR 2005*, pp. 1-35.
- WARE, Colin (2004). *Information visualization: Perception for design*. Amsterdam: Morgan Kaufmann. [2ª ed. ampliada].
- (2008). *Visual thinking for design*. Amsterdam: Morgan Kaufmann.
- WEBER, Jürgen (2002). *Das Urteil des Auges. Metamorphosen der Geometrie – eine der Grundlagen von Erkennen und Bewusstsein. (Eine Weiterentwicklung der Gestaltpsychologie)*. Wien, New York: Springer.
- WEBER, Wiebke (ed.) (2008). *Kompendium Informationsdesign*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- WEIGEL, Sigrid (2003). "Genealogie. Zur Ikonographie und Rhetorik einer epistemologischen Figur in der Geschichte von Kultur- und Naturwissenschaft." En H. SCHRAMM (ed.): *Bühnen des Wissens. Interferenzen zwischen Wissenschaft und Kunst*. Berlin: Dahlem University Press, pp. 226-267.
- WEIGEL, Sigrid; PARNES, Ohad; VEDDER, Ulrike; WILLER, Stefan (2005). *Generation. Zur Genealogie des Konzepts – Konzepte von Genealogie*. München: Fink.
- WHITTOCK, Trevor (1990). *Metaphor and film*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WIESEMÜLLER, Bernhard; ROTHE, Hartmut; HENKE, Winfried (2003). *Phylogenetische Systematik: Eine Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer.

- WIESING, Lambert (2005). "Ornament, Diagramm, Computerbild – Phänomene des Übergangs." En B. SCHNEIDER (ed.): *Diagramme und bildtextile Ordnungen. Bildwelten des Wissens*, vol. 3, nº 1, pp. 115-129. Berlin: Akademie Verlag. [Entrevista].
- WILDBUR, Peter; BURKE, Michael (1998). *Infográfica: Soluciones innovadoras en el diseño contemporáneo*. Barcelona: Gustavo Gili.
- WILKINSON, Leland (2005). *The grammar of graphics*. New York: Springer.
- (2008). "Graph-theoretic graphics." En C. CHEN; W. HÄRDLE; A. UNWIN (eds.): *Handbook of data visualization*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 121-150.
- WILLIAMS, David M.; EBACH, Malte C. (2008). *Foundations of systematics and biogeography*. New York: Springer.
- WILSON, David M. (2005). *Der Teppich von Bayeux*. Köln: Parkland. [2ª ed.].
- WOOLMAN, Matt (2002). *Digital information graphics*. London: Thames & Hudson.
- WURMAN, Richard S. (1996). *Information architects*. Zürich: Graphis Press.
- (2001) *Information anxiety 2*. Indianapolis IND: Que.
- ZELAZNY, Gene (1992). *Wie aus Zahlen Bilder werden. Wirtschaftsdaten überzeugend präsentieren*. Wiesbaden: Gabler. [3ª ed. ampliada].

Índice de imágenes

La mayoría de las ilustraciones de este trabajo han sido diseñadas por Paloma López Grüninger, cuando no se indique de otro modo corresponderán a su autoría. Aquellas imágenes que procedan de otras fuentes se especifican a continuación.

- Fig. 4 Interpretación gráfica y leyendas traducidas al castellano por P. López Grüninger, basadas en el esquema publicado en BERTIN 1974, p. 10.
- Fig. 8 M. van Langren, 1644.
Publicado en TUFTE 2002, p.15.
- Fig. 9 Detalle del *Tapiz de Bayeux*, s. XI.
Publicado en FOYS/OVERBEY/TERKLA 2009, lámina 5.
- Fig. 10 *De cursu per zodiacum*. Autor anónimo, s. X.
Publicado en FUNKHOUSER 1936, p. 261.
- Fig. 11 *A Specimen of a Chart of Biography*. Joseph Priestley, 1764.
Publicado en WAINER 2005.
- Fig. 12 *Exports & Imports to and from Italy and Venice*. William Playfair, 1801.
Publicado en PLAYFAIR 2005.
- Fig. 13 *Chart Representing the Extent, Population & Revenues, of the Principal Nations in Europe, after the Division of Poland & Treaty of Luneville*.
William Playfair, 1801.
Publicado en PLAYFAIR 2005.
- Fig. 14 Luigi Perozzo, 1879.
Publicado en ROSENBERG/GRAFTON 2010, p. 137.
- Fig. 15.1 Diagrama procedente de una edición facsímil de las *Commentationes Algebraicae* de Leonhard Euler, publicadas en 1923.
Publicada en KÖNIG 1986, p. 280.
- Fig. 27 Publicada en BERTIN 1974, p. 60.
- Fig. 28 Publicada en BERTIN 1974, p. 50.
Leyendas traducidas al castellano por P. López Grüninger.
- Fig. 29 - 42 Ilustraciones de P. López Grüninger basadas en ejemplos gráficos publicados en PALMER 1999, pp. 254-310.
- Fig. 43 Interpretación gráfica de P. López Grüninger basada en el esquema publicado en BARTHES 1999, p. 122.

- Fig. 53 Ilustración de Thomas C. Moore, 1990.
Publicada en *Spektrum der Wissenschaft*, 5/1990, p. 131.
- Fig. 63.2 Publicada en WAINER 2009, p. 140.
- Fig. 64 Publicada en GERIG/VÖGELI 2003, p. 42.
- Fig. 65.1 Archivo Darwin, Notebook B.
Publicada en VOSS 2007, pp. 144-145.
- Fig. 65.2 *Árbol genealógico de los primates* de Darwin, 1868.
Archivo Darwin, DAR 84.91.
Publicada en VOSS 2007, pp. 144-145.
- Fig. 70-71 Detalles del Árbol genealógico de los Reyes de Aragón.
Miniatura, 1530-1534. Procedente de *La línea genealógica del Infante de Portugal* de Simon Bening.
Londres, British Library, Additional Ms. 12531, fº 10.
Publicada en KLAPISCH-ZUBER 2004, p. 110.
- Fig. 72 Detalle de la *Tabla genealógica de Maximiliano I*. Pintura sobre pergamino, anterior a 1492.
Munich, Bayerisches Nationalmuseum, NN 1002.
Publicada en KLAPISCH-ZUBER 2004, p. 108.
- Fig. 73 *Árbol genealógico de la familia Cornaro*. Pintura anónima, hacia 1700.
Venecia, Palazzo Corner Ca' Grande.
Publicada en KLAPISCH-ZUBER 2004, p. 27.
- Fig. 75 Página de la obra *De Simplici Medicina*. Manuscrito anónimo del siglo XIV, propiedad de la Biblioteca Universitaria de Basilea, Suiza.
Publicada en PFISTER 1960, p. 2.
- Fig. 76 Fotografía de una página de LINNEO 1735.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Re 5.
- Fig. 77 *La escalera de la creación*. Xilografía procedente de la obra *De nova logica, de correlativis, necnon de Ascensu et descensu intellectus* de Ramón Llull, impresa en Valencia en 1512.
Publicada en BARSANTI 1992, p. 214, lámina 4.
- Fig. 78.1 Reproducción de la *Tabla de afinidades del reino vegetal* de Batsch, 1801.
Publicada en BATSCH 1801.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Bot 4650:1.

- Fig. 78.2 Reproducción de la *Tabla de afinidades del reino vegetal* de Batsch, 1802.
Publicada en BARSANTI 1992, p. 214, lámina 43.
- Fig. 79 Diagrama de MacLeay, procedente de la obra *Horae entomologicae: or essays on the annulose animals*, impresa en Londres, 1819-1821.
Publicada en BARSANTI 1992, p. 214, lámina 49.
- Fig. 80 Ilustración de un artículo de BURLEIGH et al., 2011.
Publicada en *Systematic Biology*, vol. 60, nº 2, p.120.
- Fig. 82 Reproducción de la *Idee d'une échelle des etres naturels* de Bonnet, 1745.
Publicada en BONNET 1745.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Hi VII 34.
- Fig. 83 Reproducción del *Arbre botanique* de Augustin Augier, 1801.
Publicada en AUGIER 1801.
Ginebra, Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville, BOTA 15462.
Restauración de la imagen realizada por P. López Grüninger.
- Fig. 84 Reproducción de la versión impresa de la carta de Strickland de 1843.
Publicada en JARDINE 1858, p. ccv.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Hn II 40.
- Fig. 88 Reproducción de la página 36 del Notebook B de Darwin, 1937.
Publicada en BREDEKAMP 2005, p. 85.
- Fig. 89 Detalle de una página de DARWIN 1987.
Publicado en DARWIN 1987, p. 180.
- Fig. 91 Yuxtaposición del mapa y el esquema filogenético de las aves de Richard Bowdler Sharpe, 1891.
Mapa publicado en O'HARA 1988, p. 2758.
Esquema filogenético publicado en O'HARA 1991, p. 269.
- Fig. 92 Reproducción del *sistema esférico del microcosmo* de H. J. Lam, 1936.
Publicada en LAM 1936, p.173.
- Fig. 93 Detalles de la página 26 del Notebook B de Darwin, 1937.
Publicado en línea por el proyecto Darwin Online, DAR121.
<http://darwin-online.org.uk/manuscripts.html>
- Fig. 94 Reproducción del diagrama que acompaña al *Origen de las Especies* de Darwin. Publicado en la 7ª edición alemana de la obra (DARWIN 1884).
Basilea, Biblioteca Universitaria, Hoff 709.

- Fig. 95 Reproducción de *Généalogie de la classe des poissons* de Agassiz, 1833.
Publicado en AGASSIZ 1933, tomo I.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Ht I 5.
- Fig. 96 Comparación de los diagramas de la 1ª y la 6ª edición de «El Origen de las Especies» de Darwin en alemán.
Basilea, Biblioteca Universitaria, he IV 9, Pb 7154:2.
- Fig. 97 *Tableau servant à montrer l'origine des différens animaux* de Lamarck, 1830.
Publicada en LAMARCK 1830.
Basilea, Biblioteca Universitaria, he VI.2
- Fig. 98 *Monophyletischer Stammbaum der Organismen* de Ernst Haeckel, 1866.
Publicada en HAECKEL 1866.
Basilea, Biblioteca Universitaria, Hl II 35 / Hl II 36.
- Fig. 99 *Einheitlicher oder monophyletischer Stammbaum des Wirbelthierstammes paleontologisch begründet* de Ernst Haeckel, 1868.
Publicada en HAECKEL 1868.
Basilea, Biblioteca Universitaria, he V 4.
- Fig. 100 *Stammbaum des Menschen* de Ernst Haeckel, 1874.
Publicada en HAECKEL 1874.
Basilea, Biblioteca Universitaria, La II 24
- Fig. 101 *The march of progress* de Rudolph Zallinger, 1965.
Publicado en HOWELL 1965.
- Fig. 110 Ilustración procedente del artículo de BAUM/SMITH/DONOVAN, 2005.
Publicada en *Science*, nº 310, nº 5750, pp. 979.
- Fig. 111.1 Diagrama empleado para el estudio realizado por MEIR/HERRON/KINGSOLVER, 2007.
Publicada en *The American Biology Teacher*, vol. 69, nº 7, pp. 72.
- Fig. 112 Ilustración procedente del artículo de BAUM/SMITH/DONOVAN, 2005.
Publicada en *Science*, nº 310, nº 5750, pp. 979.
- Fig. 113 Variación de la imagen publicada en BAUM/SMITH/DONOVAN realizada por P. López Grüninger.

Anexos

Anexo A: Transcripción del texto original de A. Augier

El siguiente texto procede de la obra de Augustin Augier titulada «Essai d'une nouvelle classification des végétaux», publicada en Lyon en 1801. A continuación se reproduce un apartado del prefacio (pp. v-vi), de la introducción (p. 2), de la exposición del método (p. 6) y el capítulo completo dedicado a la explicación de la
5 ilustración que acompaña el libro.

Preface (pp. i- viii)

[...] Cette méthode offre d'abord les végétaux les moins parfaits, et conduit ensuite par gradation aux plus parfaits, comme on peut s'en convaincre en lisant l'exposition de la méthode et l'explication de l'Arbre botanique. J'ai tra-
5 vaillé long-temps pour disposer les différentes familles de manière à pouvoir former une série continue, mais j'éprouvai de grandes difficultés: je me suis cependant obstiné à ce travail, jusques à ce que j'aie éprouvé à plusieurs reprises une sensation désagréable, semblable à celle qu'on éprouve quand on déchire quelque chose par de grands efforts. Je m'arrêtai alors, et je réfléchis
10 sur le travail que je venois de faire; je m'apperçus que j'avois placé les plantes les moins parfaites au centre de chaque famille, et les plus parfaites aux deux extrémités; c'est-à-dire que j'avois fait une opération semblable à celle d'un homme qui voudroit disposer toutes les branches d'un même arbre de manière à ne former qu'une série, et qui, dépité de voir toujours l'extrémité
15 des unes répondre à la naissance des autres, ou les différentes branches se toucher tantôt par leur base, tantôt par leur extrémité prendroit enfin le parti de trancher la difficulté en fendant les branches e deux, et parviendroit enfin a les faire toutes toucher par leur base. Je restai alors convaincu que les végétaux formoient différentes séries unies par leur base, observant entr'elles une gra-

- 20 dation semblable à celle des branches d'un arbre: je travaillai donc à former ces différentes séries, et à établir leur gradation. Je me suis contenté d'indiquer leur point de contact dans l'explication de l'Arbre botanique, au lieu de le développer comme j'aurois dû; mais je n'ai pas eu intention de faire un gros volume, je n'ai voulu que développer assez mon idée pur la rendre sensible.
- 25 D'ailleurs, ces points de contact ne sont pas tous également bien établis; il y a encore bien des changemens à y faire. [...]

Introduction (pp. 1-4)

- [...] L'on sent assez qu'une suite de séries disposées en ramification ne peut pas s'exposer avec tous les rapports dans un tableau synoptique des classes.
- 30 Une figure semblable à celle d'un arbre généalogique, m'a paru plus propre à faire saisir l'ordre & la gradation des séries ou rameaux, qui forment les classes & les familles. Cette figure, que j'appelle *arbre botanique*, montre les rapports que les différentes séries de plantes conservent entr'elles, quoiqu'en s'éloignant du tronc; de même qu'un arbre généalogique montre l'ordre dans
- 35 lequel les différentes branches d'une même famille sont sorties de la tige à laquelle elles doivent leur origine. [...]

Exposition générale de la méthode (pp. 5-13)

- [...] La Nature semble en effet s'être élevée des fleurs incomplètes aux complètes, des monopétales aux polypétales, & des fleurs à étamines déterminées
- 40 aux polyandres. C'est de différentes manières qu'elle parvient à ces dernières, qui peuvent être regardées comme le maximum de la fleuraison. Ces différentes marches que le Créateur a suivies en formant les fleurs, composent différentes séries, qui semblent toutes tendre au même but, mais qui y parviennent plus ou moins. Le nombre, les proportions & la disposition des
- 45 parties de la fleur, font connoître ces différentes séries.

- Il paroît, & l'on ne peut guère en douter, que le Créateur en formant les fleurs, a suivi certaines proportions & progressions dans le nombre de leurs différentes parties. Ce sont ces proportions & ces progressions qui offrent les caractères, qui distinguent les différentes séries de fleurs phanérogames, &
- 50 elles fournissent un moyen de les diviser. [...]

Explication de l'arbre botanique (pp. 231-240).

Au bas de l'*arbre* sont quatre branches, qui représentent les quatre classes de la tribu des *cryptogames*.

Le tronc de l'*arbre* se divise en trois tiges. La première à gauche représente la tribu des *ternaires*: au bas de la tige sont les *graminées*; au milieu, les *ternarifides*; & à l'extrémité, les *ternaripétales*.

La seconde tige qui est à droite représente la tribu des *binaires*; au bas sont les *binarifides*. Au milieu de la tige sont deux branches: celle qui est à gauche représente la classe des *didynames*; celle qui est à droite, la classe des *monodynames*. La tige enfin est terminée par les *binaripétales*.

La troisième tige qui est au centre de l'*arbre* représente la grande série des *quinaires*. Au bas de la tige sont les *quinarifides*; la classe des *quinarisupères* est immédiatement au-dessus, autour de la tige. Du même point part une branche vers la gauche, qui représente les *quinarinfères*; au-dessus de celles-ci, autour de la tige, sont les *syngénésiques*. Au-dessus des *syngénésiques* sont deux branches qui s'abaissent & viennent se placer chacune à l'un des côtés de cette classe; celle qui est à gauche représente les *fasciculées*, & celle qui est à droite représente les *légumineuses*. La tige est enfin terminée par trois branches: celle du milieu représente les *fructiflores*; celle qui est à gauche, les *thalamiflores*; & celle qui est à droite, les *caliciflores*.

Pour se former une idée exacte des ramifications de l'*arbre botanique*, il faut supposer que la tige des *quinaires* est tournée de manière que les branches qui représentent les *thalamiflores*, les *fasciculées* & les *quinarinfères*, sont derrière l'*arbre*; les *fructiflores*, les *syngénésiques* & les *quinarisupères*, dans le centre; les *caliciflores* & les *légumineuses*, en face.

Il faut supposer aussi que la tige des *binaires* est tournée de manière que les *monodynames* font face à la tige des *ternaires*; & que les *didynames*, en s'écartant de leur tige, viennent se placer en face de l'*arbre* au dessous des *légumineuses*.

En considérant l'*arbre botanique*, l'on voit que la tige qui est à gauche forme une série de fleurs ternaires; celle qui est à droite, une série de fleurs binaires; & celle qui est au centre, une série de fleurs quinaires.

En ne considérant que la tige des *quinaires*, l'on voit au centre, en commençant par le haut, les *fructiflores*, les *syngénésiques* & les *quinarisupères* qui forment une série de fleurs supères; à droite, en commençant aussi par le haut, l'on voit

85 les *caliciflores* & les *légumineuses* qui forment une série de fleurs caliciflores; à gauche, les *thalamiflores* & les *fasciculées* qui forment une série de fleurs thalamiflores.

Maintenant, si vous ne considérez plus les ramifications de l'*arbre* perpendiculairement, mais au contraire si vous les considérez horizontalement, en commençant par le haut de l'*arbre botanique*; vous verrez que les *thalamiflores*,
 90 les *fructiflores*, les *caliciflores* & les *binaripétales* forment une ligne de fleurs poly-pétales à étamines libres, à laquelle il faut ajouter une grande partie des *ternaripétales*: au-dessous, les *fasciculées*, les *syngénésiques* & une partie des *légumineuses* forment une ligne de fleurs à étamines réunies: plus bas, les
 95 *quinarinifères*, les *quinarisupères*, les *monodynames* & les *didynames*, une ligne de fleurs monopétales; plus bas, les *ternarifides*, les *quinarifides* & les *binarifides* forment encore une ligne de fleurs incomplètes. Ces différentes manières de considérer les plantes dans l'*arbre botanique*, donnent un moyen de les classer, ou d'après la considération des divisions de la corolle, ou de la composition de
 100 la fleur en incomplète, monopétale & polypétale; ou d'après les rapports de la position ou de la réunion des étamines, ou d'après la position du fruit. Ceux qui connoîtront bien les ordres & les familles, pourront encore les classer par le moyen de la forme du fruit & même de plusieurs autres caractères. Par-là l'*arbre botanique* peut tenir lieu de tous les systèmes fondés sur les différentes
 105 parties de la fleur.

Si l'on considère les familles qui sont placées au bas des tiges, l'on verra que les *aroides* & les *fougères* unissent les *cryptogames* aux *binaires*; les *euphorbes* & les *ricins* unissent les *binaires* aux *quinaires*; les *arroches* & les *rumoïdes* unissent les *quinaires* aux *ternaires*, & les *nardines* font la nuance entre les *graminées* & les
 110 *mousses*.

J'ai exposé, au commencement de l'Ouvrage, la gradation & la subordination naturelle des tribus & des classes; il ne me reste plus qu'à faire connoître les différentes séries formées par les ordres & les familles, & comment elles sont réunies entr'elles.

115 Les *graminées* peuvent être regardées comme une série très-naturelle, composées de plusieurs petites ramifications qui ont tant de rapport entr'elles, que l'on peut passer de l'une à l'autre par des nuances presque insensibles. Les

- souchets* touchent de près aux *massettes*, & unissent par-là les *graminées* aux *ternarifides*.
- 120 Les *ternarifides* forment trois séries naturelles formées par différentes familles, qui ne diffèrent les unes des autres que par un seul caractère. La première série est celle des *liliacées infères*; elle commence par les *massettes*. Les *acoracées* diffèrent par leur fruit capsulaire, les *juncoïdes* par leur fleur glumacée, les *butomiers* par leur ovaire divisé, les *jacinthoïdes* par leur ovaire sans division,
- 125 les *asphodélacées* par leurs fleurs en étoile, les *liliformes* par leurs pétales droits, & les *érythronides* par leurs pétales alternes. Les *liliacées supères* & les *fausses liliacées* forment aussi trois séries, dont les familles qui les composent ne diffèrent les unes des autres que par un seul caractère.: le point de contact de ces trois séries se trouve établi par les *asparagoïdes*, les *tamiers* & les *butomiers*.
- 130 Les *ternaripétales* forment aussi trois séries, l'une de fleurs monopétales & les deux autres de polypétales: leur point de contact est établi par les *balisiers*, les *palmiers* & les *alismoïdes*. Ces trois familles unissent encore ces séries aux trois séries de la classe précédente; les *alismoïdes* l'unissent aux *butomiers*, les *palmiers* aux *asperges*, & les *balisiers* aux *bananiers*.
- 135 Les *binarifides* forment quatre séries: leur point de contact est établi par les *piperacées*, les *naïades*, les *salicornes* & les *isnardes*.
- Les *monodynames* forment deux séries, l'une de fleur supère & l'autre de fleur infère: leur point de contact est établi par les *protées* & les *dipsacées*. Les *sépiaires* unissent encore cette classe aux *didynames*, & les *dipsacées* aux *quinari-supères* & aux *cynarocéphales*.
- 140 Les *didynames* forment deux grandes séries, les *labiées* & les *muflandes*: leur point de contact est établi par les *salvioles* & les *gratiolées*. Les *semi-quinaires* ou *bignonies* forment une troisième petite série intérieure, qui unit cette classe aux *quinaires* près desquelles les *didynames* sont placées.
- 145 Les *ternaripétales* [error: el autor hace referencia aquí a los *binaripétales*, P.L.G] forment trois grandes séries: leur point de contact est établi par les *cornouillers*, les *parisettes* & les *drabacées*.
- Les *quinarifides* forment trois séries: leur point de contact est établi par les *canabines*, les *arroches* & les *herniaires*.
- 150 Les *quinarinfères* forment trois séries: leur point de contact se trouve établi par les *nyctaginées*, les *convolvulacées* & les *atropacées*.

Les *quinarisupères* forment trois petites séries, dont le point de contact est établi par les *valérianées*, les *campanulacées* & les *cucurbitacées*. Les *campanulacées* les unissent encore a la classe précédente, & les *cucurbitacées* aux *syngénésiques* & aux *quinarifides*.

Les *syngénésiques* forment trois grandes séries, dont les *anomales* forment le point de contact; elles les unissent encore a la classe précédente qui leur est inférieure, & aux *fructiflores* qui leur sont supérieures.

Les *légumineuses* forment deux grandes séries: les *gâinières* sont la nuance entre les *cassidées* & les *légumineuses*. Les *moringées* unissent cette classe aux *caliciflores*.

Les *fasciculées* forment trois séries: les *tiniacées* & les *fugosies* unissent les deux premières. Les *polyadelphes* unissent cette classe aux *thalamiflores*, & les *passiflores* l'unissent aux *syngénésiques anomales*.

Les *fructiflores* forment une grande série d'*ombellifères*, & deux petites formées l'une par les *arallies* qui unissent les ombellifères aux *caliciflores*, & l'autre par les *ombellifères anomales* qui unissent les ombellifères aux *syngénésiques*.

Les *caliciflores* forment trois séries: les deux inférieures ont leur point de contact établi par les *rhamnides* & les *staphylières*; la troisième, qui leur est supérieure, fait suite à ces deux-ci. Les *prunifères* l'unissent aux *jujubiers*, & les *portulacées* aux *saxifrages*.

Les *thalamiflores* forment trois séries: le point de contact des deux inférieures se trouve entre les *euphoriacées* & les *roridulées*; la troisième, qui leur est supérieure, paroît n'être qu'une suite de la série des *capsulaires*.

En considérant attentivement les ramifications de l'*arbre botanique*, l'on verra qu'elles établissent encore une infinité d'autres rapports entre les plantes. Un des principaux, c'est celui d'analogie, qui consiste en ce que les familles & les genres qui sont placés d'une manière analogue, c'est-à-dire semblablement par rapport aux tiges & aux branches auxquelles elles appartiennent, ont entr'elles les plus grands rapports. Par exemple, les *ranonculacées* & les *cistoïdes* sont placées semblablement dans la branche des *thalamiflores*, & leurs deux rameaux servent de pendant l'un à l'autre; aussi ne diffèrent-elles que par le nombre de leurs ovaires. Maintenant, cherchons dans la branche des *caliciflores*, qui est opposée a celle des *thalamiflores*, le rameau qui sert de pendant à celui que forment les *ranonculacées* dans cette dernière classe, & nous trouverons les

rosacées qui n'en diffèrent que par leurs pétales sur le calice. Si l'on cherche dans la classe des *fasciculées* le rameau qui occupe une place analogue à celle que les *ranunculacées* occupent dans la leur, l'on trouvera les *hypéricoïdes* qui n'en diffèrent que par les filamens réunis: l'on trouvera de même que les *cal-*
 190 *thoïdes* sont semblablement placées dans les *quinarifides*, & qu'elles n'en diffèrent que par le défaut du calice; que les *papaveracées* sont semblablement placées dans la branche des *ternaripétales*, [error: el autor hace referencia aquí a los *binaripétales*, P.L.G] & qu'elles ont avec elles beaucoup de rapport; qu'il en est de même des *clématites* dans la branche des *binarifides*, & des *anones* dans la
 195 branche des *ternaripétales*. Par ce rapport d'analogie l'on pourroit, en comparant les places qu'occupent deux familles, déterminer combien elles ont de caractères communs & de caractères distinctifs.

Tous les rapports dont je viens de parler peuvent se réduire aux cinq suivans: Le rapport de proportion consiste en ce que les différentes parties de la fleur affectent tel ou tel nombre; le rapport de composition consiste dans la pré-
 200 sence ou l'absence du calice, dans la corolle monopétale ou polypétale, dans les étamines réunies ou libres; le rapport de disposition, dans la corolle & les étamines placées sur le fruit ou le calice ou le réceptacle; le rapport de proximité lie les séries entr'elles, ainsi que les rameaux: enfin, le rapport d'analogie,
 205 qui fait que les familles placées dans l'*arbre botanique* d'une manière semblable par rapport aux différentes branches, ont beaucoup de rapports communs. Ces deux derniers rapports consistent principalement dans la forme du fruit & dans le nombre des étamines & des pistils.

Si l'on dispoit les genres & les espèces d'une manière semblable à celle des
 210 familles, c'est-à-dire en ramifications, & que l'*arbre botanique* ne fût pas présenté sur un plan, mais par une figure en tout semblable à un arbre & dont on peut appercevoir le contour & l'intérieur, l'on pourroit, à l'aide des rapports de proximité & d'analogie, appercevoir aisément les lacunes formées par l'absence des genres & espèces de plantes que l'on n'a pas encore découverts.

215 Je n'entreprendrai pas d'exposer ici tous les rapports que les ramifications de l'*arbre botanique* donnent lieu d'appercevoir entre les différentes familles. Mon dessein n'a été que de développer assez mon nouveau plan de classification, pour pouvoir faire saisir mon idée. Cet Ouvrage n'avoit point été fait pour voir le jour: j'avois communiqué mes idées, sur ce sujet, à quelques personnes

220 par forme de conversation; l'on m'engagea à les mettre par écrit, afin de pou-
voir mieux les saisir. Depuis, quelques Botanistes ayant vu mon travail, ont
trouvé mon idée heureuse, & m'ont engagé à la publier. Je n'ai ni le temps, ni
les moyens, ni les connoissances nécessaires, pour achever & perfectionner un
plan aussi considérable. Mon but sera rempli, si mes idées peuvent être de
225 quelque utilité aux personnes qui, par leurs talens & leurs connoissances, sont
à même de simplifier l'étude de la Botanique, & de faire faire des progrès à
cette science.

Anexo B: Transcripción del texto original de Ch. Darwin

El siguiente texto procede de la obra de Charles Darwin titulada «On the Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life», publicada en Londres en 1859 (primera edición). Se reproduce aquí aquella parte del capítulo cuarto que se dedica a la descripción del diagrama (páginas 111-121), así como a la metáfora del árbol (páginas 123-124).

Descripción del diagrama

The accompanying diagram will aid us in understanding this rather perplexing subject. Let A to L represent the species of a genus large in its own country; these species are supposed to resemble each other in unequal degrees, as is so generally the case in nature, and as is represented in the diagram by the letters standing at unequal distances. I have said a large genus, because we have seen in the second chapter, that on an average more of the species of large genera vary than of small genera; and the varying species of the large genera present a greater number of varieties. We have, also, seen that the species, which are the commonest and the most widely-diffused, vary more than rare species with restricted ranges. Let (A) be a common, widely-diffused, and varying species, belonging to a genus large in its own country. The little fan of diverging dotted lines of unequal lengths proceeding from (A), may represent its varying offspring. The variations are supposed to be extremely slight, but of the most diversified nature; they are not supposed all to appear simultaneously, but often after long intervals of time; nor are they all supposed to endure for equal periods. Only those variations which are in some way profitable will be preserved or naturally selected. And here the importance of the principle of benefit being derived from divergence of character comes in; for this will generally lead to the most different or divergent

variations (represented by the outer dotted lines) being preserved and accumulated by natural selection. When a dotted line reaches one of the horizontal lines, and is there marked by a small numbered letter, a sufficient amount of variation is supposed to have been accumulated to have formed a fairly well-
 25 marked variety, such as would be thought worthy of record in a systematic work.

The intervals between the horizontal lines in the diagram, may represent each a thousand generations; but it would have been better if each had represented ten thousand generations. After a thousand generations, species (A) is sup-
 30 posed to have produced two fairly well-marked varieties, namely a^1 and m^1 . These two varieties will generally continue to be exposed to the same conditions which made their parents variable, and the tendency to variability is in itself hereditary, consequently they will tend to vary, and generally to vary in nearly the same manner as their parents varied. Moreover, these two varieties,
 35 being only slightly modified forms, will tend to inherit those advantages which made their common parent (A) more numerous than most of the other inhabitants of the same country; they will likewise partake of those more general advantages which made the genus to which the parent-species belonged, a large genus in its own country. And these circumstances we know to be
 40 favourable to the production of new varieties.

If, then, these two varieties be variable, the most divergent of their variations will generally be preserved during the next thousand generations. And after this interval, variety a^1 is supposed in the diagram to have produced variety a^2 , which will, owing to the principle of divergence, differ more from (A) than
 45 did variety a^1 . Variety m^1 is supposed to have produced two varieties, namely m^2 and s^2 , differing from each other, and more considerably from their common parent (A). We may continue the process by similar steps for any length of time; some of the varieties, after each thousand generations, producing only a single variety, but in a more and more modified condition, some producing
 50 two or three varieties, and some failing to produce any. Thus the varieties or modified descendants, proceeding from the common parent (A), will generally go on increasing in number and diverging in character. In the diagram the process is represented up to the ten-thousandth generation, and under a condensed and simplified form up to the fourteen-thousandth generation.

55 But I must here remark that I do not suppose that the process ever goes on so
regularly as is represented in the diagram, though in itself made somewhat
irregular. I am, far from thinking that the most divergent varieties will invari-
ably prevail and multiply: a medium form may often long endure, and may or
may not produce more than one modified descendant; for natural selection
60 will always act according to the nature of the places which are either unoccu-
pied or not perfectly occupied by other beings; and this will depend on
infinitely complex relations. But as a general rule, the more diversified in
structure the descendants from any one species can be rendered, the more
places they will be enabled to seize on, and the more their modified progeny
65 will be increased. In our diagram the line of succession is broken at regular
intervals by small numbered letters marking the successive forms which have
become sufficiently distinct to be recorded as varieties. But these breaks are
imaginary, and might have been inserted anywhere, after intervals long
enough to have allowed the accumulation of a considerable amount of diver-
70 gent variation.

As all the modified descendants from a common and widely-diffused species,
belonging to a large genus, will tend to partake of the same advantages which
made their parent successful in life, they will generally go on multiplying in
number as well as diverging in character: this is represented in the diagram by
75 the several divergent branches proceeding from (A). The modified offspring
from the later and more highly improved branches in the lines of descent, will,
it is probable, often take the place of, and so destroy, the earlier and less
improved branches: this is represented in the diagram by some of the lower
branches not reaching to the upper horizontal lines. In some cases I do not
80 doubt that the process of modification will be confined to a single line of des-
cent, and the number of the descendants will not be increased; although the
amount of divergent modification may have been increased in the successive
generations. This case would be represented in the diagram, if all the lines
proceeding from (A) were removed, excepting that from a^1 to a^{10} . In the same
85 way, for instance, the English race-horse and English pointer have apparently
both gone on slowly diverging in character from their original stocks, without
either having given off any fresh branches or races.

After ten thousand generations, species (A) is supposed to have produced three forms, a^{10} , f^{10} , and m^{10} , which, from having diverged in character during the successive generations, will have come to differ largely, but perhaps
 90 unequally, from each other and from their common parent. If we suppose the amount of change between each horizontal line in our diagram to be excessively small, these three forms may still be only well-marked varieties; or they may have arrived at the doubtful category of sub-species; but we have only to
 95 suppose the steps in the process of modification to be more numerous or greater in amount, to convert these three forms into well-defined species: thus the diagram illustrates the steps by which the small differences distinguishing varieties are increased into the larger differences distinguishing species. By continuing the same process for a greater number of generations (as shown in
 100 the diagram in a condensed and simplified manner), we get eight species, marked by the letters between a^{14} and m^{14} , all descended from (A). Thus, as I believe, species are multiplied and genera are formed.

In a large genus it is probable that more than one species would vary. In the diagram I have assumed that a second species (I) has produced, by analogous
 105 steps, after ten thousand generations, either two well-marked varieties (w^{10} and z^{10}) or two species, according to the amount of change supposed to be represented between the horizontal lines. After fourteen thousand generations, six new species, marked by the letters n^{14} to z^{14} , are supposed to have been produced. In each genus, the species, which are already extremely different in
 110 character, will generally tend to produce the greatest number of modified descendants; for these will have the best chance of filling new and widely different places in the polity of nature: hence in the diagram I have chosen the extreme species (A), and the nearly extreme species (I), as those which have largely varied, and have given rise to new varieties and species. The other
 115 nine species (marked by capital letters) of our original genus, may for a long period continue transmitting unaltered descendants; and this is shown in the diagram by the dotted lines not prolonged far upwards from want of space.

But during the process of modification, represented in the diagram, another of our principles, namely that of extinction, will have played an important part.
 120 As in each fully stocked country natural selection necessarily acts by the selected form having some advantage in the struggle for life over other forms,

there will be a constant tendency in the improved descendants of any one species to supplant and exterminate in each stage of descent their predecessors and their original parent. For it should be remembered that the competition
 125 will generally be most severe between those forms which are most nearly related to each other in habits, constitution, and structure. Hence all the intermediate forms between the earlier and later states, that is between the less and more improved state of a species, as well as the original parent-species itself, will generally tend to become extinct. So it probably will be with many whole
 130 collateral lines of descent, which will be conquered by later and improved lines of descent. If, however, the modified offspring of a species get into some distinct country, or become quickly adapted to some quite new station, in which child and parent do not come into competition, both may continue to exist.

135 If then our diagram be assumed to represent a considerable amount of modification, species (A) and all the earlier varieties will have become extinct, having been replaced by eight new species (a^{14} to m^{14}); and (I) will have been replaced by six (n^{14} to z^{14}) new species.

But we may go further than this. The original species of our genus were supposed to resemble each other in unequal degrees, as is so generally the case in
 140 nature; species (A) being more nearly related to B, C, and D, than to the other species; and species (I) more to G, H, K, L, than to the others. These two species (A) and (I), were also supposed to be very common and widely diffused species, so that they must originally have had some advantage over most of
 145 the other species of the genus. Their modified descendants, fourteen in number at the fourteen-thousandth generation, will probably have inherited some of the same advantages: they have also been modified and improved in a diversified manner at each stage of descent, so as to have become adapted to many related places in the natural economy of their country. It seems, therefore, to me extremely probable that they will have taken the places of, and
 150 thus exterminated, not only their parents (A) and (I), but likewise some of the original species which were most nearly related to their parents. Hence very few of the original species will have transmitted offspring to the fourteen-thousandth generation. We may suppose that only one (F), of the two

155 species which were least closely related to the other nine original species, has transmitted descendants to this late stage of descent.

The new species in our diagram descended from the original eleven species, will now be fifteen in number. Owing to the divergent tendency of natural selection, the extreme amount of difference in character between species a^{14} and z^{14} will be much greater than that between the most different of the original eleven species. The new species, moreover, will be allied to each other in a widely different manner. Of the eight descendants from (A) the three marked a^{14} , q^{14} , p^{14} , will be nearly related from having recently branched off from a^{10} ; b^{14} and f^{14} , from having diverged at an earlier period from a^5 , will be
 160 in some degree distinct from the three first-named species; and lastly, o^{14} , e^{14} , and m^{14} , will be nearly related one to the other, but from having diverged at the first commencement of the process of modification, will be widely different from the other five species, and may constitute a sub-genus or even a distinct genus.

170 The six descendants from (I) will form two sub-genera or even genera. But as the original species (I) differed largely from (A), standing nearly at the extreme points of the original genus, the six descendants from (I) will, owing to inheritance, differ considerably from the eight descendants from (A); the two groups, moreover, are supposed to have gone on diverging in different
 175 directions. The intermediate species, also (and this is a very important consideration), which connected the original species (A) and (I), have all become, excepting (F), extinct, and have left no descendants. Hence the six new species descended from (I), and the eight descended from (A), will have to be ranked as very distinct genera, or even as distinct sub-families.

180 Thus it is, as I believe, that two or more genera are produced by descent, with modification, from two or more species of the same genus. And the two or more parent-species are supposed to have descended from some one species of an earlier genus. In our diagram, this is indicated by the broken lines, beneath the capital letters, converging in sub-branches downwards towards a
 185 single point; this point representing a single species, the supposed single parent of our several new sub-genera and genera.

It is worth while to reflect for a moment on the character of the new species F^{14} , which is supposed not to have diverged much in character, but to have

retained the form of (F), either unaltered or altered only in a slight degree. In
 190 this case, its affinities to the other fourteen new species will be of a curious
 and circuitous nature. Having descended from a form which stood between
 the two parent-species (A) and (I), now supposed to be extinct and unknown,
 it will be in some degree intermediate in character between the two groups
 descended from these species. But as these two groups have gone on diver-
 195 ging in character from the type of their parents, the new species (*F14*) will not
 be directly intermediate between them, but rather between types of the two
 groups; and every naturalist will be able to bring some such case before his
 mind.

In the diagram, each horizontal line has hitherto been supposed to represent a
 200 thousand generations, but each may represent a million or hundred million
 generations, and likewise a section of the successive strata of the earth's crust
 including extinct remains. We shall, when we come to our chapter on Geo-
 logy, have to refer again to this subject, and I think we shall then see that the
 diagram throws light on the affinities of extinct beings, which, though gener-
 205 ally belonging to the same orders, or families, or genera, with those now
 living, yet are often, in some degree, intermediate in character between exist-
 ing groups; and we can understand this fact, for the extinct species lived at
 very ancient epochs when the branching lines of descent had diverged less.

I see no reason to limit the process of modification, as now explained, to the
 210 formation of genera alone. If, in our diagram, we suppose the amount of
 change represented by each successive group of diverging dotted lines to be
 very great, the forms marked a^{14} to p^{14} , those marked b^{14} , and f^{14} , and those
 marked o^{14} to m^{14} , will form three very distinct genera. We shall also have two
 very distinct genera descended from (I); and as these latter two genera, both
 215 from continued divergence of character and from inheritance from a different
 parent, will differ widely from the three genera descended from (A), the two
 little groups of genera will form two distinct families, or even orders, accord-
 ing to the amount of divergent modification supposed to be represented in the
 diagram. And the two new families, or orders, will have descended from two
 220 species of the original genus; and these two species are supposed to have des-
 cended from one species of a still more ancient and unknown genus.

We have seen that in each country it is the species of the larger genera which oftenest present varieties or incipient species. This, indeed, might have been expected; for as natural selection acts through one form having some advantage over other forms in the struggle for existence, it will chiefly act on those which already have some advantage; and the largeness of any group shows that its species have inherited from a common ancestor some advantage in common. Hence, the struggle for the production of new and modified descendants, will mainly lie between the larger groups, which are all trying to increase in number. One large group will slowly conquer another large group, reduce its numbers, and thus lessen its chance of further variation and improvement. Within the same large group, the later and more highly perfected subgroups, from branching out and seizing on many new places in the polity of Nature, will constantly tend to supplant and destroy the earlier and less improved subgroups. Small and broken groups and sub-groups will finally tend to disappear. Looking to the future, we can predict that the groups of organic beings which are now large and triumphant, and which are least broken up, that is, which as yet have suffered least extinction, will for a long period continue to increase. But which groups will ultimately prevail, no man can predict; for we well know that many groups, formerly most extensively developed, have now become extinct. Looking still more remotely to the future, we may predict that, owing to the continued and steady increase of the larger groups, a multitude of smaller groups will become utterly extinct, and leave no modified descendants; and consequently that of the species living at any one period, extremely few will transmit descendants to a remote futurity. I shall have to return to this subject in the chapter on Classification, but I may add that on this view of extremely few of the more ancient species having transmitted descendants, and on the view of all the descendants of the same species making a class, we can understand how it is that there exist but very few classes in each main division of the animal and vegetable kingdoms. Although extremely few of the most ancient species may now have living and modified descendants, yet at the most remote geological period, the earth may have been as well peopled with many species of many genera, families, orders, and classes, as at the present day.

255 **Descripción de la metáfora de árbol**

The affinities of all the beings of the same class have sometimes been represented by a great tree. I believe this simile largely speaks the truth. The green and budding twigs may represent existing species; and those produced during each former year may represent the long succession of extinct species. At each
260 period of growth all the growing twigs have tried to branch out on all sides, and to overtop and kill the surrounding twigs and branches, in the same manner as species and groups of species have tried to overmaster other species in the great battle for life. The limbs divided into great branches, and these into lesser and lesser branches, were themselves once, when the tree was small,
265 budding twigs; and this connexion of the former and present buds by ramifying branches may well represent the classification of all extinct and living species in groups subordinate to groups. Of the many twigs which flourished when the tree was a mere bush, only two or three, now grown into great branches, yet survive and bear all the other branches; so with the species
270 which lived during long-past geological periods, very few now have living and modified descendants. From the first growth of the tree, many a limb and branch has decayed and dropped off; and these lost branches of various sizes may represent those whole orders, families, and genera which have now no living representatives, and which are known to us only from having been
275 found in a fossil state. As we here and there see a thin straggling branch springing from a fork low down in a tree, and which by some chance has been favoured and is still alive on its summit, so we occasionally see an animal like the *Ornithorhynchus* or *Lepidosiren*, which in some small degree connects by its affinities two large branches of life, and which has apparently been saved from fatal competition by having inhabited a protected station. As buds give
280 rise by growth to fresh buds, and these, if vigorous, branch out and overtop on all sides many a feebler branch, so by generation I believe it has been with the great Tree of Life, which fills with its dead and broken branches the crust of the earth, and covers the surface with its ever branching and beautiful rami-
285 fications.

