

## Capítulo 3

# Sobre la enseñanza de las ciencias en una titulación (aparentemente) no científica

La cuestión que tratamos aquí es la de la enseñanza de la materia 'Percepción Visual' (tal como se expuso en el capítulo anterior: como una disciplina de carácter cuantitativo, con una cierta elaboración matemática) en la Diplomatura de Óptica y Optometría de la Universitat de València.

Esta concepción de la materia y este contexto hacen que dicha cuestión tenga una serie de matices *problemáticos* (que requieren un esfuerzo docente especial). A continuación expongo en que consisten estos problemas específicos y como estamos intentando atacarlos (varios miembros de este Departamento).

### 3.1 La Percepción Visual y tres definiciones (discutibles) de Ciencia

La primera cuestión a tratar es la de si la 'Percepción Visual' (una parte de las Ciencias de la Visión) es, o no, una disciplina científica.

En cierta ocasión, un colega al que respeto mucho<sup>1</sup> me dió una definición humorística de *ciencia* que él tomaba muy en serio (y a mi me dejó bastante afectado por un tiempo):

*Las disciplinas en cuyo nombre se incluye la palabra ciencia, no son ciencias.*

Naturalmente, lo que él quería decir es que, mientras que las siguientes disciplinas:

- Matemáticas
- Física
- Química
- Biología computacional
- Metafísica

debían considerarse como *ciencias*, estas otras disciplinas:

- Ciencias Ocultas
- Ciencias de la Información (Periodismo)
- Ciencias Sociales
- Ciencias de la Salud
- Ciencias de la Visión
- Ciencias de la Computación

no merecían tal categoría.

Es el problema de las afirmaciones humorísticas: son fácilmente rebatibles. En mi opinión, Philippe se equivocaba (como mínimo en los dos últimos casos).

Si tomamos otra definición de ciencia igual de genérica pero menos divertida (es decir, que genera más consenso), podríamos decir que:

*En un sentido estricto las disciplinas científicas son aquellas que elaboran modelos matemáticos (predictivos y por tanto, contrastables) de los fenómenos que ocurren.*

Esta definición (no exenta de polémica) me gusta porque elimina los ejemplos *incómodos* de la lista expuesta anteriormente. Más aún, esta definición puede reducirse, sin pérdida de generalidad, a otra más precisa (y por tanto muy apropiada para un auditorio de físicos y matemáticos):

---

<sup>1</sup>Philippe Refregier, Professeur de la Ecole Nationale Supérieure de Physique de Marseille.

*Ciencia es todo aquello en lo que trabaje un número suficiente de físicos y matemáticos. Y lo que no cumpla dicha condición, no es ciencia.*

Dado el escaso acuerdo que parece haber entre los filósofos de la ciencia sobre la definición<sup>2</sup>, yo estoy tentado de quedarme con la última.

Aparte de las obvias razones gremiales, la última definición me gusta porque da una explicación trascendente al hecho de que algunos insignes físicos y matemáticos se hayan interesado por materias (como las Ciencias de la Visión o las de la Computación) que me resultan interesantes<sup>3</sup>.

En resumen, las discutibles ideas que quería transmitir en este apartado son tres:

- Indudablemente la 'Percepción Visual' es una disciplina de *ciencias* en el sentido de que utiliza modelos matemáticos elaborados para explicar la fenomenología de fenómenos naturales, y por ello contiene múltiples aspectos de interés para una persona con formación en física o matemáticas.
- Debido a mi formación de físico y a los (buenos o malos) prejuicios asociados a ella, considero que los aspectos relacionados con la elaboración de modelos matemáticos de la percepción son los que le dan a esta disciplina un carácter *netamente* científico (y por tanto útil para la formación integral del alumno): sin estos aspectos cuantitativos, entiendo que no se describe adecuadamente la fenomenología, ni se cuenta con herramientas para hacer predicciones que sea posible contrastar experimentalmente.
- Por ello, creo que los estudiantes de 'Percepción Visual' deberían dedicar algún tiempo (mucho o poco) a estos aspectos. O, cuando menos, dichos aspectos no deberían ser ocultados totalmente en la exposición de la materia.

A pesar de lo centrales que resultan estas tres ideas para sustentar la orientación de este Proyecto Docente, soy consciente de que los argumentos esgrimidos no son de peso para el que no estuviese convencido de antemano.

Como dirían dos autores al uso (p.e. Popper [11] y Khun [12]), estos párrafos no constituyen ningún tipo de argumentación: no sólo han sido completamente arbitrarios y cargados de reprobables argumentos de *autoridad* sino que además están totalmente influenciados por el *paradigma* actual (es decir los prejuicios debidos a mi formación).

---

<sup>2</sup>Sobre todo entre aquellos filósofos de la ciencia que son físicos o matemáticos [1].

<sup>3</sup>Siempre es bonito pensar que, aunque sea de ciencias *menores*, a uno le interesan los mismos problemas que a, por ejemplo, Newton (Primeras teorías -incorrectas- sobre el Color [2]), Gabor (Teoría de la Información [3]), Shannon (Teoría de la Información [4]), Wiener (Cibernética: Biología + Teoría de la Información [5]), Schrödinger (Métricas no euclideas de espacios cromáticos [6]), Von Neumann (arquitecturas para el procesado de la información [7]), Feynman (reconoció la percepción como un ingente problema no resuelto [8]), Watson y Ahumada (propusieron las wavelets como representación usada por el córtex visual [9]) o Simoncelli (interesado en la relación entre la estadística de las imágenes naturales y la organización del córtex [10]).

Por lo menos, para otro autor al uso (Feyerabend, partidario de la *proliferación* como método [13]), esta inconsistencia quizá no sea un problema grave si al final algún estudiante acaba aprendiendo algo distinto de cero.

## 3.2 El problema fundamental

En mi opinión, el problema fundamental de la orientación cuantitativa propuesta aquí es que *dicha concepción cuantitativo-formal es minoritaria entre la comunidad de investigadores que se dedica al estudio de la 'Percepción Visual'*.

A nivel mundial dicha comunidad está fundamentalmente integrada por psicólogos y en mucha menor medida por optometristas (o gente con otra formación: físicos, matemáticos, ingenieros, neurofisiólogos, etc.).

Como ocurre en otras áreas multidisciplinares (como en Ciencias de la Computación) la aproximación propuesta por físicos o matemáticos está fuera de la corriente principal de esas áreas, en cierto modo, dirigidas por gente con otra formación.

Este hecho, aparentemente alejado del fenómeno docente, lleva asociados varios problemas que dificultan la docencia de esta materia.

## 3.3 Algunos problemas asociados

Los problemas de que esta concepción sea minoritaria son de dos tipos:

- La imagen que la sociedad tiene de esta materia (y de la titulación) no incluye los aspectos matemático-formales que la materia tiene en realidad. Esto genera dos problemas:
  - Los alumnos rechazan esos contenidos porque no coinciden con sus expectativas.
  - Los profesores exigen un nivel inferior a dichos alumnos porque no se espera que ellos lleguen a tal nivel.
- El profesor que pretende plantear de esta forma la materia normalmente ha cursado unos estudios diferentes que los alumnos a los que se dirige. Por tanto, aunque esté convencido de la oportunidad de la aproximación propuesta, y esté dispuesto a dar un cierto (mucho o poco) nivel a los alumnos, se encuentra con el problema docente de que no conoce las claves de razonamiento que puedan interesar a estos estudiantes.

Por ejemplo, mientras que un físico explicando 'Percepción Visual' en la titulación de Física<sup>4</sup> no tendrá problemas graves para motivar a sus alumnos debido a que conoce cuáles son los aspectos que pueden motivarles, la situación se le complica mucho en el contexto de la Diplomatura de Óptica, porque no conoce de antemano los elementos que pueden motivar

---

<sup>4</sup>Por ejemplo en la asignatura de Física de la Visión impartida por este Departamento.

a estos alumnos para enfrentarse (y superar) un lenguaje que les resulta extraño.

Naturalmente, como se puede imaginar, estos problemas no son exclusivos de la 'Percepción Visual', sino que afectan de lleno a todas las materias de la titulación que cuentan con una cierta componente cuantitativa (de ciencias!).

### 3.4 Consecuencias

Estos problemas citados tienen dos consecuencias inmediatas:

- Si se intenta dar un cierto nivel sin hacer un cierto esfuerzo docente especial (asumiendo ingenuamente que estos alumnos piensan como físicos) el resultado es *catastrófico*.
- Si se renuncia a que los alumnos dominen (al menos en un grado mínimo) la parte cuantitativa de la materia se corre el riesgo de *desnaturalizar* la materia en cierta medida.

En este caso, nos quedaríamos en una simple descripción de la fenomenología y en la mera exposición de técnicas que los alumnos aprenderían memorísticamente sin ser conscientes en absoluto de la potencia que tienen los resultados que están memorizando.

### 3.5 ¿Qué opciones nos quedan?

Así las cosas (*catástrofe* o *desnaturalización*), parece que, descartado el suicidio, sólo quedan dos opciones:

- Opción arriesgada: tratar de evitar la *catástrofe*.

Creemos que la clave para dar un cierto nivel sin que ocurra una catástrofe, estaría centrada en tres puntos:

- *Simplificar*: tratar reducir el temario al máximo.

Si nos centramos sólo en los conceptos básicos (abstractos pero potentes), quizá tengamos tiempo suficiente para que los alumnos superen la dificultad debida al lenguaje matemático y lleguen a captar la esencia de los modelos.

- *Ilustrar* las expresiones o modelos matemáticos mediante ejemplos.

De esta forma ayudaremos a que los alumnos superen la barrera que les supone el lenguaje matemático.

- *Computacional en vez de analítico*.

En lugar de poner el énfasis en que los alumnos dominen una determinada técnica matemática de forma analítica<sup>5</sup>, convendría poner el

---

<sup>5</sup>Por ejemplo la solución de transformadas de Fourier.

énfasis en que los alumnos fuesen capaces de usar alguna herramienta de software para resolver ese problema<sup>6</sup>.

Si se consiguiera que los alumnos adquirieran cierta desenvoltura en el uso de una herramienta como MATLAB, serían capaces de explorar por si mismos el comportamiento de los modelos aplicándolos a diferentes casos concretos.

La idea es poner en manos de los alumnos un instrumento que les permita *ilustrar* por si mismos los conceptos matemáticos con los que tienen dificultades analíticas.

- Opción conservadora: aceptar la *desnaturalización*.

La opción más sencilla (y desde luego la más cómoda para el profesor y los alumnos) consiste en que el profesor *simplifique* el temario, *ilustre* con transparencias los conceptos matemáticos, y finalmente (*en el examen*) no exija que los alumnos razonen, sino que se limiten a *desembuchar* conceptos matemáticos como si se tratase de un manual de histología del sistema visual.

Quisiera hacer hincapié de nuevo en la comodidad de la opción conservadora: el profesor no debe preocuparse de cómo hacer que los alumnos *hagan cuentas* (en el mejor de los casos sólo es él quien debe utilizar el software -o la fotocopidora- para generar los ejemplos ilustrativos) y los alumnos deben estudiar la asignatura de forma puramente memorística.

La opción conservadora garantiza además un nivel de aprobados razonable, cosa que siempre es deseable, especialmente si se trata de una asignatura *optativa* en un contexto competitivo en el que los alumnos lógicamente están preocupados por seleccionar un conjunto de asignaturas *fáciles* para completar el número de créditos necesario que les dará el ansiado título<sup>7</sup>.

### 3.6 Objetivo de este proyecto docente

Naturalmente, el objetivo es intentar abordar la opción arriesgada.

Para ello, la Dra. Maria José Luque y yo mismo hemos desarrollado herramientas (COLORLAB y otros programas en MATLAB) que posibilitan el planteamiento de un complemento cuantitativo a las sesiones de teoría. Además de su uso en nuestras prácticas (sesiones de problemas en aula de informática), hemos propiciado el uso de MATLAB en las sesiones de problemas de la asignatura troncal *Matemáticas*. La idea es que, mediante estas sesiones de prácticas con ordenador, los alumnos lleguen a desarrollar las habilidades computacionales necesarias para explorar por si mismos los conceptos expuestos en las sesiones teóricas.

<sup>6</sup>Por ejemplo, en MATLAB, el cálculo de la transformada de Fourier de una imagen, *i*, es tan fácil como escribir: `I=fftshift(fft2(i));`.

<sup>7</sup>Por citar sólo ejemplos llamativos, mientras que *Óptica Física Aplicada* no se imparte por falta de estudiantes, hay alumnos que completan créditos de libre opción con cursos como *Cata de Vinos* o *Danza y Expresión Corporal*.

En los casos en los que esto resulta exitoso no sólo se consigue que los alumnos comprendan realmente el sentido de la teoría, sino que *incluso*, podrían tomar consciencia de la importancia de tener habilidades analíticas (y no sólo computacionales), aunque no se les exija tal cosa en los exámenes.

El objetivo utópico es que los estudiantes que iniciaron una titulación (aparentemente) no científica, lleguen a comprender porque es importante abordar los problemas desde una perspectiva cuantitativa e incluso (cuando sea posible) analítica. Es decir, que se convengan de que, *en contra de la imagen mas extendida*, la 'Percepción Visual' también es una materia *intrínsecamente* cuantitativa, y de que el esfuerzo de formalización no es una pérdida de tiempo.

Somos conscientes de lo ambicioso de este planteamiento. Aunque este objetivo cuenta con el apoyo entusiasta de varios miembros del Departamento de Óptica y del Departamento de Geometría y Topología<sup>8</sup>, también nos encontramos con serias dificultades:

- La realidad, que siempre es más dura de lo que uno piensa.
- La opinión de otros miembros del Departamento de Óptica, que discuten, legítimamente, la oportunidad de este tipo de formación (contenidos y orientación cuantitativa). Sus objeciones razonables se basan en que este tipo de formación resulta superflua dadas las actuales opciones profesionales de los ópticos-optometristas.

Nosotros pensamos que, a pesar de todo, el esfuerzo merece la pena, aunque sólo fuese para formar a personas con una cierta capacidad crítica (supuestamente esta también es una función de la Universidad).

### 3.7 ¿Qué pasa si se fracasa en el intento?

Aunque llevamos varios años experimentando en la citada dirección, todavía no hay garantía de que el esfuerzo dé los frutos deseados.

Cabe por tanto preguntarse que pasaría si el intento no tuviese éxito (y acabamos optando por la solución conservadora). Aquí van algunas consecuencias posibles:

- La Dra. Maria José Luque y yo mismo habríamos perdido unos años de nuestra vida: sencillamente habríamos hecho *el canelo*.

Esta consecuencia, de escaso peso debido a su carácter personal, tiene, no obstante, gran importancia para nosotros, ya que de saberlo, desde el principio habríamos optado por la solución conservadora.

- Como he dicho antes, la materia (sin el pertinente complemento cuantitativo) se desnaturalizaría en cierta medida.

---

<sup>8</sup>Los que se encargan de dar las Matemáticas de la Diplomatura de Óptica y Optometría.

- Aumentarían las posibilidades de que las diferentes asignaturas correspondientes a esta materia modificaran su carácter (por ejemplo de *obligatorias* a *optativas*) o incluso desapareciesen en futuras reformas de los planes de estudio.
- En cualquier caso (si esto sirve de algún consuelo), las salidas profesionales de los ópticos optometristas permanecerían básicamente inalteradas. A pesar de lo mucho que nos pueda gustar esta materia, somos conscientes de que tiene una importancia limitada dentro del ejercicio de esta profesión.

### 3.8 Nota aclaratoria

El tono de este capítulo podría transmitir la idea de que los miembros del departamento que apoyan de forma entusiasta este planteamiento lo comparten al 100%.

Esto no es así.

Entre nosotros existe una fructífera discusión sobre *hasta qué nivel* debe hacerse hincapié en la formalización.

Aunque, como dije antes, algunos consideramos que el formalismo es una herramienta muy importante, reconocemos que es posible manejarse de forma muy competente en las aplicaciones clínicas sin un conocimiento profundo del mismo. En el caso de estas aplicaciones, basta con que los alumnos comprendan que el comportamiento macroscópico (*psicofísico*) tiene una sólida base microscópica (*fisiológica*).

La base de nuestro acuerdo es que, aun en el caso de que se opte por incidir en la relación entre psicofísica y fisiología en vez de enfatizar la importancia de los modelos, *lo esencial es conseguir que el alumno razone*.

Y, en tal caso, las dificultades (y soluciones) docentes con las que nos encontramos son básicamente las mismas.



# Bibliografía

- [1] John Losee. *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Alianza Universidad, Madrid, 1976.
- [2] Isaak Newton. *Optica*. (Traducción castellana de Carlos Solís) Alfaguara, Madrid, 1977.
- [3] D. Gabor. Theory of communication. *J. Inst. Elect. Eng.*, 93:429–457, 1946.
- [4] C.E. Shannon. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27:373–423, 1948.
- [5] N. Wiener. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, chapter 6: *Computing machines and neural system*. MIT Press, Massachusetts, 1948.
- [6] E. Shrodinger. Grundlinien einer theorie der farbenmetrik im tagessehen. *Ann. Physik*, 63:481–495, 1920.
- [7] John Von Neumann. *The computer and the brain*. Yale University Press, New Haven, 1958.
- [8] Richard P. Feynman. *The Feynman Lectures on Physics*. Addison Wesley, New York, 1989.
- [9] A.B. Watson and A.J. Ahumada. A hexagonal orthogonal oriented pyramid as a model of image representation in visual cortex. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 36:97–106, 1989.
- [10] E P Simoncelli and B A Olshausen. Natural image statistics and neural representation. *Annual Review of Neuroscience*, 24:1193–1216, 2001.
- [11] Karl Popper. *Conjectures and Refutations*. Basic Books, New York, 1963.
- [12] Thomas S. Khun. *The structure of scientific revolutions*. Chicago University Press, 1970.
- [13] Paul K. Feyerabend. *Against the method: outline of an anarchist theory of knowledge*. Minnesota University Press, 1970.



VNIVERSITATIS VALÈNCIAE

DEPARTAMENT D'ÒPTICA

## PROYECTO DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN

JESÚS MALO LÓPEZ

JULIO, 2002

## Sobre los Proyectos Docentes

*Su Proyecto Docente es original y brillante. Lástima que la parte original no sea brillante, y la parte brillante no sea original.*

Anónimo  
(atribuido a un miembro de un tribunal de oposición)

*Y si es cuestión de medida  
hijas mías calibrad  
que no siempre van unidas  
cantidad y calidad.*

La Trinca

## Sobre los (buenos) profesores

*Todavía recuerdo con emoción como, en las aulas de esta Universitat, Joan Fuster nos enseñaba a analizar los intrincados versos de Ausiàs March...*

Raimón

*Jamás en la vida habría comprado un libro de poemas de Ausiàs March si no hubiese sido por las cancioncillas de Raimón.*

Anónimo

(atribuido a un miembro del departamento de Óptica)

*Esto es un láser: coto-clonck!.*

Ramón Vilaseca

(*coto-clonck* es una onomatopeya que describe el ruido de un láser de He-Ne al caer sobre la mesa del profesor de la clase de Técnicas Experimentales II)

*Jamás en la vida habría hecho una experiencia de cátedra si no hubiese sido por la cacharrería que Ramón traía a clase.*

Anónimo

(atribuido a un miembro del departamento de Óptica)

# Índice General

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Presentación . . . . .	1
1.2	Organización de la memoria . . . . .	1
<b>2</b>	<b>La Percepción Visual: Concepto e Implementación</b>	<b>1</b>
2.1	La Percepción Visual: concepto . . . . .	2
2.2	La Percepción Visual: implementación en la Universitat de València	6
2.2.1	Relación con asignaturas previas . . . . .	7
2.2.2	Relaciones entre las asignaturas del bloque . . . . .	9
2.2.3	Influencia en asignaturas posteriores . . . . .	9
<b>3</b>	<b>La enseñanza de las ciencias en una titulación no científica</b>	<b>15</b>
3.1	La Percepción Visual y tres definiciones (discutibles) de Ciencia .	16
3.2	El problema fundamental . . . . .	18
3.3	Algunos problemas asociados . . . . .	18
3.4	Consecuencias . . . . .	19
3.5	¿Qué opciones nos quedan? . . . . .	19
3.6	Objetivo de este proyecto docente . . . . .	20
3.7	¿Qué pasa si se fracasa en el intento? . . . . .	21
3.8	Nota aclaratoria . . . . .	22
	Referencias . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Metodología Docente</b>	<b>25</b>
4.1	Simplificar el temario . . . . .	26
4.2	Ilustrar los contenidos . . . . .	28
4.3	Computacional en vez de analítico . . . . .	28
4.4	Uso de MATLAB y COLORLAB como material de apoyo . . . . .	29
4.5	Las clases de teoría y de problemas . . . . .	35
4.6	Las sesiones prácticas: laboratorios y aula de informática . . . . .	37
4.7	Las tutorías . . . . .	38
4.8	La evaluación . . . . .	39
4.9	Reflexiones sobre la viabilidad del proyecto . . . . .	41
	Referencias . . . . .	42

<b>5 Programación por Asignaturas</b>	<b>45</b>
5.1 Psicofísica de la Visión . . . . .	47
5.1.1 Cuadro Sinóptico . . . . .	47
5.1.2 Descripción de los bloques temáticos . . . . .	49
5.1.3 Desarrollo de los contenidos (teoría) . . . . .	54
5.1.4 Desarrollo de los contenidos (laboratorio) . . . . .	91
5.2 Colorimetría y Visión del Color . . . . .	96
5.2.1 Cuadro Sinóptico . . . . .	96
5.2.2 Descripción de los bloques temáticos . . . . .	98
5.2.3 Desarrollo de los contenidos (teoría) . . . . .	101
5.2.4 Desarrollo de los contenidos (laboratorio) . . . . .	120
5.3 Percepción Visual . . . . .	126
5.3.1 Cuadro Sinóptico . . . . .	126
5.3.2 Descripción de los bloques temáticos . . . . .	128
5.3.3 Desarrollo de los contenidos (teoría) . . . . .	132
5.3.4 Desarrollo de los contenidos (laboratorio) . . . . .	157
Referencias . . . . .	161
<b>6 Fuentes Bibliográficas</b>	<b>165</b>
6.1 Manuales básicos . . . . .	165
6.2 Manuales complementarios o de uso puntual . . . . .	169
6.2.1 Métodos psicofísicos . . . . .	169
6.2.2 Color . . . . .	170
6.2.3 Aspectos espacio-temporales . . . . .	171
6.2.4 Matemáticas . . . . .	171
6.2.5 Generalidades . . . . .	173
6.3 Internet . . . . .	174
6.3.1 Sitios generales . . . . .	174
6.3.2 Bases de datos . . . . .	175
6.3.3 Páginas de instituciones académicas . . . . .	177
6.3.4 Demos on-line . . . . .	179
<b>7 Proyecto de Investigación</b>	<b>183</b>
7.1 Resumen . . . . .	183
7.2 Limitaciones de las técnicas de representación convencionales (lineales) . . . . .	184
7.3 Alternativas: uso de transformaciones no-lineales de carácter estadístico y perceptual . . . . .	186
7.4 Finalidad del proyecto. . . . .	186
7.4.1 Codificación de vídeo. . . . .	187
7.4.2 Descripción y síntesis de texturas. Restauración de imágenes basada en un modelo de imagen. . . . .	188
7.4.3 Registro de imágenes y estimación robusta de movimiento. . . . .	190
7.5 Trabajo previo . . . . .	191
Referencias . . . . .	191