
*Cómo identificar los problemas
de aprendizaje de las ciencias*

Juan Miguel Campanario

<http://www.uah.es/otrosweb/jmc>

Los alumnos no estudian

Uno de cada cuatro padres no sabe educar a sus hijos

Un informe revela que el 26% de los progenitores ha tirado la toalla porque considera que «los hijos son un problema que nunca acabas de llevar»

CARLOS N. C.
20 MINUTOS

Las relaciones familiares no escapan a los continuos cambios que experimenta la sociedad. Así lo plasma el estudio *Padres e hijos en la España actual* presentado ayer por la Fundación la Caixa.

El informe, basado en una encuesta realizada a 1.000 padres de todo el país con hijos de entre 10 y 18 años, revela que uno de cada cuatro (en total un 26%) ha tirado la toalla porque considera que «los hijos son un problema que nunca acabas de llevar», si

Las chicas trabajan más en casa

La convivencia diaria en casa es otro de los temas que aborda el informe de la Caixa. En este sentido, el porcentaje de hijas que colabora en las labores del hogar asciende al 76%, mientras que el de varones se reduce apenas al 50%. En cuanto a la educación, un 31% de los menores afirma no recibir ningún tipo de ayuda en los deberes del colegio, lo que contribuye negativamente a que más de la mitad de ellos suspenda alguna de sus asignaturas.

bien este porcentaje llegaba al 35% en 1991. Además, un 8% afirma que hubiera preferido no tener hijos.

Según Gerardo Meil, sociólogo de la Universidad Au-

tónoma de Madrid y autor del informe, «se ha propiciado un abandono progresivo del modelo de familia tradicional para dar paso a la familia negociadora, donde los hijos

ponen sistemáticamente en entredicho las normas de los padres como fórmula para buscar más autonomía».

En cuanto a la violencia doméstica, el informe adjunta los datos de una encuesta del Injuve hecha en 2003, según los cuales casi un 8% de los menores reconocieron haber sufrido agresiones físicas de sus padres y un 5% padeció maltrato psicológico.

Dinos @ 
.. cómo educas a tus hijos
CUÉNTANOS LO EN...
www.20minutos.es

La lógica de los contenidos

- Enfoques didácticos ignoraban al alumno
- Preocupación fundamental: lógica de los contenidos
- Enseñar correctamente es enseñar la ciencia correcta
- Errores del alumno son SUS errores



Ejemplos de enfoques

- Actividades para enseñar oscilador armónico
- Una idea para explicar determinada reacción química
- Didáctica “ensaladera”
- Didáctica *tolerable* si es aplicada

Desarrollo cognitivo

- Piaget
- Estadios, etapas
- Operaciones
- No aborda cuestiones como interés o motivación

Estadios

- Sensoriomotor (0-2 años)
- Preoperacional (2-7 años)
- Operaciones concretas (7-14)
 - Reversibilidad
 - Relaciones
 - No existe control de variables
 - Uso de modelos concretos
- Operaciones formales (15 en adelante)

Operaciones formales

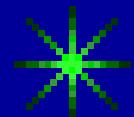
- Lo real es un subconjunto de lo posible
- Pensamiento hipotético deductivo
- Carácter proposicional
- Control de variables
- Relación con la ciencia

Operaciones formales

- No todos los adolescentes han alcanzado este estadio
- Desajuste entre requerimientos de libros de texto y grado de desarrollo formal
- Utilizar los contenidos científicos para producir un desarrollo cognitivo
(aprendizaje por descubrimiento = matrimonio de conveniencia)

Ideas previas

- ¡El alumno ya sabe Física! (más que Química y Biología)
- Preconcepciones
- Física intuitiva
- También en otros dominios
- ¡Gran descubrimiento!
- Desarrollo sin precedentes de la investigación



Ideas previas, ejemplos

- Calor = fluido que pasa de un cuerpo a otro
- Energía = se “**gasta**” en un circuito
- Objeto pesado cae antes que ligero
- Movimiento siempre en sentido de la fuerza resultante
- Otras áreas (Química, Biología, etc.)

Ideas previas: características

- Científicamente incorrectas
- Personales, pero semejantes
- Inconsistentes
- Implícitas
- Paralelismo con ideas previas en la historia de la ciencia (alumnos aristotélicos)
- Resistentes al cambio



Ejemplo: caída libre

- Práctica de laboratorio para obtener el valor de la aceleración de la gravedad (bola, puertas ópticas, cronómetro)

$$s \stackrel{?}{=} \frac{1}{2} gt^2$$

¿Cómo podemos tener en cuenta la masa de la bola?



Conocimientos relevantes

- La superconductividad es la desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Hasta ahora solamente se había conseguido enfriando ciertos materiales a temperaturas bajas, próximas al cero absoluto. Eso dificultaba enormemente sus aplicaciones técnicas. Muchos laboratorios trabajan actualmente en la obtención de aleaciones superconductoras.
- "La superconductividad se da en **superficies** que no ofrecen **rozamiento**. El problema de esto es que hay que bajar mucho las temperaturas para conseguir ese estado de no **rozamiento**. Es muy importante para la industria pero difícil de aplicar por la dificultad del logro de esa baja temperatura." (Alumno de Segundo de B.U.P.)

Conocimientos relevantes

3 Conclusiones

¿Qué otros métodos podríamos utilizar para determinar volúmenes?

Por ejemplo: a) Si conocemos la densidad del material

b) Si disponemos de un recipiente aforado con precisión.

a) Por la fórmula:

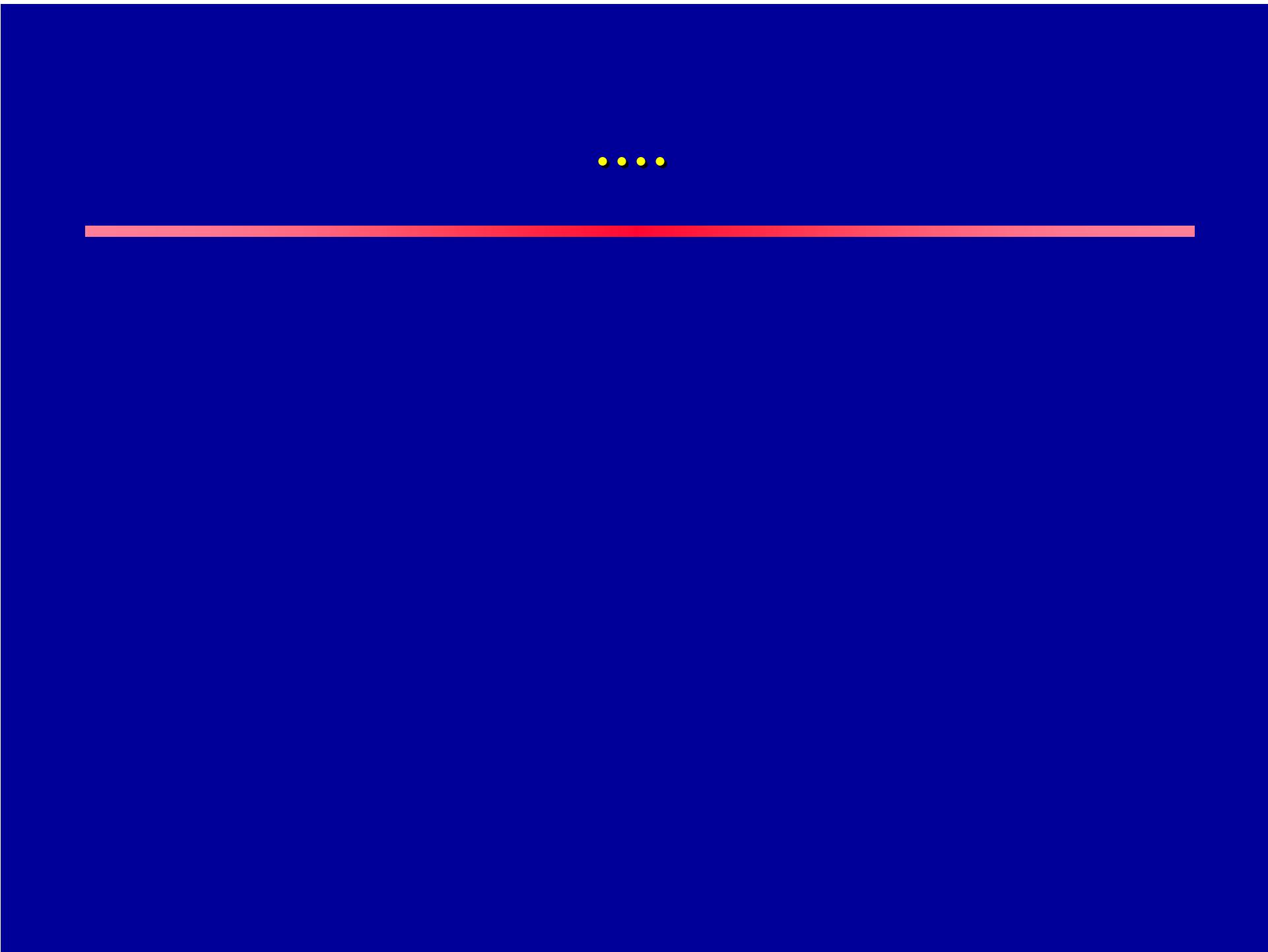
$$d = \frac{m}{V}$$

$$\boxed{V = \frac{m}{d}}$$

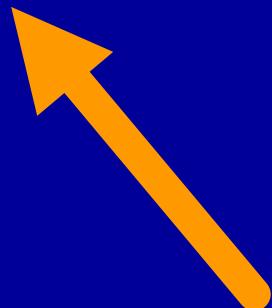
Si conocemos la densidad y además conocemos la masa el volumen se puede calcular.

b)

El Principio Arquímedes el cual dice que si introducimos un objeto en un líquido el volumen del objeto es igual al volumen del líquido desalojado.



-
- Equilibrio



Aumentamos la concentración



Metodologías superficiales

La distancia entre Madrid y Barcelona es de 450 km.

El coche A parte de Madrid hacia Barcelona a una velocidad de 90 km/h. El coche B parte de Barcelona hacia Madrid 1 hora después a una velocidad de 100 km/h.

a) ¿Cuánto tardan en cruzarse?

b) ¿Qué coche está más cerca de Madrid cuando ambos se cruzan?

Aplicar estrategias propias del contexto cotidiano

- Pero: la ciencia tiene sus propios modos de razonamiento
- Heurísticos (reglas de validez casi general)

Pautas de razonamiento

- No hay regla sin excepción
- A más causa más efecto

$$\frac{1}{R} \ ? \ \frac{1}{R_1} \ ? \ \frac{1}{R_2}$$



Pautas de razonamiento

- Tendencia a explicar los cambios y no los estados estacionarios
- Equilibrios estáticos (problemas con equilibrio químico)
- Causalidad lineal (relación lineal entre causa y efecto: doble causa, doble efecto)
- Propiedades anímicas a sistemas/objetos inanimados (ej: sistemas que “buscan” estabilidad)



Concepciones epistemológicas

- Ideas inadecuadas sobre la ciencia, como se construye y cómo se articula
- Ciencia = estudia “hechos”
- Ciencia = fórmulas y ecuaciones
- Trabajo experimental = ritual (ej: “ajustes de rectas”)
- Influyen en estrategias de aprendizaje

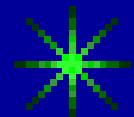
Análisis

Pregunta 1

- a) 10%
- b) 20%**
- c) 30%
- d) 40% (NS/NC)

Pregunta 2

- a) 40%
- b) 20%**
- c) 30%
- d) 10% (NS/NC)



Metacognición

[Flavell, 1976]

La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje. Por ejemplo, estoy implicado en metacognición (metamemoria, metaaprendizaje, metaatención, metalenguaje, etc.) si me doy cuenta de que tengo más problemas al aprender A que al aprender B, si se me ocurre que debo comprobar C antes de aceptarlo como un hecho... La metacognición se refiere, entre otras cosas, al control y la orquestación y regulación subsiguiente de estos procesos.



Metacognición

- Dominio muy amplio
- Explica bastante problemas de aprendizaje
- Necesidad de modelos psicológicos
(=**dificultades** para teorizar e investigar)
- No se considera “adecuado” para la didáctica
- Investigación en comprensión lectora

Metacognición

- Control de la propia comprensión
- Saber si se entiende o no se entiende
- Comprensión superficial
- Esencial para autorregulación cognitiva:
aprendizaje autónomo

Metacognición

La superconductividad es la desaparición de la resistencia al paso de la corriente eléctrica. Hasta ahora solamente se había conseguido enfriando ciertos materiales a temperaturas bajas, próximas al cero absoluto. Ello dificultaba enormemente sus aplicaciones técnicas. Muchos laboratorios trabajan actualmente en la obtención de aleaciones superconductoras. Para conseguir la superconductividad se necesita calentar mucho ciertos materiales.

Metacognición

Los neutrinos son partículas con masa casi nula. **Su detección es muy difícil.** Para detectarlos es necesario disponer de una gran cantidad de agua en un lugar profundo donde no interfieran las demás radiaciones. Esa gran cantidad de agua es precisa porque los neutrinos raramente interaccionan con la materia. En diversos países se han instalado detectores de neutrinos que serán útiles en el futuro. **La gran facilidad de detección de los neutrinos** los hace muy apropiados, por ejemplo, para el estudio de diversos fenómenos cósmicos.

Metacognición

- Inconsistencias explícitas, textos cortos
- Muchos alumnos NO DETECTAN las contradicciones (40%-60%)
- Mejora con la edad
- Detección no asegura que se considere un problema de comprensión
- Criterios de comprensión limitados

Metacognición

- "...se entiende bien el texto, pero la contradicción despistaba un poco; el resto se entiende bien....".
- "...en realidad el texto es claro, se comprende. Lo que pasa es que hay un fallo. Si me pongo a estudiar el texto lo entendería..."
- "...el texto se entiende bien. Precisamente por eso he entendido que las frases son contradictorias...si luego se contradicen ya no tiene nada que ver..."

Metacognición

...pensé que hace tiempo sólo se conseguía la superconductividad con bajas temperaturas, pero ahora podía haberse descubierto algún proceso a altas temperaturas...

...pensé que antes era difícil conseguirlo pero ahora ya era fácil...

¿Por qué?

- Equilibrio químico



$$K_c ? \frac{[C]^2 * [D]^4}{[A]^2 * [B]^3}$$

$$K_c ? \frac{2[C] * 4[D]}{2[A] * 3[B]}$$



¿Cómo?

$$\mathbf{A} = \mathbf{B} + \mathbf{C} + \mathbf{D}$$

$$\begin{matrix} \mathbf{c} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \mathbf{C-X} & \mathbf{X} & \mathbf{X} & \mathbf{X} \end{matrix}$$

$$K ? \frac{x^3}{c ? x}$$

$$x^3 ? K * c ? K * x ? 0$$



*“Conspiración cognitiva contra
el trabajo del profesor”*
[Ignacio Pozo]

Métodos de enseñanza

- Enfoques que utilizamos
- Recursos (ej: libros de texto)
- Evaluación

Enfoques

- Retórica de conclusiones
 - Suministramos respuestas a preguntas que el alumno no se plantea
 - Ocación perdida (aprendizaje significativo, motivación

Preguntas y cuestiones

¿Cómo sería la llama de una vela en ausencia de gravedad?

¿Qué es un calorímetro?

¿Qué efectos produce en los objetos un cambio de temperatura?

¿Qué diferencias existen entre calor y temperatura?

¿En qué consiste la dilatación anómala del agua y qué importancia tiene para la vida en determinados ecosistemas?

¿Existe el "frío" como magnitud física?

¿Por qué se calienta un metal cuando lo golpeamos?

¿Qué es un termostato y cuál es su fundamento físico?

¿Por qué el aire caliente seca mejor las cosas que el aire frío?

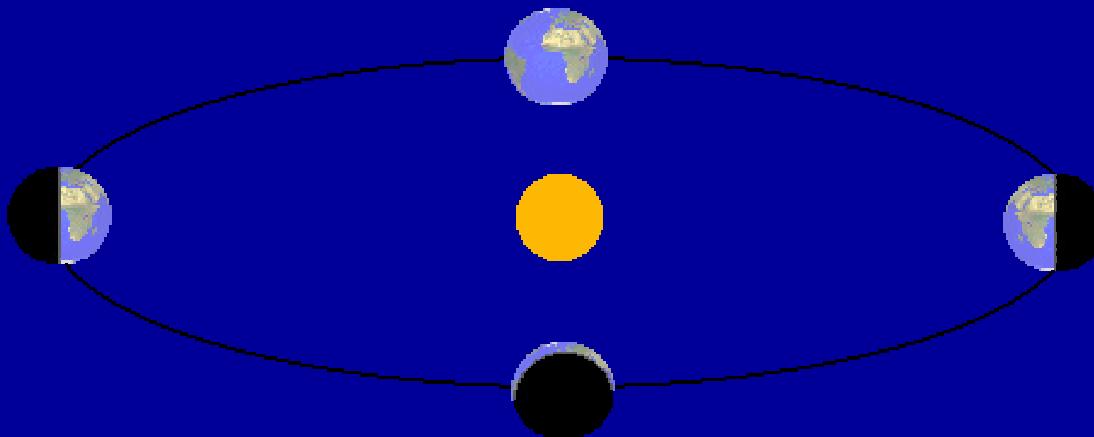
¿Por qué está caliente la rejilla posterior de un frigorífico?

Preguntas y cuestiones

- Por qué
- Para qué
- Cómo
- Relación con Historia de la Ciencia: el conocimiento se genera como una respuesta a preguntas de interés

Libros de texto

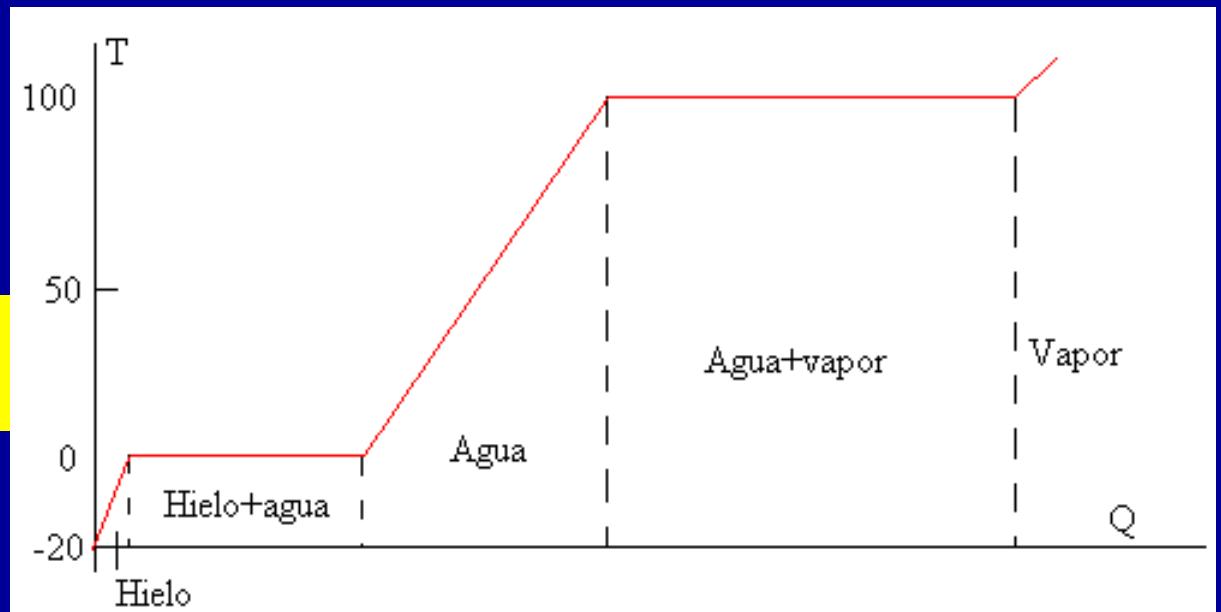
- Representaciones inadecuadas
- Generan ideas erróneas



Libros de texto

- Inconsistencias

? Q ? $m * c * ? T$



Libros de texto

- Errores
- Línea de investigación
- Obedecen a esquemas
- ¿Por qué no se detectan?

Lectura de textos

- *El hombre gordo leyó el periódico*
- *El hombre bromista compró el anillo*
- *El hombre bajo abrió la puerta*
- *El hombre alto cogió el libro*
- *El hombre viejo visitó el comercio*
- *El hombre hambriento montó en el coche*

Completar

- *El hombre _____ cogió el libro*
- *El hombre _____ compró un anillo*
- *El hombre _____ montó en el coche*
- *El hombre _____ leyó el periódico*
- *El hombre _____ abrió la puerta*
- *El hombre _____ entró en la tienda*

Elaboraciones

- Control
- *El hombre alto cogió el libro.*
- Elaboración precisa
- *El hombre **alto** cogió el libro de la estantería **superior**.*
- Elaboración imprecisa
- *El hombre alto cogió el **libro de la biblioteca pública**.*

Elaboraciones

- Control
- *El hombre bromista compró el anillo.*
- Elaboración precisa
- *El hombre **bromista** compró el anillo que arrojaba agua.*
- Elaboración imprecisa
- *El hombre bromista compró el **anillo** que era de oro.*

Efecto en el recuerdo

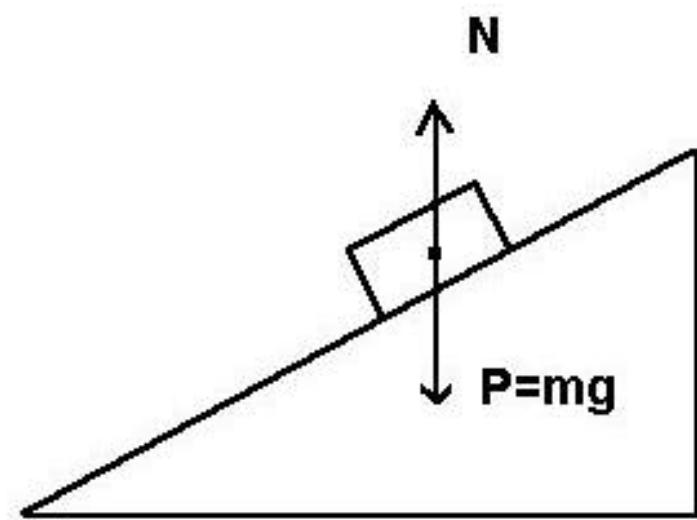
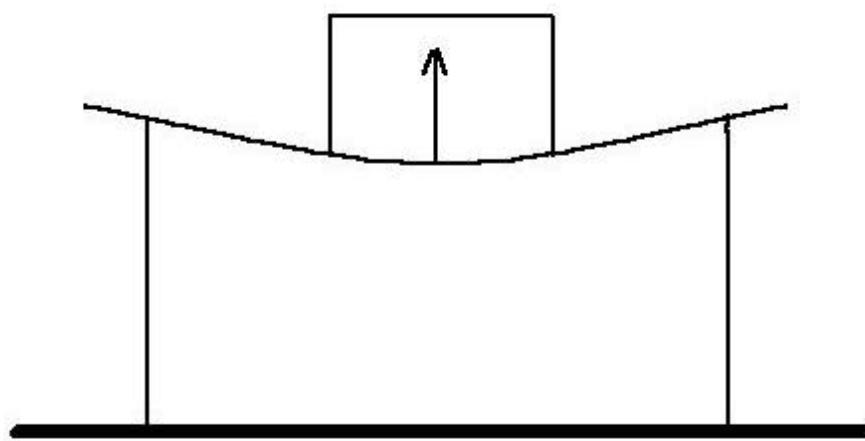
Frases leídas	Grupo control	Elab. precisas	Elab. Imprecisas
10	4.2	7.4	2.2

¡Menos es más!

Aparentes arbitrariedades

- La cuerda que vibra es muy corta
- No se obtienen sonidos graves

$$f_n ? \frac{n * \nu}{2 * L}$$



¿pH negativo?

Aparentes arbitrariedades

- Tensiones en cuerdas (poleas) $T_1 = T_2$
- Temperatura constante en cambios de estado
- Ecuación de la fuerza de resistencia
- Refracción de la luz (se aleja/se acerca a la normal)

Café para todos....

- Tratamientos iguales para todos los alumnos
- Aparentes simplificaciones pueden resultar negativas para determinados alumnos
- ¡¡¡Necesidad de personalizar los tratamientos!!!

Aumento de la coherencia

- Añadimos ácido
- El indicador cambia de color
- Añadimos ácido, **por tanto** el indicador cambia de color



Coherencia local

- Los elementos del grupo tienen **7 electrones** en la última capa.
- Con **8 electrones** se alcanza la configuración de **gas noble**.
- Un **gas noble** tiene gran estabilidad.
- El proceso es favorable desde el punto de vista energético.

Coherencia global

Una sucesión de frases tiene coherencia global si las frases denotan hechos que se encuentren relacionados en un mundo posible (Van Dijk y Kintsch, 1983)

- **Se acercó el camarero**
 - En cada orbital hay un electrón
- **Tania pidió una cerveza**
 - Los espines son opuestos
- **Yo pregunté por el micrófono**
 - La energía total disminuye

Aumento de la coherencia

Coherencia Local

- Frases simples
- Frases coordinadas mejor que subordinadas
- Marcadores léxicos y sintácticos (ej: *por tanto, sin embargo*)
- Eliminación de ambigüedades (ej: pronombres con antecedentes poco claros)

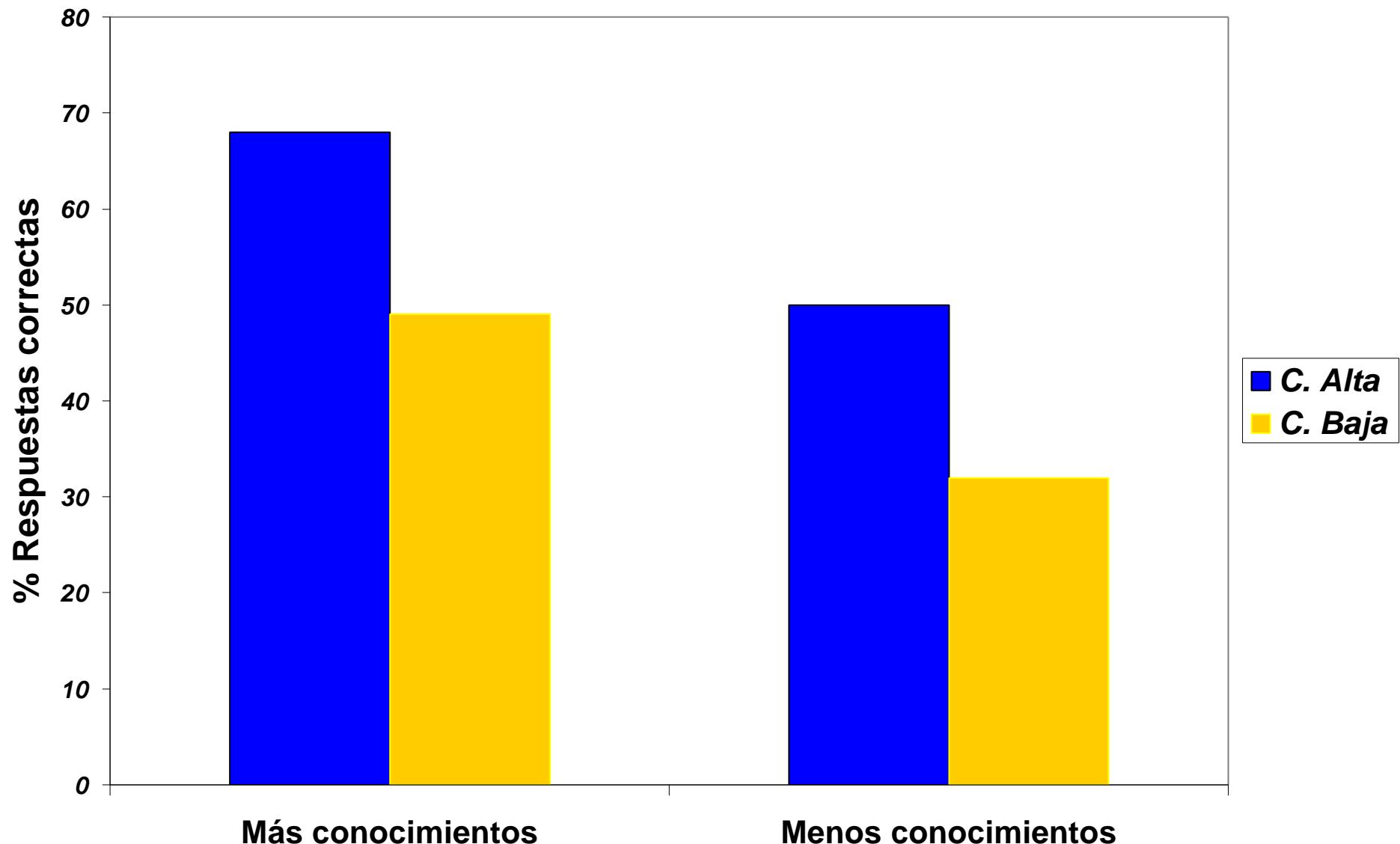
Coherencia Global

- Títulos, subtítulos
- Resúmenes y anticipaciones previas
- Ayudas para identificar el tema del texto

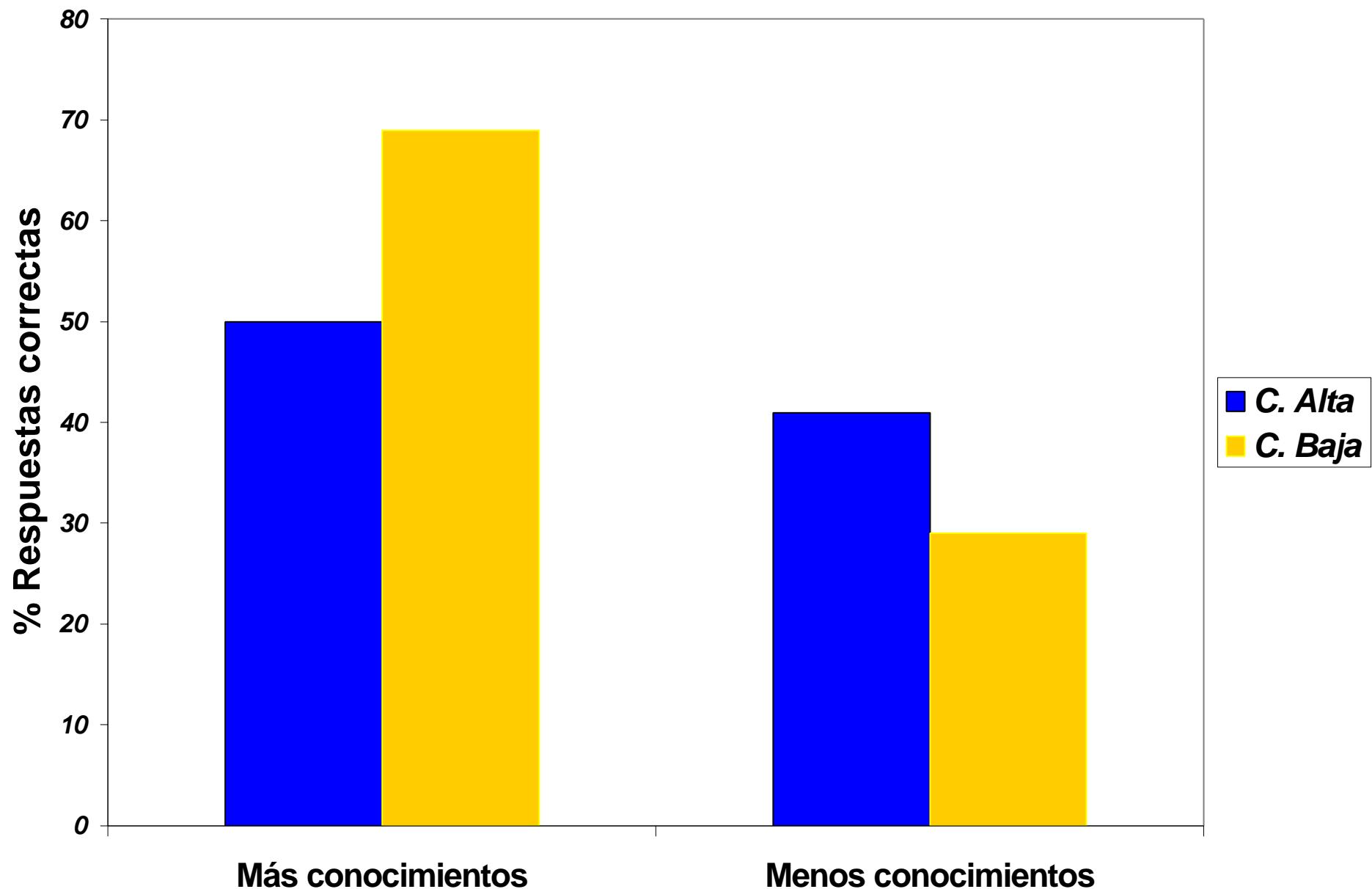
Tratamientos

- Prueba de conocimientos sobre un tema (ciencias, ciencias sociales)
- Coherencia **alta** y coherencia **baja**
- Preguntas de recuerdo
- Preguntas de comprensión

Preguntas de recuerdo



Preguntas de comprensión



Métodos de evaluación

- Confusión: Evaluación, calificación, examen
- Fiabilidad
 - Distintos profesores
 - Mismo profesor
- Validez
 - Análisis taxonómico

Métodos de evaluación

- Profesores califican peor un examen cuando creen que lo ha hecho una alumna, frente a un alumno
- Rendimiento académico en ciencias
- Carreras de ciencias, poco “**femeninas**”
- Importancia de las actitudes

Métodos de evaluación

- Exámenes de respuesta multiple, aparentemente objetivos
- ¿Cuál de las siguientes disoluciones es la **más/menos** concentrada?
- Porcentaje de aciertos: **85% (Más) 59% (Menos)**

[Towns y Robinson, 1993, Journal of Research in Science Teaching, 30 (7), 710]



Alfabetización científica

- Objetivos afectivos: desarrollo de actitudes
- Todavía más problemáticos
- Concepciones sociales:
 - “La ciencia no es cultura”
 - “Yo no sirvo para la ciencia”
 - Anticiencia, New Age, pseudociencia, “energías”

Alfabetización científica

- La ciencia como verdad absoluta
- “Demostrado científicamente”
- La ciencia como actividad más allá de la comprensión
- Nos gustaría: Ciencia como forma *racional* de entender el mundo

EL ÚNICO PANTY TÉRMICO

**CALOR
ENVOLVENTE**

¡Separación del "calor" y del "frío"



AZNAR

ESTE AÑO PASA

!Por fin ha llegado
durante todo el invi

MARIE CLAIRE T

eficacia, gracias al

THERMASTAT, el

mantener el calor
sensación de confort

Ya puedes dejar de

invierno tus pierr

extraordinariame

condiciones climát

Errores científicos en la publicidad

- Un neumático que evita cualquier deslizamiento, haya lo que haya entre la rueda y la carretera
- Un todoterreno que puede con todo. Sin importar el terreno en el que se mueva ni la cantidad de equipaje que tenga que transportar
- Sólo el 4x4 más ágil, con motor 8 cv 16 v puede superar todos los obstáculos y pendientes
- Resisten todo tipo de choques

Explicaciones incomprendibles

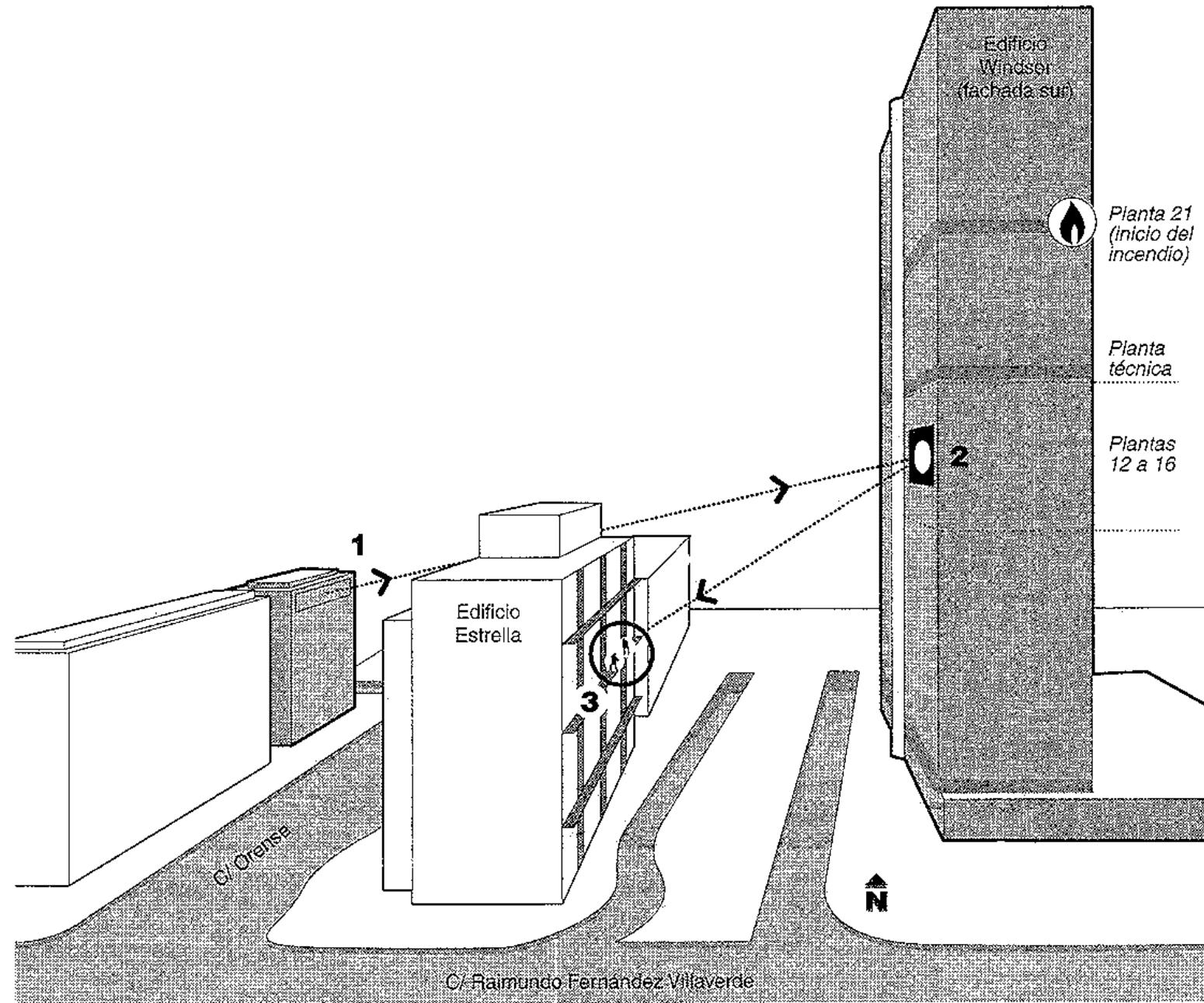
- Las partículas magnéticas se dispersan y ejercen una irresistible atracción sobre la microcirculación
- La suspensión es independiente a las cuatro ruedas, con tren delantero triangulado de geometría optimizada y tren trasero de doble triangulación superpuesta y planos incontrolados con gestión electrónica de amortiguación
- Su sistema se basa en dilatar las moléculas de la piel para que los principios activos y naturales de su propia formulación desplieguen su estructura, descubran y fijen en los puntos de unión susceptibles los materiales solubles de la formulación

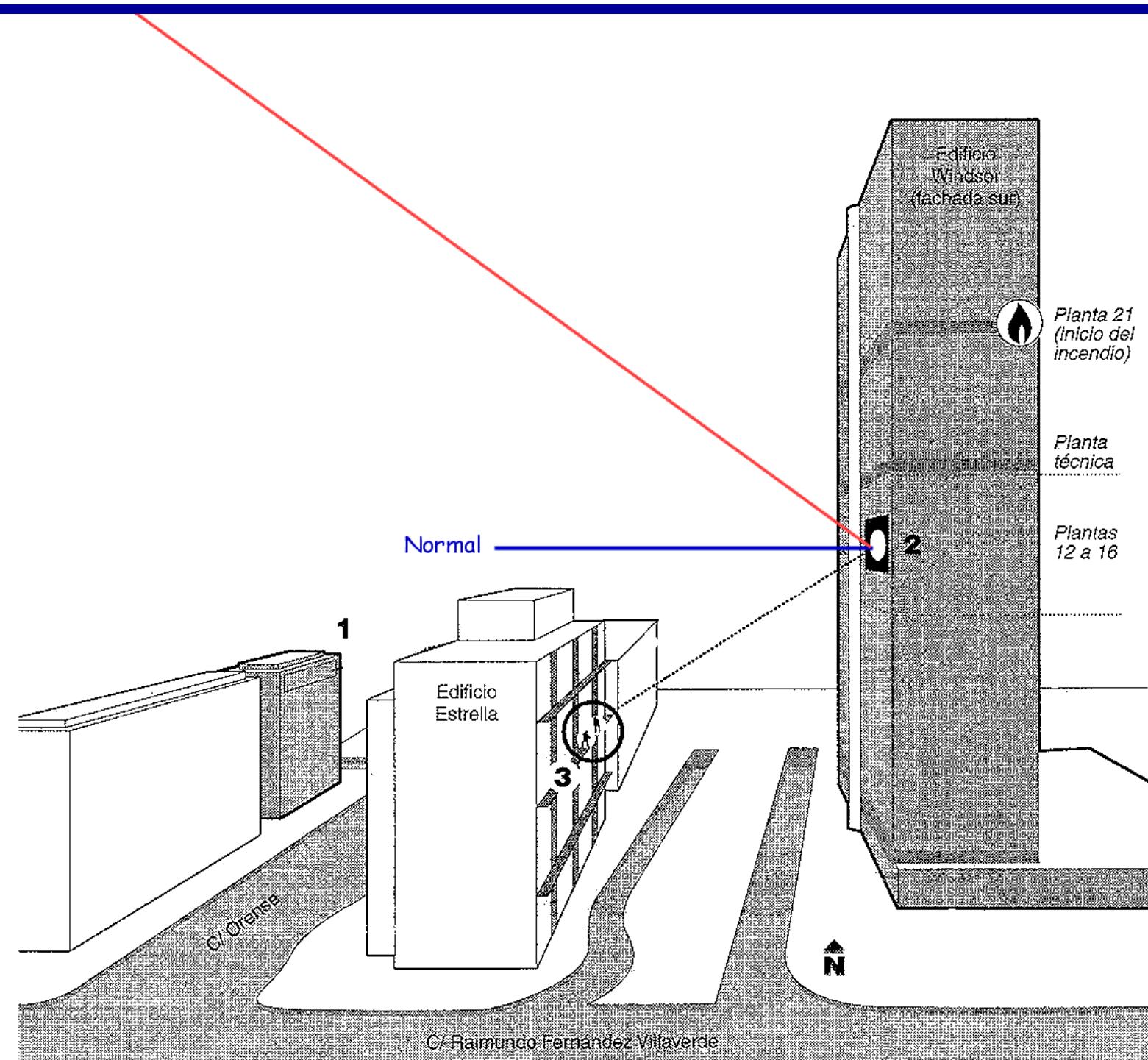
Comparaciones sin referentes

- 4 veces más resistentes gracias a sus paneles de acero ondulado
- un 10% más de potencia. Un 17% menos de consumo
- La crema al chocolate ligera de (el anunciante) tiene un 45% menos de calorías

¡Ojo!

La formación psicológica de quienes elaboran los anuncios anteriores es superior a la de los encargados de enseñar a los alumnos a analizarlos críticamente





Desastre en la enseñanza

La acción educatriz [sic] se haya reducida a cero en la segunda enseñanza, menos, si cabe, que la escuela [...] Como el Instituto, la Universidad es una cosa muerta por dentro. Idéntico régimen, igual falta de contenido, carencia parecida de toda acción educativa y docente”. En cuanto a los estudiantes: “la enseñanza se ha hecho para las pláticas de las aulas; la tarde, para los paseos; la noche, para los cafés, teatros y otras escuelas de buenas costumbres [...]. El estudio para él es como el arrepentimiento para el católico de pura raza: queda siempre para última hora.



Desastre en la enseñanza

- 1) No podemos hacernos ilusiones con estos datos... se impuso una calificación muy indulgente para los exámenes escritos de matemáticas y de ciencias físicas... será cada vez más difícil evitar fracasos progresivamente más numerosos en las universidades
- 2) La decadencia es real, no es una quimera: es frecuente encontrar 20 faltas de ortografía en un mismo trabajo literario de los últimos cursos
- 3) La ignorancia casi general de la ortografía (Presidente del tribunal del bachillerato en Rennes).
- 4) Hemos de confesar que a veces recibimos cartas o reclamaciones de individuos poseedores del título de bachiller y cuyo estilo y ortografía brindan la prueba de una vergonzosa ignorancia (Presidente de la Comisión de Instrucción Pública)



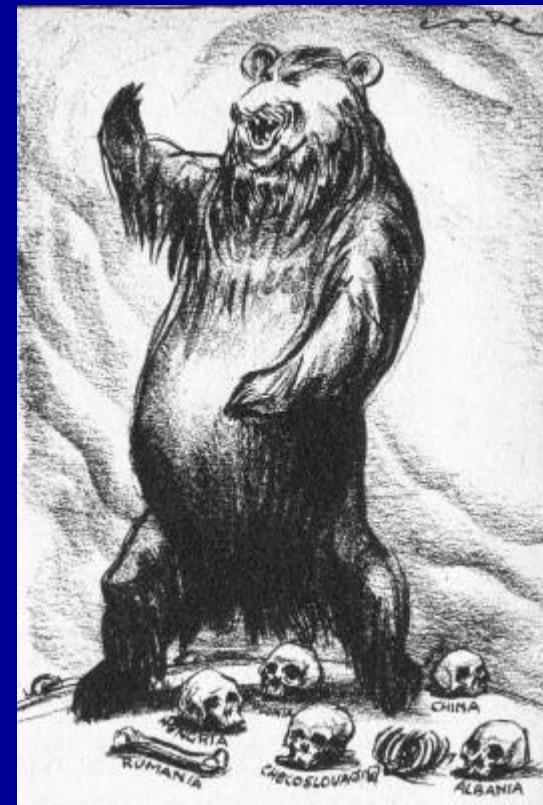
Desastre en la enseñanza

- “Los jóvenes de hoy aman el lujo, están mal educados, desdeñan la autoridad, no tienen ningún respeto por sus mayores [...] contradicen a sus padres [...] y tiranizan a sus maestros”

Sócrates

Desastre en la enseñanza

- Los **rojos** ponen en órbita el primer satélite, 1956
- Amenaza a la civilización occidental
- 3000-5000 libros y artículos anuncian crisis inminentes en educación



¿Desastre en la enseñanza?

Situación inicial: 5 alumnos, 2 fuera

10, 9, 8, 7, 6	0, 0
----------------	------

Nueva situación: 7 alumnos

9, 8, 7, 6, 5,	5, 5
----------------	------

- Baja la media del sistema escolar
- Crece media del sistema educativo



Jiménez-Contreras, E.; Moya, F.; Delgado, E. (2003) The evolution of research activity in Spain. The impact of the National Commission for the Evaluation of Research Activity (CNEAI), *Research Policy*, 32, 123-142

