



Técnicas Experimentales Básicas

Lección 2: Método Científico

Método Científico

- Introducción
- Método experimental
 - Investigación experimental
 - Diseño
 - Técnicas de medida
 - Organigrama par una experimentación con método.
- Procedimiento experimental
 - Secuencia de las pruebas
 - Nivel de respuesta y espaciado de los puntos
 - Acciones a considerar
- Presentación (publicación) de un trabajo

Método Científico

- Una explicación muy sencilla:
- Siempre hay que preguntarse

“¿Cómo sabré si estoy equivocado?”

Fundadores del Método Científico

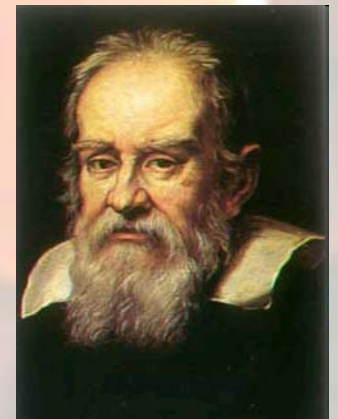
- “Hacer preguntas inteligentes ya es la mitad de la sabiduría”

Francisco Bacon (1561 - 1626)



- “Todas las verdades son fáciles de entender una vez descubiertas; el objetivo es descubrirlas”

Galileo Galilei (1564-1642)



El Método Científico

- “El método científico consiste en observación, razonamiento, y experimentación.”

Richard Feynman (1918 – 1988)

Premio Nobel en Física (1965)



¿Está Ud. de broma, Sr. Feynman?

Richard Phillips Feynman (Ed. Alianza)

ISBN: 84-206-9547-5.

408 p. ; 20x12 cm.

Método Científico

- No es un procedimiento único
- Una perspectiva filosófica
- Incorpora muchas cosas
 - Explicativas
 - Descriptivas
 - Que valen como predicción
- Un arsenal de métodos
 - Lógicos
 - Matemáticos
 - Instrumentales

Método Científico

- Métodos de inquisición empírica

- **NO** es

- Teorizar en el sofá
- Persuasión política/religiosa
- Ubicación personal

- Historia de ciencia

- casos donde los científicos **no** siguieron el método
- generalmente con resultados malos

Una breve historia de casi todo
de Bryson, Bill

RBA LIBROS, S.A.

ISBN: 8478711759

512 pgs (16.0x23.0 cm)

Filosofía Científica

- Eficaz para adquirir, organizar y aplicar conocimientos nuevos
- Hipótesis se pone a prueba una y otra vez, sin contradicciones
→ Ley/Principio.
- Requiere una actitud científica (y humildad!)
 - Dispuestos a abandonar ideas
 - Aceptar resultados incluso que no correspondan a nuestras preferencias
 - Mejorar nuestras convicciones es mejor que defenderlas
 - Teorías científicas no son fijas, sujetas a cambios



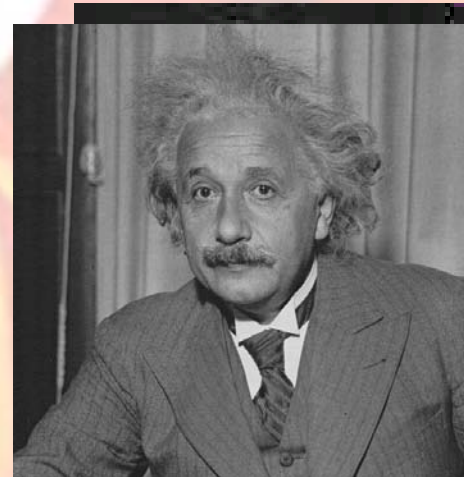
Ian Woodward

Método Científico

- 1. Identificar el problema
- 2. Hacer una conjetura razonable (hipótesis)
- 3. Predecir las consecuencias de la hipótesis
- 4. Experimentar: poner a prueba estas predicciones
- 5. Formular la regla general más simple que organice los tres ingredientes principales
 - hipótesis
 - predicción
 - resultado experimental

Cinco pasos del método científico

- Observación
- Hipótesis
- Experimentación
- Teoría
- Ley



- “No se puede demostrar que una teoría es correcta; un único experimento puede probar que estoy equivocado.”

– Albert Einstein (1879 - 1955)

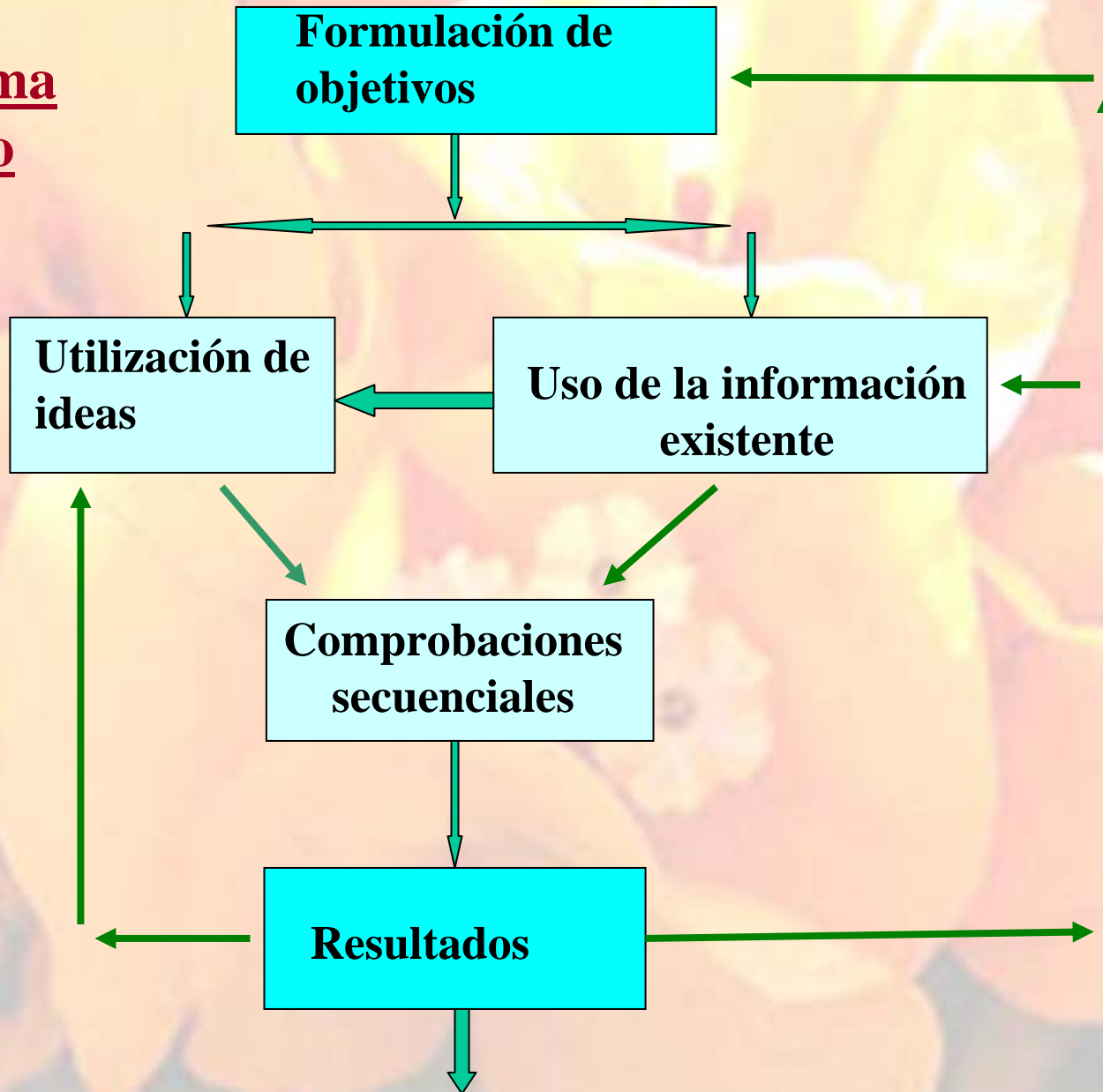
Principales rasgos que distinguen al método científico

- **Objetividad**
- **Racionalidad**
- **Inventividad:** el método nos da reglas y orientaciones
- **Sistematicidad:** organización de búsquedas y resultados
- **Generalidad:** cada conocimiento parcial puede servir como puente para alcanzar una comprensión de mayor alcance
- **Falibilidad:** se reconoce explícitamente que cometimos errores
- **Verificabilidad:** se verifican/rechazan las hipótesis por medio del método
- **Perfectibilidad:** el método es susceptible de ser modificado/mejorado
- **Normatividad:** el método es un procedimiento, una guía; no es un recetario

Método experimental

- Los experimentos están sujetos a **un modelo secuencial**
 - **Planificación**
 - **Implementación**
 - **Evaluación**
- Cuestionarse su razón antes de proceder al siguiente paso
- No como el método analítico, es raramente posible llegar a una única respuesta a través un cambio único
- Un programa experimental normalmente consiste en
 - **serie de experimentos**, que forman una parte de un
 - **proceso iterativo** que se **combina** de forma adecuada con
 - herramientas **teóricas y analíticas**

Diagrama de Flujo



Tipos de trabajo de laboratorio

- Experimentos que ilustran nociones teóricas
- Experimentos de investigación
- Experimentos de diseño y síntesis
- Experimentos para adquirir entrenamiento en las técnicas de medida

Experimentos ilustrativos

- Realizados en
 - centros de enseñanzas (laboratorios docentes)
 - ordenadores (exploración rápida de variables)
- No creativas, excepto en que se realizan por primera vez
- Ayudan a fomentar escepticismo experimental (vital en la buena experimentación)
 - ¿Por qué se ha seguido este camino?
 - ¿Qué hubiera ocurrido si cambiamos el valor de esta magnitud?
 - ¿Estos instrumentos son los más adecuados?

Experimentos de investigación

- Mayor apreciación de todos los aspectos del problema en ausencia de un conocimiento apropiado sobre el mismo
- Si nuestra tarea es nueva puede que no exista o sea muy escasa la información existente sobre ella
 - hacer un primer experimento (puede ser crudo)
 - generar ideas para añadir a nuestro conocimiento
- A veces la investigación experimental es el único camino real para obtener información
 - luego es muy importante el método.

Experimentos de **diseño** y **síntesis**

- Sintetizar partes complejas y comportamientos conceptuales elevados
 - representación matemática
 - ayudan a aprender y evaluar el efecto de la simplificación posible
 - puede servir para: elección de materiales en aplicaciones concretas
- Las posibilidades de un diseño dependerán de algunos características de difícil evaluación:
 - ¿Tendrá el trabajo diseñado
 - la eficacia propuesta?
 - periodo de vigencia suficiente? (representatividad)
 - ¿Existe una vía de fabricación óptima?
 - ¿Cómo reaccionarán los usuarios ante el nuevo diseño?...

Técnicas de medida

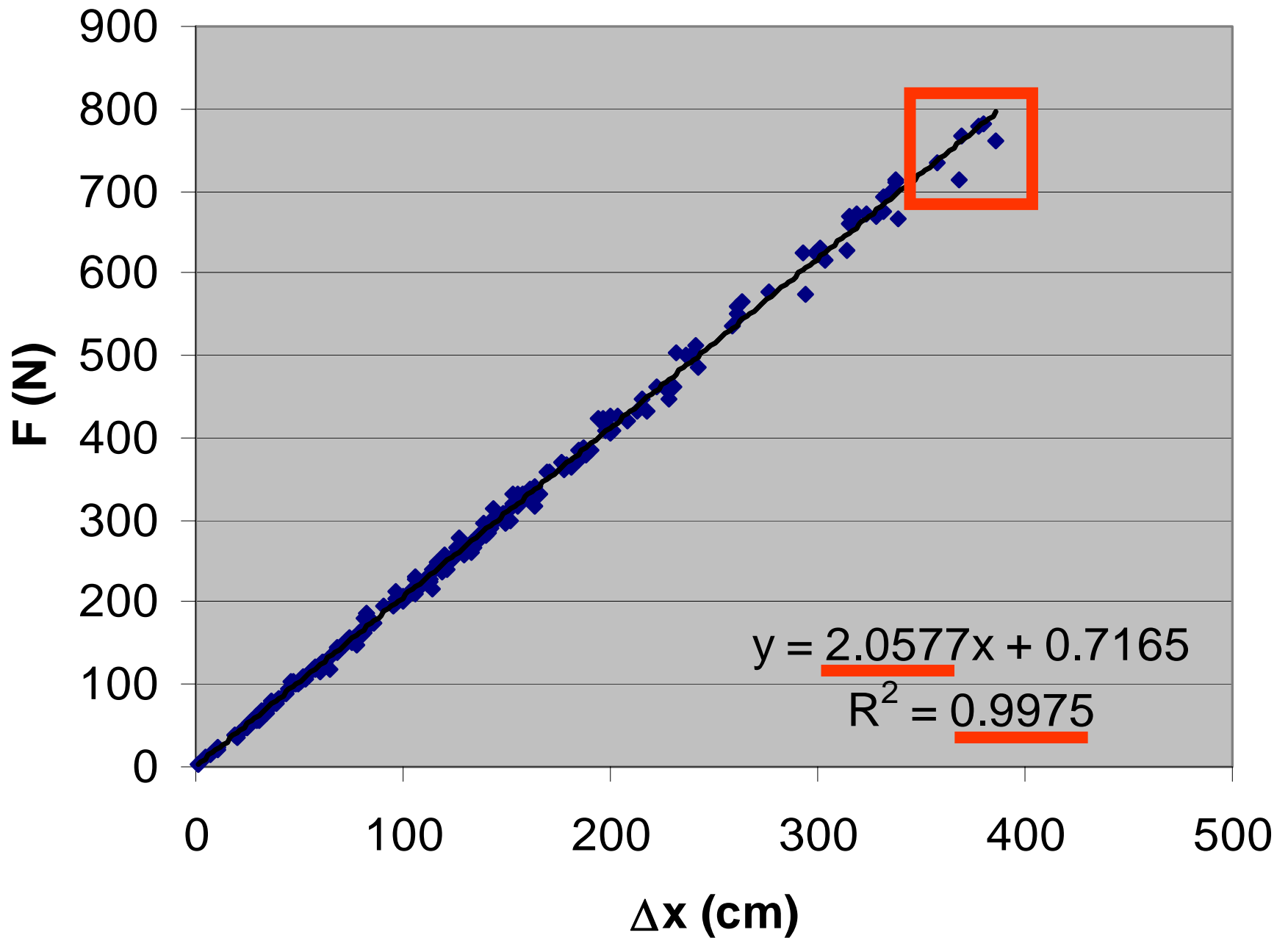
- Importancias iguales para un científico
 - la base teórica que describe los fenómenos a investigar.
 - la experimentación
- Hay que elegir los instrumentos, considerando
 - Intervalo de las variables a medir
 - Tipo de instrumento: ¿es posible uno barato para comenzar?...
 - Efecto del medio, envejecimiento, calibración...
- Escepticismo frente a
 - los instrumentos
 - las técnicas se han de observar con los estándares
- En cada caso: calibrar y volver a comprobar.
- Necesidad del entrenamiento para la obtención de un conocimiento crítico del valor de la experimentación.

Organigrama para una experimentación con método

- Cualquiera que sea el tipo de experimento se necesita una **aproximación metódica**.
- Secuencia de pasos a realizar en el “método experimental”. Las preguntas se deben enriquecer con la experiencia.

Durante el procedimiento de análisis

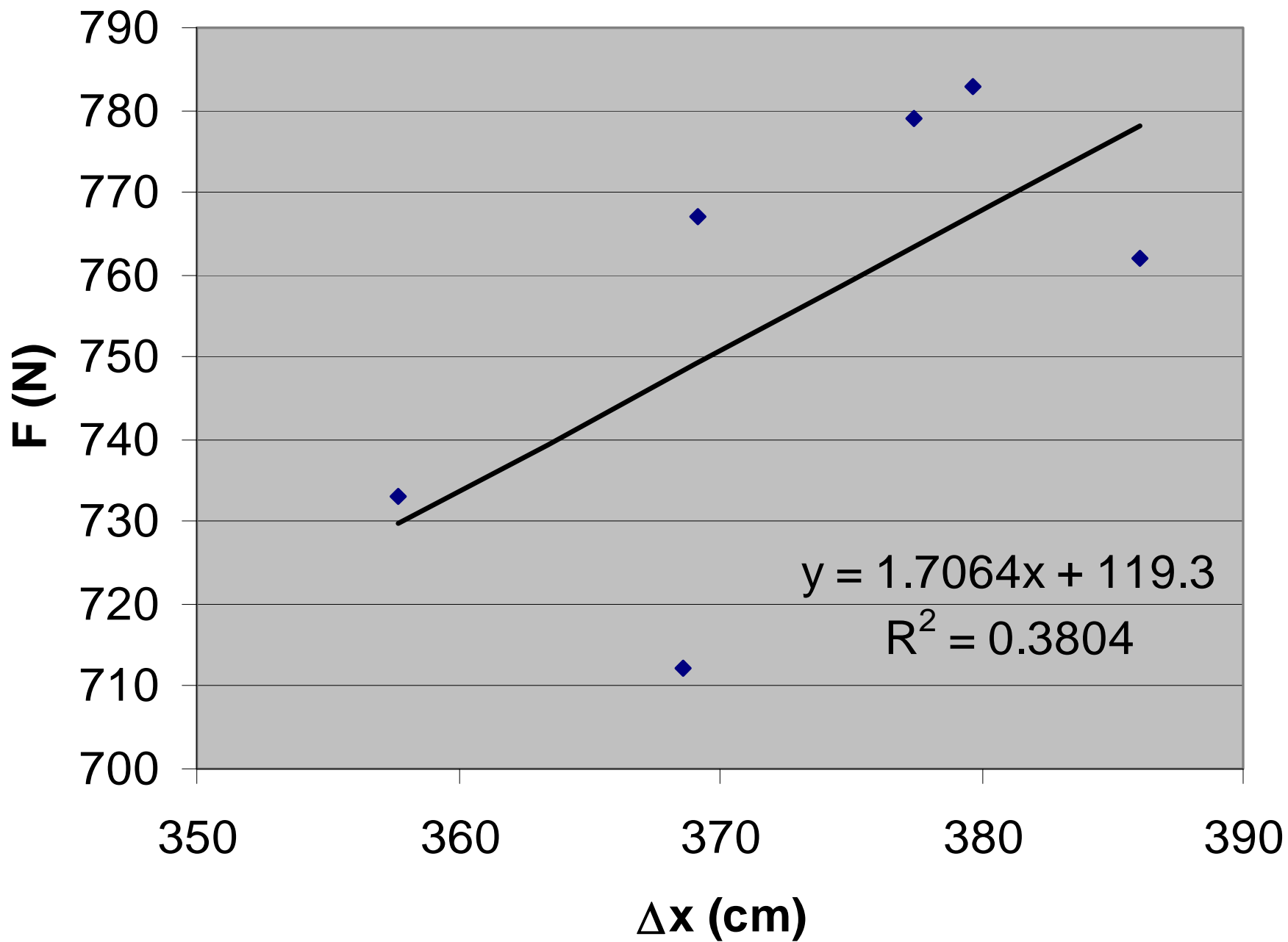
- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**



Durante el procedimiento de análisis

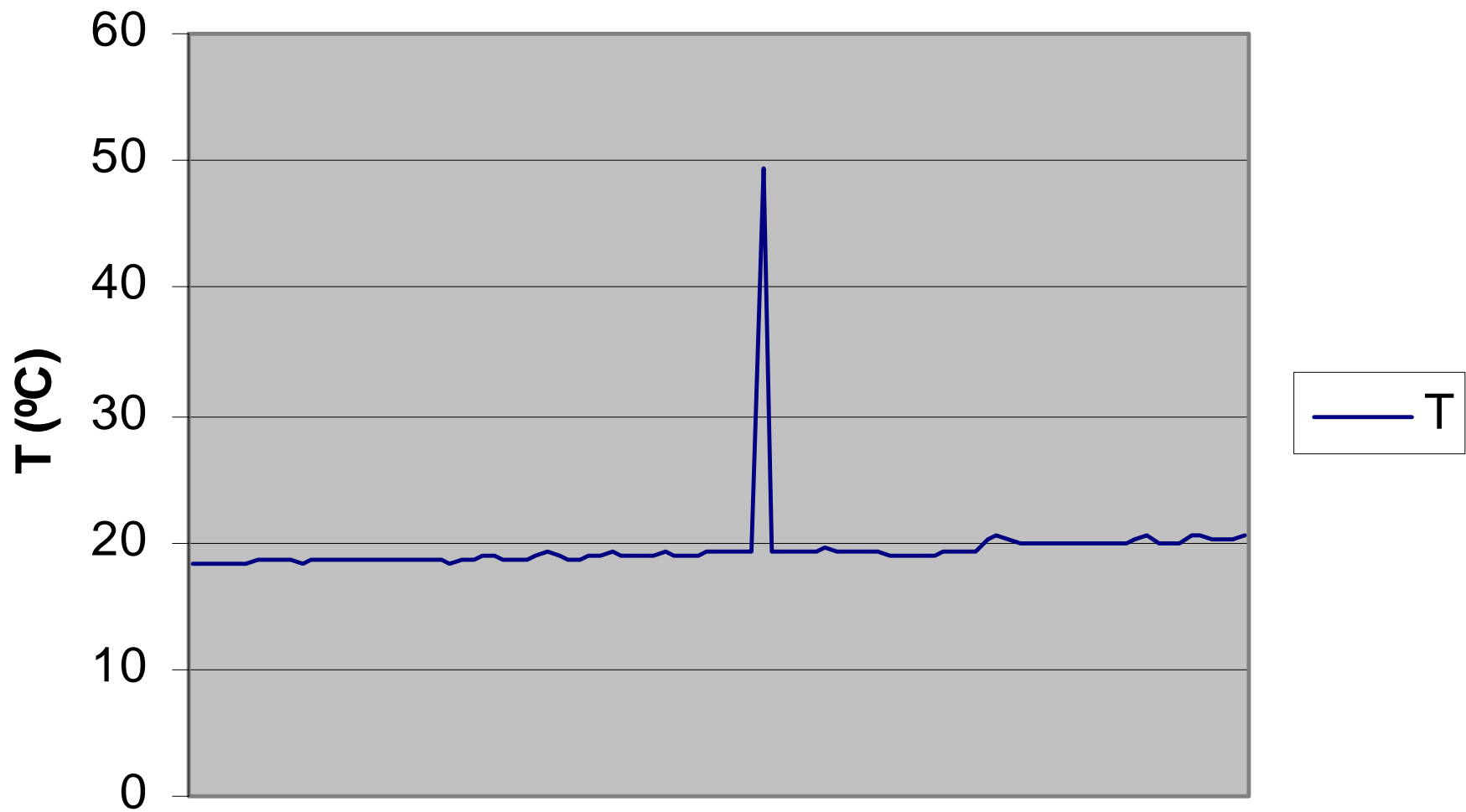
- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada** (mismos datos, rango inferior)

Si nada más que tuviéramos el sub-rango, habríamos decidido (quizás) que un modelo lineal no es suficiente para caracterizar la relación entre los procesos



Durante el procedimiento de análisis

- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**
- **Dispersión** de medidas. Posible mal funcionamiento de instrumentos.

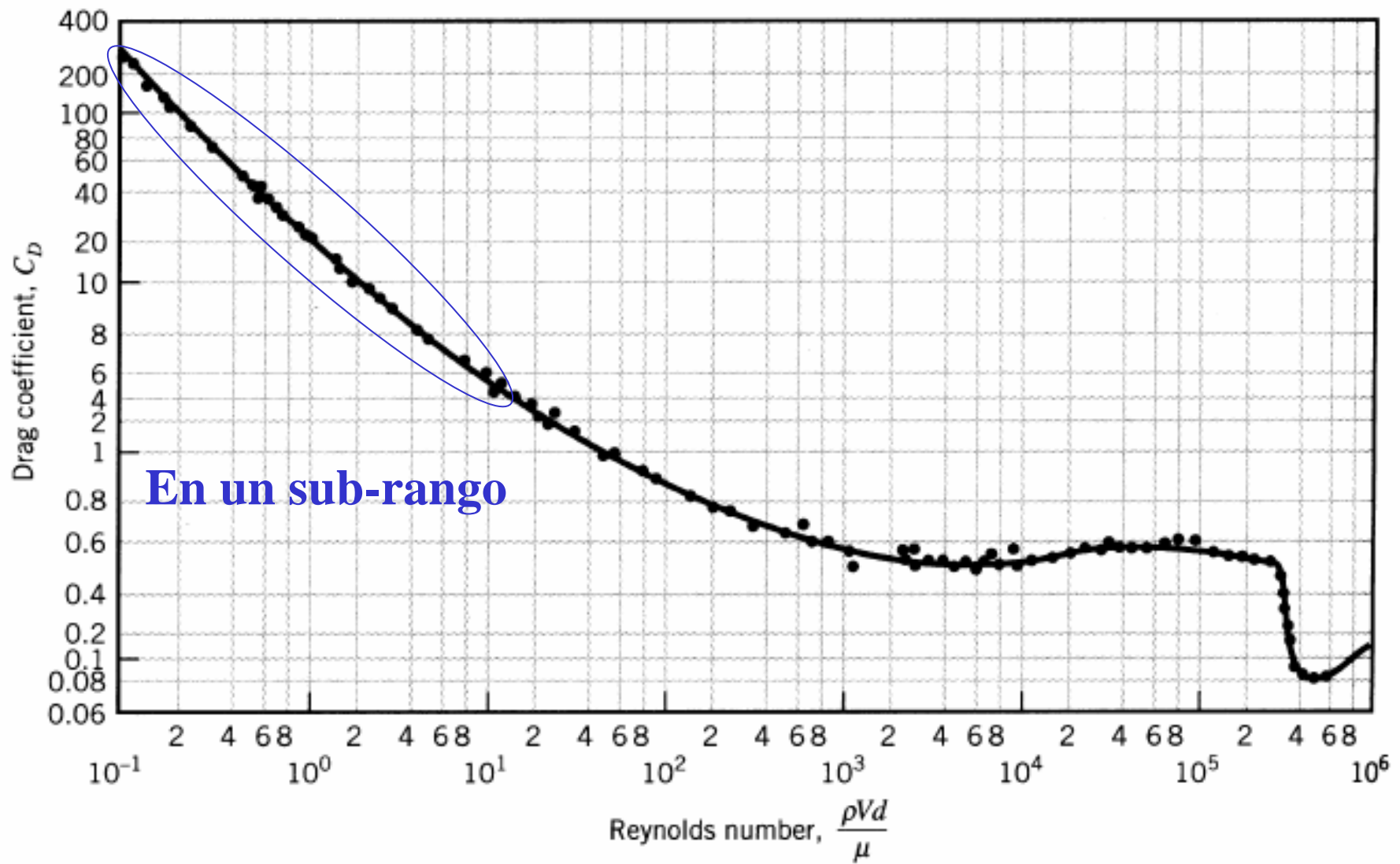


Durante el procedimiento de análisis

- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**
- **Dispersión** de medidas. Posible mal funcionamiento de instrumentos.
- Estudio de máximos, mínimos y otras **situaciones simples**. Escalas logarítmicas. Funciones de distribución.

Durante el procedimiento de análisis

- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**
- **Dispersión** de medidas. Posible mal funcionamiento de instrumentos.
- Estudio de máximos, mínimos y otras **situaciones simples**. Escalas logarítmicas. Funciones de distribución.
- No todas las dependencias son lineales o representables por polinomios.

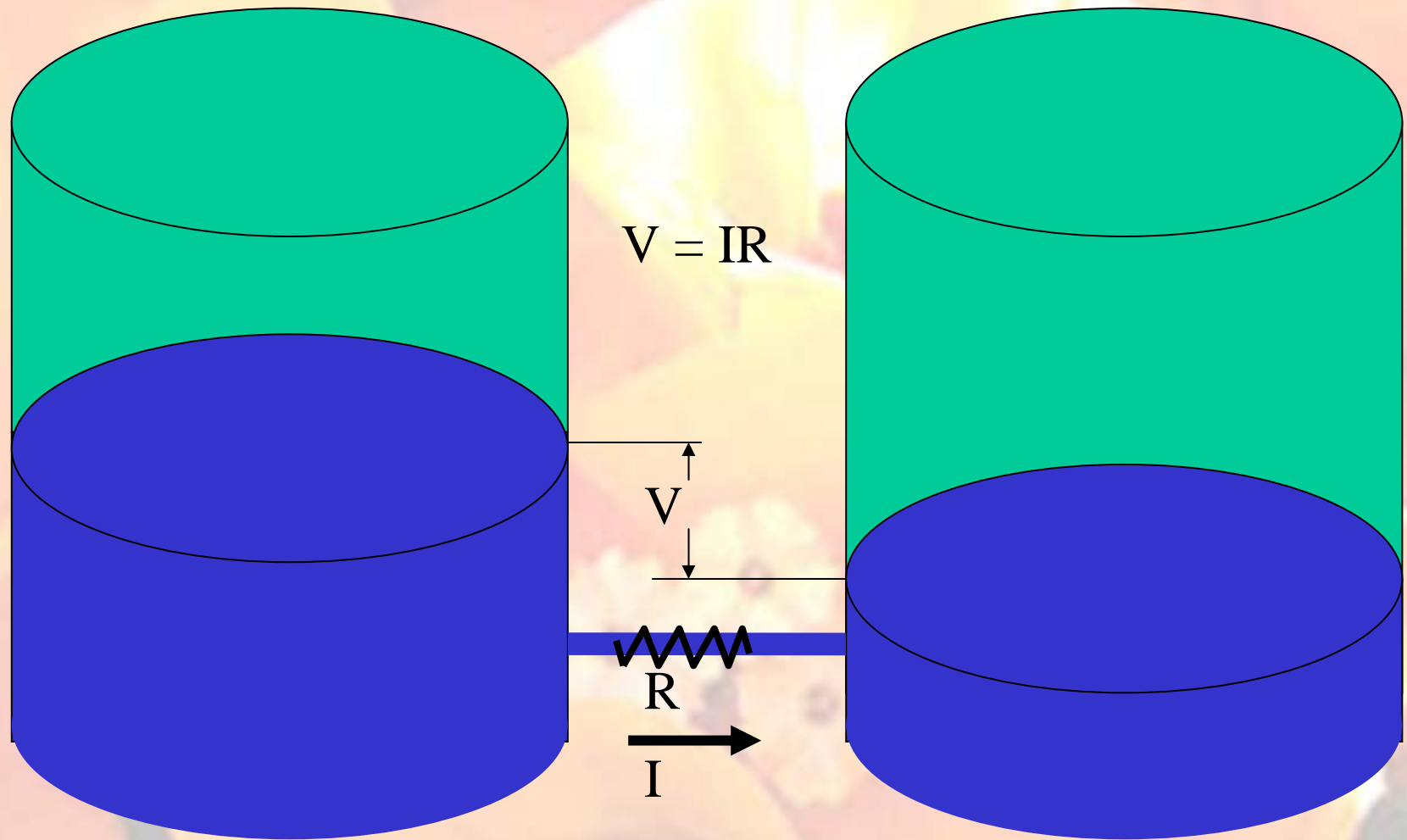


Durante el procedimiento de análisis

- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**
- **Dispersión** de medidas. Posible mal funcionamiento de instrumentos.
- Estudio de máximos, mínimos y otras **situaciones simples**. Escalas logarítmicas.
- No todas las dependencias son lineales o representables por polinomios.
- Importancia de las tablas con registros sistematizados de los datos (*data loggers*)

Durante el procedimiento de análisis

- Nivel de respuesta y espaciado de los puntos. **Representación proporcionada.**
- **Dispersión** de medidas. Posible mal funcionamiento de instrumentos.
- Estudio de máximos, mínimos y otras **situaciones simples**. Escalas logarítmicas.
- No todas las dependencias son lineales o representables por polinomios.
- Importancia de las tablas con registros sistematizados de los datos (*data loggers*)
- Realización de pruebas análogas (leyes físicas con formas análogas)



¿Cuales son las variables análogas?

$V = (\Delta\text{altura}, \Delta\text{Volumen}, ?)$

Organigrama

1. Objeto: enunciarlo con claridad
2. Variables

¿Más importantes?

¿Son independientes?

Uso de análisis dimensional

3. Equipo y medio ambiente

¿Es preciso un medio ambiente especial?

Bibliografía: ¿Podríamos considerar un modelo simplificado?

¿Qué equipamiento es necesario? Uso de **catálogos**.

Organigrama

4. Instrumentos

Intervalo de variables del problema

¿Qué **precisión** se requiere?

Calibraciones y puesta en marcha

5. Procedimiento experimental

¿Qué **secuencia** hay que seguir al hacer variar parámetros?

¿Qué pruebas nos darían información simultánea sobre varias variables a la vez?

¿Puede ser importante una observación cualitativa del fenómeno?

Tomar notas, grabar las observaciones. **Libreta de laboratorio**

Organigrama

6. Evaluación de los resultados

¿Son fiables?

Relaciones entre variables (¿significación real? ¿generales?)

Gráficas y métodos estadísticos

7. Presentación de los resultados

Identificar y presentar **resultados más importantes**

Contar una historia omitiendo detalles irrelevantes

8. Conclusiones

¿Satisfacen las pruebas realizadas el **objetivo original**?

Identificar las discrepancias y proponer **nuevas pruebas**

La importancia de publicar: Un caso (muy) particular

Descubrimiento

$V = I R$ (circuito)

$P = \Sigma p_i$ (gases)

$V_1/T_1 = k$ (gas)

Hidrógeno (elemento)

$G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

¿Quién lo publicó?

1826 Georg Simon Ohm

1801 John Dalton

1787 Jaques Charles

1766 Henry Cavendish

1798 Henry Cavendish

¿Quién lo descubrió?

Henry Cavendish

Henry Cavendish

Henry Cavendish

Henry Cavendish

Henry Cavendish

James Clerk Maxwell (1831-1879)

Henry Cavendish (1731-1810)

- Nieto de dos Duques (Devonshire y Kent)
- Extremamente raro y introvertido
 - Sus experimentos incluyeron la aplicación de voltajes a sí mismo, apuntando el grado de dolor (hasta perder el conocimiento)
 - Capaz de irse corriendo por haber escuchado un “buenos días”
 - Era tan tímido (mujeres) que hizo construirse una escalera atrás en su casa para poder escapar de la doncella
- Se sospecha ahora que sufrió del “síndrome de Asperger”, un especie de autismo



Conclusión

- En la ciencia, es importante publicar
 - Para recibir crédito (y ser evaluado)
 - Para el avance de la ciencia
- Como todos, los científicos tienen que saber comunicar
 - Escribir de una manera clara y concisa
 - Presentar sus resultados en público
- Dos tipos de comunicaciones importantes
 - Científicos (para los colegas)
 - Divulgativos (para el público)

Presentación

- Un informe se presente como **una historia**, compuesta de un principio, un desarrollo, y un final
- Organizar la esquema de la historia por **párrafos (temas)**
 - Cada párrafo es imprescindible para la historia
 - “El párrafo es la unidad de composición.”
 - Strunk Jr., W. and White, E. B., 1979, *The Elements of Style*, McMillen, New York. (ISBN 0-02-418200-1).
- En cualquier caso, es interesante adquirir un **guía de estilo**

Inglés

- Idioma actual de la ciencia (Inglés técnica/científica)
- **Manera sistemática de construir párrafos / presentar temas**
 - 1ª frase : tema del párrafo (claramente expresado)
 - Todas las frases : relación evidente con la 1ª frase
 - Frase que no tenga relación con el tema → Otro (o nuevo) párrafo
 - Párrafo que no tenga relación con la historia → rechazar
- Leer 1ª frase de cada párrafo: la esquema de la historia
 - Ayuda al lector para enterarse
 - Ayuda al autor para organizarse
- El último frase del párrafo puede servir como vínculo al próximo párrafo (tema)

Deliquescence induces eddy covariance and estimable dry deposition errors (Kowalski, 2001)

- **The accurate measurement of atmospheric particle dry deposition** is a significant challenge in contemporary geophysical science. Atmospheric particles, or aerosols, originate from both natural and anthropogenic sources. Aerosol concentrations influence human health, visibility, terrestrial remote sensing, and global climate (Charlson et al., 1987). Dry deposition is a removal mechanism for these particles, and is believed to contribute to fertilization (Lloyd, 1999), as well as acidification and eutrophication of terrestrial ecosystems (Erisman et al., 1997). **Accurate measurements are needed to understand and model aerosol cycling, and to define emission limits for acceptable air quality.**
- **The bulk of atmospheric particulate matter grows and shrinks with water phase change via deliquescence, a process that has important consequences for the measurement and modeling of dry deposition.** In fact, ‘dry deposition’ is something of a misnomer, since hygroscopic (wet) aerosols constitute most of particulate mass. These very small, nearly spherical solution droplets change size rapidly to reach equilibrium with ambient relative humidity (hereafter normalized and expressed as saturation ratio). Deliquescent growth near a moist surface can enhance deposition, a strongly size-dependent process (Slinn and Slinn, 1980; Zufall et al., 1998). **However, deliquescence can also affect measurements of dry deposition, and not only the physical process itself (Businger, 1986).**
- **In stationary atmospheric flow over homogeneous terrain, surface exchange can be estimated from the turbulent scalar flux measured as an eddy covariance (Baldocchi et al., 1988). Etc.**

Formatos típicos

- Resumen (*abstract*)- es la última que se redacta
- Introducción - corto, seco y fácil a leer
- Métodos y Materiales - como una receta
- Resultados - sin excusas o disculpas
- Discusión - de los resultados
- Conclusiones - que ha encontrado, ¿que falta?
- Agradecimientos — muy sencillo si necesario