

La Naturaleza de la Física

Física Fundamental I (106001C)
Física I + Laboratorio (106012C)
Física/Tecnología Agroambiental (106094M)

Activación: ¿Qué creen ustedes que es la “Ciencia”?

Antes de entrar en definiciones formales, pausemos un momento. Si pidiéramos a diez personas en la calle que definieran “ciencia”, probablemente escucharíamos respuestas como:

- “Es memorizar fórmulas y leyes”
- “Son los descubrimientos en laboratorios”
- “Es lo que dice un experto”
- “Es lo opuesto a la magia”

Todas estas intuiciones contienen fragmentos de verdad, pero no capturan el corazón de qué *es realmente* la ciencia. La pregunta es más profunda: ¿Cómo sabemos lo que sabemos? ¿Cuál es la diferencia entre creer algo porque suena bien y *saber* algo porque la evidencia lo respalda?

Esta distinción es crítica. Nuestra vida cotidiana está llena de afirmaciones que *parecen* científicas pero no lo son. La astrología promete predecir el futuro. La homeopatía promete curar enfermedades con diluciones infinitas. Los “purificadores de energía” prometen armonía personal. Pero *¿por qué no son ciencia?*

Carl Sagan, en su magistral conferencia “¿Qué es la Ciencia? Una forma de pensar”, lo planteó así:¹

La pseudociencia y la superstición no son nuevas. Han estado con nosotros tanto tiempo como hemos sido humanos. Pero la diferencia entre ciencia y pseudociencia no es simplemente la presencia o ausencia de “magia”. Es una cuestión de *método*, de cómo aproximarse a la verdad.

Nota pedagógica: Es natural pensar que la ciencia es un conjunto de hechos que un experto posee y transmite. Esta idea previa no es ignorancia; es una teoría coherente basada en nuestra experiencia. Nuestra tarea en este curso es *transformarla*, no eliminarla. La verdad es que la ciencia es un *proceso* de cuestionamiento continuo, donde incluso los expertos se equivocan, y eso es *esperable y deseable*. Tus preconcepciones son el punto de partida, no el enemigo.

¹Video referencia: Sagan, C. “¿Qué es la Ciencia? Una forma de pensar.” Concepto 1: Diferencia entre Ciencia y Pseudociencia. <https://www.youtube.com/watch?v=Bx0Zezb5FHo> [00:02–02:15]

Desarrollo Conceptual: ¿Qué Hace que Algo Sea Ciencia?

La Ciencia como Búsqueda Sistemática de la Verdad

¿Qué es exactamente la física? Alonso y Finn, en su monumental texto de mecánica, proponen esta definición fundamental:²

La física es la ciencia que estudia los componentes de la materia y sus interacciones mutuas (gravitacionales, electromagnéticas y nucleares) para explicar, a partir de ellas, tanto las propiedades de la materia en conjunto como el resto de los fenómenos naturales.

Esto es más profundo de lo que parece. No es simplemente “el estudio de la naturaleza”. Es el estudio de los *componentes fundamentales* y cómo interactúan. Esto significa que toda la física — desde la acústica hasta la astrofísica — se reduce, en última instancia, a entender esas interacciones.

Pero, ¿cómo se construye ese conocimiento? Alonso-Finn describe un ciclo que es el corazón del método científico:³

La observación es un examen crítico y cuidadoso de los fenómenos. La experimentación observa el fenómeno bajo condiciones preparadas de antemano y cuidadosamente controladas. El físico teórico propone un modelo, razona deductivamente sobre él (usualmente con matemática), predice relaciones, y revisa el modelo cuando nuevos experimentos lo exigen.

Históricamente, la distinción que hacemos hoy entre ciencia y no-ciencia es relativamente reciente. Los pensadores griegos antiguos buscaban comprender el universo, pero su método era predominantemente racional y autoritario: si Aristóteles decía que los objetos pesados caen más rápido que los ligeros, la mayoría aceptaba su palabra.

Pasaron más de mil años. Luego, en el siglo XVII, ocurrió algo revolucionario: *alguien decidió verificar*.

Galileo Galilei, parado en la Torre de Pisa (o en otro lugar elevado), soltó objetos de masas diferentes y *midió* sus tiempos de caída. El resultado contradecía frontalmente a Aristóteles: los objetos no caían con velocidades proporcionales a sus masas, sino con aceleraciones similares (ignore la resistencia del aire por ahora). La visión aristotélica fue refutada por los *hechos*.

Este cambio mental—pasar de “la autoridad dice X” a “el experimento muestra Y”—marcó el nacimiento de la ciencia moderna. Y es el corazón de lo que vamos a explorar en este curso.

La visión histórica ofrecida por el Universo Mecánico de CalTech captura brillantemente este momento:⁴

La Física moderna no comenzó con descubrimientos espectaculares. Comenzó cuando alguien decidió que la mejor manera de entender la naturaleza no era solo pensar, sino *experimentar*. Observar, proponer una explicación, probar esa explicación mediante un experimento cuidadoso, y dejar que la realidad sea la árbitro final.

²Alonso-Finn, *Mecánica y Termodinámica*, Cap. 1: Introducción.

³Alonso-Finn, Cap. 1.

⁴Video referencia: Goodstein, D. “Universo Mecánico - Introducción.” Concepto 1: Mecánica como base de la Física. <https://www.youtube.com/watch?v=vKgeckr32H0> [00:00–05:00]

El Método Científico: Pasos Prácticos

¿Entonces cuáles son los pasos concretos? Richard Feynman, uno de los físicos más brillantes del siglo XX, ofreció una versión clara y pragmática:⁵

1. **Observación:** Notar algo en el mundo natural que queremos comprender. Ejemplo: “¿Por qué caen los objetos?” o “¿Por qué el cielo es azul?”
2. **Hipótesis:** Proponer una explicación provisional. Tippens, en su introducción a la física, lo llama una *hipótesis viable*:⁶ una “proposición tentativa, expresada matemáticamente, que describe una relación física observada”. Ejemplo: “Quizá los objetos pesados caen más rápido porque la Tierra los atrae más fuertemente”. (Esta es una *suposición educada*, no la respuesta final.)
3. **Experimentación:** Diseñar una prueba controlada. Ejemplo: “Voy a soltar una piedra y una pluma desde la misma altura y mediré sus tiempos de caída”. (En aire, la pluma cae más lento; en vacío, caen juntas.)
4. **Conclusión:** Interpretar los resultados. Si coinciden con la hipótesis, ganamos confianza en ella. Tippens señala que “cuando una hipótesis se ha aplicado el suficiente número de veces para tener un grado de seguridad razonable de que es verdadera, se le llama teoría científica”.⁷ Si contradicen la hipótesis, *la descartamos* y proponemos una nueva.

Por qué importa esto (andamiaje de estrategia-escritura):

El secreto no está en seguir estos pasos como un ritual mágico. El secreto está en que *la realidad tiene la última palabra*. Si tu hipótesis predice que X pasará, pero X *no* pasa, entonces tu hipótesis está equivocada. Este es el mecanismo de autocorrección de la ciencia.

La Tensión: ¿Pero Qué es Pseudociencia Entonces?

Aquí viene la pregunta incómoda: si la astrología también hace observaciones y predicciones, ¿por qué no es ciencia?

Quantum Fracture, el canal español de divulgación científica, plantea esto de dos maneras aparentemente contradictorias. La primera es pedagógica:⁸

La ciencia es una disciplina que usa el Método Científico. Punto. Es observable, es hipótesis-testeable, y sus resultados son reproducibles.

Pero luego, en un video más profundo, cuestiona si realmente existe *un* método único:⁹

Los cuatro pasos (observación, hipótesis, experimentación, conclusión) son tan genéricos que describen cómo aprenden también los bebés... y algunos animales. ¿Es eso ciencia?

No. Entonces el método científico, como lo enseñamos, es una simplificación pedagógica útil, pero no refleja cómo la ciencia *realmente* funciona.

⁵Video referencia: Feynman, R. “El Método Científico.” Concepto 1: Pasos del Método Científico. <https://www.youtube.com/watch?v=3m-j1xs2mS0> [00:00–01:17]

⁶Tippens, *Física: Conceptos y Aplicaciones*, Cap. 1: Introducción.

⁷Tippens, Cap. 1.

⁸Video referencia: Quantum Fracture. “¿Qué es la Ciencia?” Concepto 2: Características que Distinguen la Ciencia. <https://youtu.be/Nwe7M71Fqxo>

⁹Video referencia: Quantum Fracture. “El Método Científico No Existe.” Concepto 1: Crítica al Método Científico Lineal. https://youtu.be/9mn_ap02DKk

Esta aparente contradicción es deliberada y útil: La primera afirmación es el mapa práctico que usarás en este curso. La segunda es la realidad compleja que los filósofos de la ciencia debaten. **Ambas son ciertas a su nivel.**

Lo que sí podemos decir claramente es que una disciplina es pseudociencia si sus afirmaciones *no son falsables*. Ejemplo:

- Astrología: “Tu signo zodiacal influye en tu personalidad”. Si encontramos una excepción (alguien con signo X que no encaja), la astrología puede siempre decir: “Pero Júpiter estaba retrógrado ese día” o alguna otra excusa. Nunca puede ser *definitivamente* refutada. Pseudociencia.
- Física: “Los objetos caen con aceleración $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ”. Si construimos un experimento y medimos $g = 7,2 \text{ m/s}^2$, sabemos que nuestra teoría falla (quizá en otro planeta, o bajo otras condiciones). La predicción era *falsable*. Eso es ciencia.

¿Por Qué Importa Esto en una Democracia? Escepticismo y Pensamiento Crítico contra Conspiraciones

Podría parecer que la distinción ciencia/pseudociencia es un asunto académico sin consecuencias prácticas. Nada más lejos de la verdad. Mira a tu alrededor: hoy vivimos en una era de “teorías conspirativas” que niegan hechos comprobados científicamente.

Ejemplos contemporáneos: Hay gente que enseña que el cambio climático no existe, a pesar de que *miles* de estudios independientes (reproducibles, verificables, publicados en revistas científicas de revisión por pares) confirman que la temperatura global está aumentando por actividad humana. Hay quien niega que fuimos a la Luna en 1969, a pesar de que podemos ver las huellas de Apollo 11 desde satélites orbitales. Hay quien insiste en que la Tierra es plana, a pesar de que la curvatura terrestre fue medida hace más de 2000 años por Eratóstenes usando solo una vara y trigonometría.

¿Por qué estas negaciones persisten? Porque la pseudociencia no requiere evidencia. Una teoría conspirativa puede ser refutada por hechos, pero sus defensores pueden siempre encontrar una excusa: “los gobiernos ocultan la verdad”, “los científicos están coludidos”, “hay una conspiración global”. Nunca es *falsable*. Eso es el sello distintivo de la pseudociencia.

Escepticismo como arma: Pero aquí viene lo importante: no ser “crédulo” no significa ser “cerrado”. El *escepticismo científico* no es negar todo. Es preguntar: “¿Dónde está la evidencia? ¿Ha sido verificada? ¿Pueden otros científicos reproducir el resultado?” El pensamiento crítico entrenado en ciencia te dota de un “detector de basura” mental.

Un ciudadano sin educación científica es vulnerable. Acepta la autoridad: “Si un influencer en redes dice que el cambio climático es un invento, debe serlo”. Un ciudadano con pensamiento crítico, en cambio, pregunta: “¿Qué evidencia tiene? ¿Quién financia esta afirmación? ¿Ha sido publicado en una revista científica seria o solo en un blog?” Y descubre la verdad.

En una sociedad democrática, los ciudadanos toman decisiones que afectan a millones: sobre salud pública (vacunas, tratamientos), cambio climático, energías renovables, tecnología. Estas decisiones *deben* basarse en evidencia rigurosa, no en intuición, autoridad o “lo que me dijeron en redes sociales”.

Un ciudadano que entiende el método científico, que sabe cuándo una afirmación es reproducible y falsable, que reconoce la diferencia entre una hipótesis verificada y una especulación... ese ciudadano es *resistente* a la manipulación y a las teorías conspirativas. Y eso es esencial para que una democracia funcione.

Pero la importancia va más allá de las decisiones públicas. Carl Sagan, en el episodio 7 de su serie *COSMOS*, plantea esto desde una perspectiva humanística más profunda:¹⁰

El pensamiento científico no es solo un método para hacer descubrimientos. Es una herramienta de liberación mental. Cada civilización que ha abrazado la ciencia se ha liberado de las cadenas de la superstición y la ignorancia. Cada civilización que ha rechazado la ciencia o ha sido engañada por falsedades ha pagado un precio terrible.

En otras palabras: la pseudociencia y las teorías conspirativas no son simplemente errores intelectuales. Son mecanismos de control mental. La gente que vive creyendo en conspiraciones es mentalmente menos libre, porque ha aceptado explicaciones sin verificarlas, ha renunciado a pensar por sí misma. El pensamiento científico, en cambio, empodera. Te obliga a cuestionar, a verificar, a no aceptar nada sin evidencia. *Eso* es lo que te hace verdaderamente libre — y eso es lo que esperamos cultivar en este curso.

Ejemplo Resuelto: Aplicando el Método Científico

Pregunta: ¿Caen más rápido los objetos de mayor masa en el aire?

Observación: Soltamos dos objetos cotidianos de masas muy diferentes desde la misma altura: una pluma (muy ligera) y una moneda (pesada). En el aire, la moneda llega al suelo primero.

Hipótesis (ingenua): “Los objetos más pesados caen más rápido porque la Tierra los atrae más fuertemente”.

Experimentación (Versión Accesible):

1. *Fase 1 (con aire):* Soltamos simultáneamente una pluma y una moneda. Observación: la moneda llega primero. Esto parece confirmar la hipótesis ingenua.
2. *Fase 2 (sin aire):* Tomamos una botella de plástico transparente o un tubo de cartón. Ponemos una pluma y una moneda adentro. Sellamos bien. Removemos aire (podemos usar una bomba de aire manual o simplemente sellar bien). Volteamos rápidamente la botella. Observación: la pluma y la moneda caen *juntas*.
3. **Nota:** Este experimento no requiere equipamiento sofisticado. Una botella de plástico con aire removido (o reducido) es suficiente para demostrar el concepto. Galileo y sus contemporáneos no tenían bombas de vacío modernas, pero sí tenían tubos de vidrio e ingenio.

Conclusión: La hipótesis ingenua era *parcialmente* correcta, pero incompleta. La masa *sí* afecta, pero no de la manera simple que pensamos. Hay otro factor: la **resistencia del aire**. En el vacío, todos los objetos caen con la misma aceleración.

Nueva hipótesis: “Los objetos en el vacío caen con aceleración g independientemente de su masa”.

Esta es la Ley de la Caída Libre de Galileo. Ha sido verificada miles de veces. No es “verdadera” en sentido absoluto (toda teoría es provisional), pero es robusta, reproducible, y *falsable* (si alguna vez encontramos un objeto que cae diferente en el vacío, la ley se refuta).

¹⁰Vídeo referencia: Sagan, C. “COSMOS - El Espinazo de la Noche.” Concepto: La Ciencia como Herramienta de Liberación Mental. <https://youtu.be/fIavj8BdjY> [15:00–34:22]

Preguntas Formativas (Generación, No Reconocimiento)

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno. No hay opción múltiple; debes explicar tu razonamiento.

1. Describe, en tus propias palabras, la diferencia entre observar algo en la naturaleza y formular una hipótesis sobre ello. ¿Por qué esta distinción es importante en ciencia?
2. ¿Por qué el experimento con la pluma y la moneda (con aire vs. sin aire) *refuta* la hipótesis ingenua, pero no “destruye” completamente nuestro entendimiento? ¿Qué aprendemos de esto?
3. Propón una afirmación pseudocientífica ficticia. Explica por qué no es falsable. Luego, reescribela de modo que *sí* sea falsable (y potencialmente científica).
4. Toma una teoría conspirativa que hayas escuchado en redes sociales o en la vida cotidiana (p.ej., “la Luna está controlada por gobiernos” o “las vacunas contienen microchips”). Explica: (a) ¿es falsable? (b) ¿qué evidencia definitivamente la refutaría? (c) ¿por qué crees que sus defensores nunca aceptan esa refutación? (d) ¿cómo usarías el método científico para desacreditarla?

Cierre: Autoverificación Contra Indicadores de Logro

Reflexiona sobre estos indicadores de logro de esta sección. ¿Puedes responder “sí” a cada uno?

- ☐ **RA1-ind. 1.1:** Identifico las características básicas de las ciencias físicas y su impacto en la vida diaria.
- ☐ **CG1 (Pensamiento Crítico):** Puedo evaluar una afirmación científica o pseudocientífica aplicando criterios de reproducibilidad y falsabilidad.
- ☐ **CG1 en contexto democrático:** Entiendo por qué el pensamiento científico es necesario para tomar decisiones informadas en sociedad.
- ☐ **CG2 (Solución de problemas):** Puedo aplicar el método científico a una pregunta cotidiana.

Si respondiste “no” a alguno, vuelve a leer la sección correspondiente o consulta los videos.

Conexión con el Laboratorio: Práctica 01 — Estadística del Péndulo Simple

En la Práctica 01, vivirás en primera persona lo que hemos discutido en esta sección. Medirás el período de oscilación de un péndulo múltiples veces. Probablemente obtendrás resultados ligeramente diferentes en cada medición.

¿Por qué? Porque *medir* no es una actividad de precisión infinita. Hay incertidumbre. Hay error. Y eso es normal. De hecho, *entender y cuantificar la incertidumbre* es parte integral del método científico.

Cuando reportes tus resultados, no dirás “el período es 1.4 segundos”. Dirás “el período es 1.4 ± 0.1 segundos”, indicando que hay una incertidumbre. Eso es ciencia: no esconder la incertidumbre, sino documentarla.

Referencias

- Alonso, M. & Finn, E. J. (2006). *Física, Vol. 1: Mecánica y Termodinámica*. Capítulo 1: Introducción. Editorial Addison-Wesley.
- Tiplens, P. E. (2007). *Física: Conceptos y Aplicaciones* (7^a edición). Capítulo 1: Introducción. Editorial McGraw-Hill.
- Sears, F. W. & Zemansky, M. W. (2009). *Física Universitaria Vol. 1* (12^a edición). Capítulo 1: Unidades, cantidades físicas y vectores. Editorial Pearson.
- Sagan, C. (1980). “¿Qué es la Ciencia? Una forma de pensar.” Episodio de la serie *COSMOS*. <https://www.youtube.com/watch?v=Bx0Zezb5FHo>
- Feynman, R. (2009). “El Método Científico.” Entrevista en BBC. <https://www.youtube.com/watch?v=3m-j1xs2mS0>
- Goodstein, D. L. (1989). “Introducción al Universo Mecánico.” Serie educativa de CalTech. <https://www.youtube.com/watch?v=vKgeckr32H0>
- Quantum Fracture. (2019). “¿Qué es la Ciencia?” Canal de YouTube. <https://youtu.be/Nwe7M71Fqxo>
- Quantum Fracture. (2020). “El Método Científico No Existe.” Canal de YouTube. https://youtu.be/9mn_ap02DKk
- Sagan, C. (1980). “El Espinazo de la Noche.” Episodio 7 de *COSMOS*. <https://youtu.be/fIavj8BdjY> [15:00–34:22]