

# Física de sentido común: ¿Obstáculo o herramienta?

Daniel Omar Badagnani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación del Espacio Pedagógico, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

E-mail: daniel@fisica.unlp.edu.ar

## Resumen

Las llamadas “concepciones alternativas”, o “misconceptions”, o “concepciones ingenuas” o “primitivas fenomenológicas” (según el marco teórico) son consideradas como obstáculos para el aprendizaje de la física. Desde algunos marcos se pretende que el estudiante reemplace esas ideas por las científicas y desde otros se busca que reestructure sus conocimientos para que articule su experiencia cotidiana con el conocimiento científico. En este trabajo mostramos que existe conocimiento experto (expresividad corporal en teatro) en el que se usan ideas consideradas como obstáculos para el aprendizaje de la mecánica, y que la conceptualización científica obstaculizaría tales aprendizajes si se la empleara en ese contexto. Esto nos permite echar luz sobre la física de sentido común como sistema cognitivo, sobre el “cambio conceptual”, y ver que el estudio de los conocimientos previos al aprendizaje de una disciplina científica requiere una mirada interdisciplinaria y desde una multiplicidad de marcos teóricos.

**Palabras clave:** Cambio conceptual, Antropología teatral, Concepciones alternativas

## Abstract

The so called “alternative conceptions”, or “misconceptions”, or “naïve conceptions” or “phenomenologic primitives” (depending on the theoretical framework) are considered obstacles to physics learning. In some frameworks the students are expected to replace those ideas with the scientific ones, while in others they are supposed to restructure their knowledge in order to articulate everyday experience with scientific ideas. In this work we show that there exists expert knowledge (bodily expresivity in theatre) in which ideas considered as obstacles for the learning of mechanics are used, while the scientific conceptualization would be an obstacle if used in that context. This allows us to shed light on commonsense physics as a knowledge system, on “conceptual change”, and to see the need to consider previous knowledge to science instruction under multiple theoretic frameworks and disciplines.

**Keywords:** Conceptual change, Theatre anthropology, Alternative conceptions

## I. INTRODUCCIÓN

Es bien conocida la existencia, en los estudiantes de nivel medio y universitario, de conocimientos de sentido común incompatibles con el disciplinar que se activan ante situaciones problema en el aula y obstaculizan la enseñanza de la mecánica elemental (Driver 1978, Viennot 1979, McCloskey 1983, Vosniadou 1994). Sigue siendo materia de debate, sin embargo, la organización cognitiva de tales ideas y su evolución durante la formación, y sobre todo el tratamiento que deben recibir durante el dictado de los cursos correspondientes. Para diseñar estrategias de enseñanza eficaces y pertinentes es imprescindible tener una comprensión profunda sobre la organización del sentido común físico como sistema de conocimiento. Existen marcos teóricos que compiten para dar cuenta de él, pero estamos lejos de un consenso (Vosniadou 2007, diSessa 2008). Cabe recalcar que las diferencias entre los distintos marcos no son únicamente su base empírica o sus predicciones sino también concepciones que pueden caracterizarse como ideológicas respecto de representaciones de las ciencias, los estudiantes y los docentes (Jiménez Gómez y cols 1994, Toledo y col, 1994).

Existe evidencia de que la organización del conocimiento de sentido común tiene diferencias muy marcadas con la de las concepciones disciplinares propias de un experto. Es sabido, por un lado, que la

activación de diferentes esquemas de sentido común depende fuertemente del contexto (Stewart y cols 2007, Bao y cols 2006) y que, visto como sistema de conceptos, es altamente fragmentario e inconsistente (Minstrell 1991, diSessa 1993), pese a que otros autores sostienen que la física de sentido común se organiza en estructuras similares a las propias de las teorías científicas, salvo por algunas falencias metodológicas y metaconceptuales (Vosniadou 1994, 2002, 2003) dando lugar a una controversia “Coherencia vs Piezas” (diSessa 2008). Las tensiones entre ambas formas de pensar la física de sentido común se ponen de manifiesto al analizar las respuestas al Force Concept Inventory (Hestenes y cols 1992) dadas por pensadores de sentido común, que según cómo se analicen parecen tributar a uno u otro campo (Heller y cols 1995, Huffman y cols 1995, Halloun y cols 1995a, 1995b, Lasry y cols 2011). Una forma de interpretar la aparente contradicción es postular que los pensadores por sentido común hacen predicciones (la generación de una respuesta a partir de una situación cotidiana, fuera de un contexto de resolución algorítmica) empleando un sistema de recursos cognitivos diferente del usado para justificar esas predicciones (Badagnani y cols 2012). Mientras que las últimas involucran sistemas de ideas a un nivel abstracto, las primeras parecen ocurrir en un tiempo muy breve, más propio de las respuestas reflejas, y estar basadas en alguna forma de simulación perceptiva. Esto último ha sido observado en entrevistas clínicas con un diseño específico para registrar las operaciones realizadas en un plazo muy breve luego de formulada la pregunta (ver más adelante). Este tipo de respuestas tan similares a las reflejas sugieren que los recursos cognitivos empleados son los que se formaron con la experiencia cotidiana y se emplean para que el cuerpo responda a estímulos concretos (como predecir si una pelota se acerca con una velocidad que permita atajarla o aconseje esquivarla), y como tales son evidentemente valiosos.

Pero la Física no es la única disciplina en la que las concepciones de sentido común sobre movimiento deben evolucionar y sistematizarse. A lo largo del siglo XX el Teatro y la Danza han desarrollado líneas teóricas que hacen eje en el control técnico del cuerpo del artista: la Antropología Teatral, la Biomecánica (Centeno Álvarez 2005) y los estudios del movimiento de von Laban (Hackney 2003) son ejemplos sobresalientes. Si bien las comunidades que desarrollan estas líneas no reclaman para sí el status de ciencia, se trata de cuerpos de ideas altamente sistematizados, con un lenguaje consensuado y que han permitido formar generaciones de excelentes artistas. El análisis de movimiento de von Laban, aún no siendo en sí mismo científico, es empleado en campos científicos como neurociencia (ver por ejemplo Lourens 2010) y robótica (ver por ejemplo Barnhill 2013) cuando se involucra el movimiento corporal. Bajo ningún punto de vista podemos concebir “corregir científicamente” los postulados y las afirmaciones de los teóricos de estas líneas. Por el contrario, sostenemos que son formas de conocimiento importantes, en las que la excelencia es tan deseable como en la instrucción de la mecánica. Y si bien no se trata de sentido común ni conocimiento cotidiano, dado que el propósito de estas formas de conocimiento es la formación de actores y bailarines estableciendo un lenguaje común para expresar movimientos corporales, las ideas desarrolladas allí son próximas al conocimiento corporal y deben ser evocadas en los tiempos propios de un reflejo.

En el presente trabajo nos proponemos explorar la idea de que las respuestas de sentido común físico constituyen una forma de conocimiento corporal más que intelectual comparando respuestas típicas de sentido común físico con textos académicos sobre movimiento corporal expresivo. En este sentido no nos proponemos ser exhaustivos sino tan solo mostrar un camino posible para iluminar la física de sentido común como sistema de conocimiento. Por otra parte, mostraremos la existencia de un cuerpo de conocimiento experto legítimo en el que se desarrollan ideas incompatibles con la mecánica. Nos encontraremos con que algunas concepciones que en física se interpretan como obstáculos son de hecho herramientas a desarrollar si lo que se desea es formar en el campo de la expresión corporal. Y que una concepción de sentido común más apropiada para el aprendizaje de la mecánica puede resultar un obstáculo para el desarrollo del movimiento corporal. Esto nos permitirá echar algo de luz sobre las diferentes ideas de cómo se organiza el conocimiento científico durante el aprendizaje y su relación con el conocimiento preexistente.

## II. EL SENTIDO COMÚN FÍSICO COMO SISTEMA COGNITIVO

Trascendiendo la mera clasificación de ideas de sentido común ha habido esfuerzos por comprender la organización y evolución de esas ideas desde una perspectiva cognitivista. Las perspectivas pueden dividirse en dos grandes ejes: el que postula una estructura fragmentaria y sin coherencia (diSessa 1993, 2008) y las líneas que postulan algún tipo de organización coherente (Posner y cols 1982, Strike y col 1992, Vosniadou 1994, 2002, 2003, 2007). En la primera, el “cambio conceptual” ocurriría sin modificar los fragmentos, simplemente mediante su organización jerárquica. Las líneas coherentistas van desde aquellas que postulan que las ideas constituyen teorías con un estatus similar al de una teoría científica, y

que el cambio conceptual ocurre mediante el reemplazo de teorías por otras más adecuadas a través de conflictos cognitivos (Posner y cols 1982) hasta aquellas que reconocen que el sentido común tiene déficits respecto del conocimiento experto: especialmente dificultades metodológicas y ausencia de conciencia metaconceptual (Vosniadou 2002, 2003, 2007). Aquí el cambio conceptual sería un proceso complejo por el que el sujeto va incorporando nueva información incorporándola a los esquemas que ya tiene a través de “modelos sintéticos”, y modificando muy lentamente sus compromisos epistemológicos. También hay líneas que sostienen la idea de que las concepciones deberían coexistir y activarse en forma diferenciada de acuerdo con la tarea a encuadrar, como la llamada “integración jerárquica” (Pozo y cols 1998). Estas líneas proponen que aparte de una suerte de cambio conceptual (concebido como conocimiento científico como reorganización del conocimiento cotidiano) habría otros cambios estrechamente vinculados con él: la explicitación progresiva de los principios y procedimientos empleados en el análisis de situaciones, y la integración jerárquica de las herramientas disponibles en cada dominio del conocimiento. En este punto, esta línea se asemeja a la visión de diSessa del conocimiento experto: se le reconoce al conocimiento de sentido común un valor como herramienta eficaz para resolver situaciones muy simples, mientras que los problemas más difíciles requerirán de recursos más sofisticados y cognitivamente más costosos. Bajo este punto de vista el aprendizaje no implica el reemplazo del conocimiento de sentido común, pero se supone la existencia de dominios de conocimiento claros y que el conocimiento científico experto, a un nivel conceptual, puede subsumir al sentido común en una estructura jerárquica.

En un trabajo anterior (Badagnani y cols 2012) se exploró la naturaleza de la física del sentido común comparando la perspectiva del cambio conceptual según Vosniadou con la del conocimiento en piezas de diSessa a la luz del análisis de respuestas al Force Concept Inventory (Hestenes y cols 1992) por parte de un grupo de 500 ingresantes a la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. El estudio reveló una aparente paradoja: mientras que el análisis desde la perspectiva de cada concepción alternativa las ideas aparecen como un sistema altamente fragmentario, reproduciendo la conocida dependencia contextual, las justificaciones de las respuestas de sentido común son mayoritariamente las que corresponden a la concepción alternativa que pretenden representar. La resolución propuesta a la paradoja es que los pensadores por sentido común emplean recursos cognitivos diferentes para decidir la respuesta a cada pregunta y para justificar esa decisión. Los recursos activados al momento de resolver una situación problemática serían entonces más bien análogos a una estructura fragmentaria activada contextualmente, como en la teoría de diSessa, mientras que las argumentaciones de las razones para esas respuestas formarían sistemas más organizados, pero además de faltar los aspectos metodológicos y la conciencia metaconceptual, en estas estructuras estaría faltando fuertemente un aspecto clave que uno busca en una teoría científica: que sea generativa. De ser este el caso, el avance hacia formas expertas de razonamiento científico implicaría una integración compleja de ambas estructuras.

Obsérvese que para que este esquema dé cuenta de la aparente paradoja se requiere que los sujetos decidan las respuestas a cada situación en un tiempo mucho menor que el tiempo que requieren para justificar su elección, y que en el proceso de justificación ese primer recurso “reflejo” sea estable y no puesto en cuestión por el proceso de explicación. Para poner a prueba esta hipótesis se diseñaron entrevistas con situaciones del FCI pero estructuradas de modo de poder observar indicaciones de ambos procesos<sup>1</sup>: se les daba a los sujetos un texto con la descripción de la situación y se les pedía que tras escuchar la pregunta contestaran lo primero que se les ocurriera, sin importar si estaba bien o mal pues luego podrían *explayarse*. Luego se les preguntaba por cualquier sensación o imagen que hubiese ocurrido en el proceso de responder, y finalmente les permitiríamos *explayarse* con el formato de una entrevista semiestructurada, dando lugar a que cambien su respuesta en caso de considerarlo pertinente. Lo que sucedió es que todos los sujetos entrevistados respondieron inmediatamente todas las preguntas, con lo cual interpretamos que generaron una respuesta en tiempos compatibles con un reflejo. Luego, al ser consultados sobre los procesos mentales a los que habían acudido, todos sin excepción empezaban por dar justificaciones similares a las respuestas de sentido común habitualmente reportadas como resultado de entrevistas semiestructuradas, por lo que hubo que repreguntar (“Pero respondiste muy rápido. ¿Todo eso pensaste?”) Todos los sujetos admitieron haber visualizado la situación dinámicamente, como si la hubieran presenciado. Al describir sus visualizaciones hacían gestos con las manos representando en algunos casos los movimientos de los objetos y en otros las fuerzas (por ejemplo, al decir “el auto hace fuerza sobre el camión por el impacto” hacían por ejemplo el gesto de un puño cerrado chocando contra una palma abierta). Al explicitar lo que habían “visto” mostraban cómo sus explicaciones hacían uso de esas imágenes, pero no las cuestionaron ni entonces ni al pedirles que se *explayaran*.

<sup>1</sup> El análisis detallado de estas entrevistas, y otras similares realizadas a expertos, aún no está publicado. Reseñamos aquí los resultados por considerarlos muy relevantes para la comparación con los estudios de movimiento en teatro y danza.

Así, de nuestros datos parece desprenderse que hay un sistema fragmentario, evocado en forma altamente contextual, más ligado con las respuestas reflejas que con las reflexionadas, que es el que genera las predicciones, y un sistema más articulado de concepciones que no tiene por propósito generar predicciones sino que se activa para explicar y justificar, sin cuestionar, las respuestas generadas por el primer sistema. Es interesante comparar esto con los resultados de Clement (1994) sobre expertos, en los que se ve que estos también recurren a simulaciones perceptivas, pero estas se van modificando de acuerdo con los razonamientos basados en teoría y modelizaciones formales.

### III. EL MOVIMIENTO EN TEATRO, UNA EXCURSIÓN FUGAZ

A lo largo del siglo XX el teatro se ha ido desplazando de una aproximación introspectiva y psicologicista (“prestarle el cuerpo al personaje”) hacia una centrada en el cuerpo como instrumento expresivo. En una primera impresión pareciera que se trata de una aproximación estrictamente física a lo escénico, pero esto es solo aparente, y la razón es la forma en que se piensa al actor, no como un ente dual cuerpo-mente sino como un todo articulado. El dominio del cuerpo es a su vez dominio de los sentimientos y las sensaciones. En estas aproximaciones, el hecho estético ocurre mediante la ejecución precisa de acciones extra cotidianas, de un modo reproducible. Como precondition se requiere un fuerte entrenamiento “pre-expresivo” en el que se logra un dominio suficiente del cuerpo. Las líneas más conspicuas que aparecen tanto en la producción teatral como en estudios académicos son la Antropología Teatral de Barba y la Biomecánica de Meyerhold. Por otra parte, tanto la danza como el teatro se nutren de los estudios del movimiento de Rudolf von Laban, quien sistematizó y creó una notación para representar movimientos corporales. Estas concepciones han sido desarrolladas y llevadas a campos tan diversos (aparte del teatro y la danza) como el atletismo, la psicoterapia, la robótica y la neurociencia. Debe decirse que no es posible dividir en forma precisa los dominios de la danza y del teatro, existiendo zonas de simbiosis perfecta como el mimo y el clown. En todo el espectro el virtuosismo y la precisión en la ejecución de movimientos corporales es esencial, y requieren una formación rigurosa. Por esto mismo, la didáctica del movimiento corporal es inseparable de la propia práctica teatral y está presente en cualquier currículo de teatro.

Enfaticemos, antes de pasar a nuestro análisis principal, algunos contrastes importantes entre la mecánica y las escuelas sobre movimiento corporal. El más evidente, pero también el más trivial, es el uso diferente de las mismas palabras como “energía” o “fuerza”. Nosotros encontramos que las diferencias más interesantes y relevantes son de orden metodológico y epistemológico. Por un lado, las teorías sobre el movimiento corporal no son, como la Mecánica, sistemas hipotético-deductivos. Se trata más bien de descripciones altamente sistematizadas que permiten la comunicación entre artistas y el análisis de los hechos estéticos. Por otro, la modelización de los objetos de estudio es radicalmente diferentes: mientras que en mecánica se enfatiza la separación en partes, cada una de las cuales solo es influenciada por las demás a través de la interacción de pares, todas las líneas sobre movimiento corporal enfatizan su carácter holista. Una cita particularmente explícita respecto del contraste con el mecanicismo la encontramos en *Making Connections: Total Body Integration Through Bartenieff Fundamentals* (Hackney 2003):

*Marcia B. Siegel lo dijo bellamente en su tributo a Irmgard [Bartenieff] luego de su muerte en 1981: “Irmgard pensaba en términos globales, holísticos. Pensaba que el pensamiento, el cuerpo y la acción son uno, que el individuo es uno con la cultura, y función con expresión, el espacio con la energía, el arte con el trabajo, con el entorno, con la religión. Cuando uno pasaba mucho tiempo a su alrededor podía resultar bastante confundido y necesitando organizar cosas uno mismo, pero uno no puede nunca más ver el universo como una colección de partículas aisladas.” [nuestra traducción]*

### IV. ANÁLISIS DEL “PRINCIPIO DE OPOSICIÓN”

Enfaticemos una vez más: no vamos a analizar textos sobre movimiento corporal para buscar “errores científicos”. Por el contrario, nuestra premisa es que se trata de conocimiento experto legítimo, tan deseable de alcanzar como el disciplinar de la física. Precisamente, el análisis de estos textos “con los ojos de la didáctica de la física” nos va a permitir poner en cuestión nuestras propias concepciones, especialmente en lo que hace a las consecuencias para la enseñanza.

Tomamos de un texto académico una subsección, poco menos que al azar. Se trata de una exposición del llamado “Principio de Oposición”, que es un concepto propio de la Antropología Teatral, dentro de una tesis doctoral en teatro (Lizarraga Gomez 2013). El plan es analizarlo como si se tratara del protocolo

de una entrevista clínica, buscando las concepciones mecánicas implícitas en el texto, y compararlas con expresiones de sentido común físico consideradas como obstáculos a superar desde la didáctica de la física. Se procedió a marcar en negrita las frases a ser analizadas. Las llamadas fueron incorporadas con fin de referir a ellas en el presente trabajo, y se eliminaron las llamadas propias del original. No seremos exhaustivos en el análisis físico, y obviamente no discutiremos los aspectos que no pueden de modo alguno analizarse desde la física.

### “3.2.3. PRINCIPIO DE OPOSICIÓN

“Para DECROUX todo pesa; la gravedad es una condición insalvable que el mimo opta por asumir. **El estudio del peso y las transferencias del mismo<sup>A</sup>** fueron básicos desde el principio en la experimentación del Mimo Corporal Dramático. DECROUX consideraba que sólo cuando un mimo conocía los contrapesos, podía llegar a ser un mimo profesional. Los contrapesos existen en el comportamiento cotidiano, pero el mimo los amplifica y los utiliza con fines evocativos. **En el simple hecho de estar de pie, existe un contrapeso porque el ser humano ha de hacer un esfuerzo contra la gravedad<sup>B</sup>** y el mimo enfatiza esta condición. Sin embargo, el mimo no trata de reproducir estos contrapesos reales sino que construye equivalentes. DECROUX estudió los contrapesos a nivel físico y llegó a trasladar este concepto al ámbito del pensamiento; lo llamó “Contrapeso moral”. Se trata de un estudio que DECROUX llevó a cabo en colaboración con BARRAULT, probablemente tomando como punto de partida los estudios de DELSARTE. El contrapeso es una compensación muscular: es el mecanismo que tiene el cuerpo para encontrar su equilibrio cuando los diferentes órganos se mueven comprometiéndolo. JEAN DORCY define el contrapeso como “Un sistema de respuesta muscular condicionado por el esfuerzo”. Para DECROUX el problema del peso era el primer drama del ser humano e incluso de los animales: el ser humano quiere empujar o tirar de cosas para trasladarla en un plano horizontal. Lo ideal sería tener un punto de apoyo vertical, es decir, un soporte perpendicular a la tierra, pero al no tenerlo, el ser humano se inclina hacia o contra el objeto, formando una línea diagonal e inestable que compromete su equilibrio. **Tomamos como ejemplo la acción de empujar: el mimo tiene que crear las dos fuerzas opuestas que supone el contrapeso. Si quiere empujar una pared, tiene que construir la fuerza que ejerce la pared y la fuerza que ejerce él sobre la misma<sup>C</sup>**. En la vida real, la pierna que más trabaja, sobre la cual recae más presión, sería la pierna que se encuentra más retrasada, llegando incluso a poder levantar del suelo la pierna adelantada, gracias al apoyo de la pared. Sin embargo, en el caso del mimo, al no existir el objeto real, es decir la pared, el cuerpo tiene que simular el peso y el contrapeso simultáneamente, la presión se concentra en el pie adelantado que está en posición de supresión de soporte. DECROUX habla de “Drama muscular” porque se altera la situación que se daría en la realidad. Podemos relacionar esta idea con la siguiente frase de LECOQ: “Actuamos contra la naturaleza para poder hablar mejor de ella”. Siguiendo con el ejemplo anterior, observamos que la pierna que a la hora de empujar un objeto real hace el trabajo y la fuerza, queda libre y es la otra pierna -que al empujar un objeto real queda libre- la que hace el trabajo. **El movimiento no puede ocurrir sin resistencia, lo que pasa en el Mimo Corporal es que el elemento que resiste es invisible. El mimo no empuja una pared o un peso real en escena, pero lo podemos llegar a imaginar, si el mimo es capaz de crear a la vez la resistencia y la fuerza que lo empuja<sup>D</sup>**.”

En A queda expuesto que el “peso” (término que claramente alude a la acción sobre objetos masivos por una interacción gravitatoria) puede transmitirse, usarse para actuar sobre otros objetos. Desde la perspectiva de la física, se está recurriendo a una ontología inadecuada para una fuerza, que aparece como inmanente a los cuerpos y pasible de ser transferida como una sustancia imponderable (Vosniadou 1994). En B se afirma que el actor “contrapesa” la fuerza que se hace sobre él para mantener el equilibrio. En el contexto de un curso de física esta es una confusión típica en estudiantes, quienes con frecuencia vinculan la tercera ley de Newton con equilibrio (Terry y Jones 1986, Palmer 2001). También se advierte que se distingue entre la “fuerza activa” que hace el sujeto y la fuerza sufrida, idea incluida en la taxonomía de “misconceptions” identificadas por Halloun y Hestenes (1985a, 1985b) que sirvieron de base para elaborar el Force Concept Inventory (Hestenes y cols 1992). Esta idea sobre las fuerzas mutuas se reitera en C, donde se afirma que en una situación en que se empuja un objeto imaginario el actor debe hacer dos fuerzas: la que él le hace al objeto y la que el objeto le hace a él. Semejante afirmación no tiene sentido desde el análisis físico, en el que la fuerza que hace un actor sobre un objeto real actúa sobre el objeto y no sobre el actor, por lo que sobre el actor sólo actúa la fuerza que hace el objeto real, y si no hay tal objeto no habrá ninguna fuerza, ni la hecha sobre el objeto ni la recibida desde este. Desde la perspectiva de la taxonomía de “misconceptions” esto puede considerarse como una concepción alternativa al principio de superposición, ya que dos fuerzas de naturaleza distinta coexisten sin anularse, dando lugar a un equilibrio por compromiso entre ellas. La afirmación D parece corresponder a la idea de sentido

común de que hay “fuerzas activas” que producen movimiento y “resistencias” que se le oponen (empleando la terminología usada en la taxonomía de “misconceptions” de Halloun y Hestenes 1985b). Lo sorprendente de C y D desde un análisis didáctico es la afirmación de que el actor puede “generar la resistencia” de un objeto inexistente. Es decir, aquí hay dos fuerzas de ontologías diferentes tendiendo a un equilibrio, pero ambas a la vez generadas y actuando sobre el objeto de estudio. Deberíamos probablemente considerar esto como una elaboración teórica que trasciende el sentido común físico.

## V. UNA ESCENA ESCLARECEDORA

Imaginemos una interacción entre un docente y un estudiante de un curso de física elemental.

**Docente:** Cuando un atleta arranca en una carrera acelera hacia adelante, por lo tanto sobre él actúa una fuerza resultante hacia adelante. ¿Qué objeto hace esa fuerza?

**Estudiante:** (con seguridad) El atleta.

**Docente:** ¡No! ¿Cómo el atleta va a hacer fuerza sobre sí mismo? La fuerza siempre es externa al sistema.

**Estudiante:** (Mira al docente con cara de “eso no tiene sentido”, pero se censura y piensa un rato) ¿Y entonces quién hace esa fuerza?

**Docente:** ¡El suelo! ¡Es la fuerza de roce!

**Estudiante:** (se toma un rato con un gran esfuerzo por ser diplomático) No puede ser. Si yo pongo un ladrillo en el suelo el suelo no le hace nada. Obviamente, si el atleta acelera es porque él se está esforzando. ¡Si no la que tendría que entrenar es la pista de atletismo!

Probablemente todo docente que enseñe física elemental se ha enfrentado muchas veces ante situaciones incómodas como esta en que la argumentación de sentido común es mucho más seductora que la que uno está ofreciendo. Un buen docente puede proponer situaciones que desestabilicen al estudiante y lo pongan ante un conflicto cognitivo. Puede, por ejemplo, preguntarle qué pasaría con el atleta si en vez de una pista tuviera bajo sus pies un piso encerado o hielo. Ante esas argumentaciones, dada la posición de poder del docente el estudiante probablemente declarará haber entendido y asimilará de algún modo la explicación, pero lo más probable es que siga pensando que la fuerza la hace el atleta. Y el docente honesto debería concederle al estudiante que la “explicación científica” que le está ofreciendo es sumamente pobre. ¿En qué sentido es superior a la de sentido común? Más allá del consejo evidente de que no debería practicarse atletismo en superficies enceradas, la “explicación científica” no ofrece nada por sobre el sentido común, y un atleta haría bien en seguir preceptos de la biomecánica o los estudios de von Laban si lo que desea es perfeccionar su largada. Imaginemos que nuestro estudiante avanza en su profesión científica o técnica, y llega a dominar la física newtoniana a nivel conceptual, y que al mismo tiempo se desarrolla como mimo o clown. ¿Qué rol tendrá el conflicto cognitivo en el desarrollo de su estructura de concepciones? ¿Podrá considerarse que una ontología de fuerza inmanente a su cuerpo es una concepción ingenua? Supongamos ahora que el docente es exitoso en generar un cambio conceptual en el sentido de Posner y cols (1982). ¿Qué sucederá con el estudiante cuando su instructor teatral trate de explicarle principios del movimiento actoral?

## VI. DISCUSIÓN

Para empezar, unas palabras de precaución. No se ha hecho un estudio exhaustivo ni siquiera de la totalidad de la tesis usada como fuente. Uno de los propósitos de este trabajo es mostrar el potencial de un camino para analizar la física de sentido común (el estudio de las representaciones del movimiento en campos expertos diferentes a la física) que, según la búsqueda bibliográfica efectuada, no se ha explorado aún. También debemos notar que no podemos dar por probada la conexión entre los conceptos empleados en los estudios artísticos de movimiento y las ideas de sentido común en física, si bien existe evidencia circunstancial que sugiere fuertemente esa conexión: que las afirmaciones de sentido común ocurran como simulaciones perceptivas y en tiempos compatibles con las respuestas reflejas, que los estudios del movimiento surgen de una sistematización del movimiento corporal, empleada para la enseñanza eficaz en danza, teatro y atletismo, por lo que debe tratarse de conocimiento usable en tiempos correspondientes a una respuesta refleja y no a una reflexionada, y la notable similitud (aunque los textos académicos teatrales son por supuesto mucho más sofisticados) con algunas respuestas de sentido común habituales en entrevistas clínicas sobre mecánica.

Pero, aún en forma provisional, consideremos las implicancias de tal conexión: habría entonces esquemas de sentido común que habitualmente son considerados como obstáculos para el aprendizaje de la mecánica que no solo son valorables en tanto conocimiento del estudiante, sino que son esquemas

dignos de ser desarrollados en mayor profundidad en otras áreas como la expresividad artística o el deporte. Más aún, si en el sistema cognitivo de sentido común del estudiante siempre los objetos (incluyendo en esa categoría las partes de un ser viviente) pueden estudiarse desde sus partes, y que cada parte está animada únicamente por acciones desde el exterior, ese esquema será muy probablemente un obstáculo para la expresividad corporal de ese estudiante. Tomemos dos fragmentos de la tesis que hemos empleado como fuente (Lizarraga Gomez 2013): *Tal y como aseguraba MEYERHOLD: "The basic law of Biomechanics is very simple: the whole body takes part in each of our movements. The rest is elaboration, exercises, études"*. Esto muestra una concepción holista del cuerpo. Pero más aún: *LABAN distinguía entre el movimiento provocado por fuerzas externas, propio de los objetos inanimados – Moción - y el movimiento que surge desde dentro –Movimiento - exclusivo de los seres animados. Para LABAN es fundamental que el ser humano sepa distinguir entre los dos tipos de movimiento, para conocer más a fondo la naturaleza y de esta manera conocerse más a sí mismo*. Esta idea de que la fuerza "vital" es algo separado de las fuerzas de lo inerte, que aparece también en la taxonomía de "misconceptions" en Hestenes y cols (1992), aquí es postulada como fundamental para una comprensión profunda del movimiento humano.

En este punto es imposible no entrar en el terreno ideológico. Desde una perspectiva científicista simplemente se tacharán las ideas de von Laban, Meyerhold y Barba como parloteo sin sentido o, en el mejor de los casos, como ideas que probablemente puedan "corregirse científicamente". Pero ¿Qué es "realmente" el cuerpo del actor de acuerdo a la ciencia positiva? ¿Sus tejidos? ¿Sus células? ¿Sus macromoléculas? ¿Sus quarks y leptones? Desde una perspectiva reduccionista, la mecánica clásica está "mal" pues no puede dar cuenta de fenómenos microscópicos, térmicos o de muy altas energías (y el cuerpo humano involucra dos de estos tres mundos). Si incluso desde un punto de vista estrictamente científicista la mecánica es insuficiente ¿Cómo no admitir al menos su probable ineficacia para describir el movimiento corporal desde lo estético? Una formación reduccionista estaría entonces destinada a "clasificar" estudiantes según las afinidades de sus esquemas corporales en vez de formar a cada estudiante de un modo integral.

Las conclusiones de este trabajo abonan la idea de que no hay una sustitución de ideas como suponen Posner y cols (1982). Más aún, queda claro cuán relativa es la suposición de que el conflicto cognitivo lleva a una reestructuración de las concepciones del sujeto, hasta el punto que a veces es deseable que esto no ocurra: buscar demasiada coherencia puede terminar siendo restrictivo para el sujeto, dificultándole acceder a algunas formas de conocimiento. La perspectiva aquí expuesta fortalece la concepción de que las estructuras conceptuales son múltiples y dependientes del contexto, incluso para el experto, pero debilita la concepción de que las ideas de sentido común tengan una estructuración básica similar a la de una teoría científica al quitarle su carácter generativo. La forma en que los individuos parecen generar las respuestas a situaciones problemáticas concretas recuerdan más a la concepción de diSessa de primarias fenomenológicas, pero resulta difícil acomodar los datos aquí expuestos a la noción de que el conocimiento experto consiste en una jerarquización de dichas primarias. De hecho, un individuo puede conocer a un nivel experto dos estructuras cognitivas incompatibles como la física newtoniana y el estudio de movimiento de von Laban, y entonces la misma situación requerirá el empleo de ontologías y concepciones diferentes sin que el individuo considere una como más fundamental que la otra. Lo mismo puede decirse respecto de la "integración jerárquica" propuesta por Pozo y cols (1998). Obsérvese que el caso analizado es uno donde resulta muy difícil hablar de "dominio del conocimiento": mientras que la mecánica y la expresividad corporal parecen pertenecer claramente a dominios diferentes, la física de sentido común comparte ambos dominios.

Es importante destacar que no pretendemos hacer un análisis de anomalías de las diferentes teorías cognitivas. Así como los fenómenos teatrales estudiados bajo el principio de oposición no constituyen anomalías de las leyes de Newton, sino que simplemente queda en evidencia la inadecuación de esa forma de conocimiento para describir y sistematizar los primeros, lo señalado en el párrafo anterior nos muestra que hay fenómenos cognitivos para cuyo estudio algunas teorías resultan inadecuadas. Es importante recordar que una teoría se establece con ciertos propósitos: la perspectiva de las "misconceptions" aparece como respuesta a dificultades concretas de aula, las ideas de Posner y Vosniadou están orientadas a comprender la cognición humana desde la psicología evolutiva, y las ideas de diSessa estuvieron orientadas en sus orígenes al desarrollo de inteligencia artificial. Ninguna teoría puede pretender universalidad, de modo que aunque contáramos con una o más teorías en apariencia libres de toda anomalía la complejidad de nuestro objeto de estudio y lo ambicioso de nuestro propósito nos invitan a mantenernos abiertos en la adopción de marcos teóricos.

Recordemos algunos de los problemas que llevan a afirmar que la educación está en crisis: los estudiantes tienden a no articular los conocimientos escolares ni entre sí ni con el mundo extra-escolar. Los estudiantes tienden a tener actitudes de rechazo hacia la ciencia, y solo una fracción ínfima llega a considerar opciones de vida en la que las ciencias formen parte (Sjober y col 2010). De ese porcentaje, en

nuestro país el sistema se queda con una fracción todavía mucho menor, expulsando aún a la mayoría de los que han abrazado vocaciones científicas. Pero mucha de la investigación con la que se pretende hacer frente al problema está circunscripta a cada disciplina, reproduciendo tal vez en el ámbito de la investigación la desarticulación que se postula como parte del problema. Es claro que la enseñanza de cada disciplina tiene especificidades que hace que sus estudios merezcan constituirse en disciplinas o, cuanto menos, campos especializados. Los argumentos aquí expuestos abonan la necesidad, también en la didáctica, de un fuerte trabajo interdisciplinario si se desea incidir eficazmente en la forma en que nuestros jóvenes son formados.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente apoyado por un proyecto de investigación financiado por la UNLP. El autor agradece la lectura crítica del Dr Diego Petrucci y el material aportado por la lic Marisol Mendez, así como el apoyo de la Lic. Mónica Manceñido.

## REFERENCIAS

- Badagnani, D., Petrucci, D. y Cappannini, O. (2012). Sobre los recursos cognitivos en pensadores no-newtonianos. *Actas SIEF XI*.
- Bao, L. y Redish, E. F. (2006). Model Analysis: Representing and assessing the Dynamics of Student Learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2 (1), pp. 1-16.
- Barnhill, E. (2013). Neural connectivity, music, and movement: a response to Pat Amos. *Frontiers in integrative neuroscience*, 7.
- Centeno Álvarez, E. (2005). Biomecánica y Antropología Teatral: Meyerhold y Barba. *Revista de Filosofía (Universidad de Zulia)*, 2(50), 121-146.
- Clement, J. (1994). Use of physical intuition and imagistic simulation in expert problem solving. En Tirosh, Dina (Ed.), *Implicit and explicit knowledge: An educational approach. Human development*, Vol. 6 (pp. 204-244). Westport, CT, US: Ablex Publishing.
- diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 2/3, pp. 105-225.
- diSessa, A. (2008). A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (From the "Pieces" Side of the Fence). En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* Nueva York: Routledge.
- Driver, R. y Easley, J. (1978). Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in science education*, 5, pp. 61-84.
- Halloun, I. y Hestenes, D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53, pp. 1043-1055.
- Halloun, I. y Hestenes, D. (1985b). Common-sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, pp. 1056-1065.
- Halloun, I. y Hestenes, D. (2000). The search for conceptual coherence in FCI data (Unpublished manuscript). In: <http://modeling.asu.edu/R%26E/CoherFCI.pdf>.
- Hackney, P. (2003). *Making connections: Total body integration through Bartenieff fundamentals*, Londres y Nueva York: Routledge.

- Heller P. y Huffman, D. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory, A Reply to Hestenes and Halloun. *Physics Teacher*, 33, pp. 503-511.
- Hestenes, D., Wells, M. y Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *Physics Teacher*, 30, pp. 141-158.
- Hestenes, D. y Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to March 1995 Critique by Huffman and Heller. *Physics Teacher*, 33, pp. 502-506.
- Huffman y Heller, P. (1995). What Does the Force Concept Inventory actually measure? *Physics Teacher*, 33, pp. 138-143.
- Ioannides, C. y Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 1, pp. 5-62
- Jiménez Gómez, E. y Solano Martínez, I. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de 'lo que el alumnos sabe' sobre ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 235-245.
- Lasry, N., Rosenfield, S., Dedic, H., Dahan, A., & Reshef, O. (2011). The puzzling reliability of the Force Concept Inventory. *American Journal of Physics*, 79(9), 909-912.
- Lizarraga Gomez, Iraitz (2013). *Análisis comparativo de la gramática corporal del mimo de Etienne Decroux y el análisis del movimiento de Rudolf Laban*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Lourens, T., Van Berkel, R., & Barakova, E. (2010). Communicating emotions and mental states to robots in a real time parallel framework using Laban movement analysis. *Robotics and Autonomous Systems*, 58(12), 1256-1265.
- McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. En D Gentner y A. L. Stevens (Eds.), *Mentalmeanings*. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Minstrell, J. (1991). Facets of student knowledge and relevant instruction. En R. Duit, F. Goldberg y H. Niedderer (Eds.). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, (pp 110-128). University of Bremen, Alemania.
- Palmer, D. H. (2001). Investigating the relationship between students' multiple conceptions of action and reaction in cases of static equilibrium. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 193-204.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.Á. (1998). *El aprendizaje de conceptos científicos: Del aprendizaje significativo al cambio conceptual*. Capítulo IV de Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Morata.
- Sjoberg, S. y Schreiner C. (2010), *An overview and key findings*. Disponible en: <http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>
- Stewart, J., Griffin, H. y Stewart, G. (2007). Context sensitivity in the Force Concept Inventory. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3, 1, 010102(6).
- Strike, K. A., y Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R. A. Dusch y R. J. Hamilton (Eds), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*, Nueva York: State University of New York Press.
- Terry, C., y Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 291-298.

Toledo, B. y Baquero, R. (1994). ¿Diversos nombres o diversos problemas? Las denominaciones usuales de las concepciones intuitivas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7, 1, 3-10.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 2, pp. 205-225.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, pp. 45-69.

Vosniadou, S. (2002). On the nature of naive physics. En M. Limón, L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61-76). Dordrecht: Kluwer.

Vosniadou, S. (2003). Exploring the Relationships between Conceptual Change and Intentional Learning. En G.M. Sinatra and P.R. Pintrich (Eds.), *Intentional Conceptual Change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Vosniadou, S. (2007). The Cognitive-Situative Divide and the Problem of Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 42, 1, pp. 55-66.