

PRIMEROS RESULTADOS DE UNA EXPERIENCIA PILOTO SOBRE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA AGRONÓMICA*
(First findings of a pilot study on the teaching of physics in the Agronomic Engineering career)

Mónica Moya de Ovando [moyam@ciunsa.edu.ar]

Fac. de Cs. Naturales, UNSa
Avda. Bolivia 5150, (4400) Salta

Leonor C. de Cudmani [lcudmani@herrera.unt.edu.ar]

Dpto. de Física, FaCEyT, UNT
Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán,
FAX: (0381) 436 3004

Resumen

En el contexto del ciclo básico de la carrera de Ingeniería Agronómica, surge la problemática de la enseñanza de la Física. En particular, se plantea el diseño y la evaluación de una propuesta curricular para la enseñanza de la Termodinámica encuadrado en un modelo teórico superador de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En el presente trabajo se informa sobre los primeros avances tendientes a diseñar una propuesta instruccional en el marco de la problemática de la enseñanza de la Física en carreras de Agronomía. Se propone un marco teórico a partir del cual se pretende elaborar y validar resultados de la puesta en práctica del diseño curricular y se caracteriza el marco contextual. Desde este marco surge la necesidad de identificar las ideas previas sobre el concepto de ciencia con las que llegan nuestros alumnos. Se presentan los resultados de un análisis de los datos obtenidos a partir de la aplicación de cuestionarios como pretest y postest en la implementación de un diseño instruccional piloto.

Palabras-clave: enseñanza de la Física; Ingeniería Agronómica; Termodinámica.

Abstract

Within the basic cycle context of the Agronomic Engineering came out the problem of Physics Teaching. We particularly considered the design and evaluation of a curricular proposal for thermodynamics teaching framed in a theoretical model that surpasses the teaching language process. There the need to seek for student's when coming to study physics appeared. In this work it is shown the first results on the science conception that form part of their cognitive system. In this work the first advances to design an instructional proposal are shown all of them based on the theoretical frame regarding the Physics Teaching issue in the Agronomics career. A theoretical frame is proposed from if results coming out from the curricular design practical implementation are thought to be prepared and validated. The contextual frame is also characterized from this frame comes out a need: to identify the primary science concept that students bring when to university the result are obtained by special instructional design are presented as pretest and posttest.

Keywords : physics teaching; Agronomic Engineering; Thermodynamics

* Una versión previa de este trabajo fue presentada en el Encuentro Nacional de Profesores de Física. Córdoba. Mayo 2001.

Contexto en el que se desarrolla la práctica educativa en cuestión.

La problemática agronómica actual consiste, entre otras, en lograr una agricultura sostenible mediante la generación de nueva tecnología (prácticas nuevas) y de recuperar algunas tradicionales (prácticas del pasado). Una visión integrada del mundo permitiría un tratamiento interdisciplinario de ese equilibrio dinámico de la naturaleza y los humanos, que está en constante cambio. (1998, Informe Comisión de Eval. Curricular de la Escuela de Agronomía¹).

Por ello se generan nuevas necesidades en la formación de los profesionales. Procesos y destrezas debieran formar parte de una capacidad de aprendizaje autónomo que les permitirían apropiarse de nuevos adelantos científicos y tecnológicos. Ante la complejidad del problema abordado por las Ciencias Agronómicas, esto se debiera realizar desde varias disciplinas, en forma integrada y complementaria. (1998, ibidem)

Desde el documento *"Propuesta metodológica para el rediseño curricular"*¹ se rescata dos recomendaciones:

1. Que los docentes universitarios utilicen nuevas metodologías de enseñanza, que permitan articular *"con mayor claridad la teoría y la práctica, la investigación con la experimentación y la docencia, la reflexión crítica científica con la aplicación práctica del conocimiento"*. Es decir, generar nuevos abordajes pedagógicos que permitan avanzar en la superación de prácticas tradicionales de *"transmitir conocimientos descontextualizados"*. (1998, Pintos Contreras², pg. 3)
2. Organizar los programas de asignaturas de forma tal que permitan la resolución de situaciones de complejidad creciente a fin de favorecer no sólo la profundización conceptual, sino también el trabajo autónomo del futuro profesional, *"su perfeccionamiento y actualización permanente"*. (1998, ibidem, pgs. 1 a 4)

Por otro lado, en el trabajo *"La transferencia mutua entre aula e investigación educativa: El proyecto InIPEF (primera parte)"*, presentado ante el V SIEF (2000, Cudmani, et all), sobre la base de discusiones y análisis de la actual problemática de la enseñanza de la Física en distintos contextos, señalábamos:

"1.- Los docentes, los estudiantes y los diseños curriculares a menudo sostienen concepciones inadecuadas sobre la ciencia y el quehacer científico, que frenan las motivaciones y el interés por la ciencia o los distorsionan.

2.- Los profesores y las instituciones educativas, especialmente en el nivel medio, tienen serias dificultades para integrar eficientemente los trabajos experimentales (laboratorio) en la enseñanza de la Física.

3.- Los docentes no tienen suficiente preparación para diseñar actividades que logren integrar eficientemente los componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales de los objetivos de aprendizaje propuestos.

4.- No hay suficiente participación activa e interrelación entre docencia e investigación en la elaboración de las propuestas curriculares"

¹ Corresponde a la 2da etapa del Rediseño del plan de estudio de la Carrera de agronomía

² Proyecto FOMECE 066, Consultor externo

Hacia una problematización de la práctica docente

Llevada esta problemática al contexto del aula, es necesario realizar un análisis de la práctica educativa a los fines de iniciar una indagación que nos permita explicar y comprender “lo que sucede” cuando se diseñan, planifican y aplican actividades de enseñanza y aprendizaje. Es lo que venimos planteando desde la Cátedra de Física: **la indagación del objeto de estudio la enseñanza de la Física en el marco de la carrera de Ingeniería Agronómica**. ¿Cuáles son sus desafíos y cuáles las necesidades de esta contextualización?.

En una investigación previa se hizo el análisis crítico del aprendizaje de la Física en carreras de Agronomía del NOA, el cual mostró las deficiencias que se derivan de una práctica educativa basada en el modelo de recepción-transmisión y con evaluaciones cuyo único objetivo consistía en la acreditación (parciales y exámenes finales). (2000, Ovando, M.).

No sería posible abarcar toda la problemática planteada en el aula desde un primer momento, puesto que la “*multidimensionalidad, simultaneidad, inmediatez e imprevisibilidad*” (1998, Coll,) son características, de las actividades de enseñanza y aprendizaje, lo que nos obliga a seleccionar criterios que nos permitan delimitar aquellas áreas o lugares de indagación.

Por ello, **un objetivo principal es construir modelos que sirvan de marco de referencia para guiar la práctica docente**.

De esta manera, nos proponemos comprender de qué manera puede el docente ayudar al alumno a construir los contenidos de la Física. Si bien, desde la Psicología podemos encontrar modelos que expliquen cómo conoce el alumno, consideramos de gran relevancia disponer de información precisa a cerca de cómo el docente puede colaborar con sus alumnos para que su aprendizaje sea cada vez más autónomo y eficiente.

Nuestra práctica educativa, se considera integrada en una línea de concepción del proceso de aprendizajes basada en la construcción del conocimiento de la disciplina con el docente como guía y, los otros estudiantes como mediadores, la que abordaremos con más detalle más adelante (Ausubel, ; 2000, Cudmani, L., Pesa, M., Salinas, J.; 1988, Driver, R.; 1993, Gil Pérez, D., Ozamiz, M.; 2000, Pozo, I., Gómez Crespo, M.; Moreira, M. A.; Novack; 1989, Vigotsky, L.). De acuerdo con esta escuela, el aprender y el enseñar constituyen una unidad indisociable. Esto nos brindaría criterios para la planificación, selección y aplicación de diseños curriculares centrados en la actividades de los alumnos con la guía del docente.

Sintetizando, diremos que puesto que se propone lograr aprendizaje significativo y construcción del conocimiento, nos interesa identificar mecanismos y procedimientos para promover y facilitar en nuestros alumnos los procesos de construcción de significados y de atribución de sentido en el transcurso de las actividades de enseñanza y aprendizaje.

Finalmente, para comprender lo que en el aula sucede, también es necesario tener en cuenta los ámbitos institucionales en la que ella está inserta.

Marco de referencia

Para construir este marco, realizamos una serie de consideraciones tendientes a develar desde donde partimos y lo que perseguimos en la formación de nuestros futuros egresados.

a) El perfil del egresado

Del Plan de estudio de la carrera de Ingeniería Agronómica rescatamos:

“La carrera de Ingeniero Agrónomo deberá formar un profesional que:...”³

? Teniendo en cuenta los conocimientos:

Que “...posea, tanto un nivel académico de excelencia como una sólida formación profesional, con énfasis en la problemática regional...”³

? Teniendo en cuenta las actitudes:

Que “...esté consustanciado con el medio social que aportó para su formación...”³

? Teniendo en cuenta las habilidades:

Que “...esté capacitado para analizar y resolver criteriosamente situaciones nuevas dentro del marco social, económico y ecológico donde actúe...”³

sea “...capaz de generalizar, a los fines de resolver situaciones problemáticas...”³

y “...tenga habilidad para manipular racionalmente instrumental, maquinaria y equipo...”³

? Teniendo en cuenta las competencias:

Debe “...ser capaz de transferir tecnologías adaptativas y/o alternativas del sistema de producción...”³

b) Selección y organización de los contenidos curriculares

Tomamos como base documentos referidos al diseño curricular de la carrera de Ingeniería Agronómica en la Universidad Nacional de Salta³ La asignatura “Elementos de Física” es del CICLO BÁSICO. Este ciclo procura desarrollar en el alumno aquellos procesos conceptuales y actitudinales introductorios propios de una formación científica, que le serán útiles y que se aplicarán en la curricula de la carrera por la que él opta. Los objetivos son:

? En cuanto a conocimientos

“- Revisar y ampliar el conocimiento básico que le permitan comprender los fenómenos físicos - biológicos que fundamentan el proceso productivo.”³

? En cuanto a las actitudes

“- Tomar conciencia de la necesidad de asumir una actitud científica...en el tratamiento de los problemas relativos a las diversas áreas del conocimiento.”^{3,4}

“- Adoptar una actitud de apertura hacia el trabajo interdisciplinario.”³

? En cuanto a las habilidades

“- Desarrollar su capacidad de razonamiento lógico-formal.”³

“- Observar e identificar los componentes físicos, biológicos, tecnológicos, económicos y sociales, de las unidades de producción agropecuaria de la región.”³

“- Comprender y aplicar el método científico, adquiriendo experiencia en la realización de experimentos sencillos”³

? En cuanto a competencias

Elementos de Física pertenece al Área instrumental. Los objetivos de la misma son:

? En el ámbito de los conocimientos

“- Comprender los fundamentos de las ciencias agronómicas”³

? En el ámbito de las habilidades y competencias:

“- Adquirir bases instrumentales que permitan ampliar y profundizar los conocimientos agronómicos”³

³ Plan de estudio de Agronomía, Res. C.S. 432/90, pgs. 4, 5, 17 y 18

De acuerdo al plan de estudio de la carrera del Ingeniero Agrónomo, los contenidos mínimos que debería desarrollar Elementos de Física son:

“Fundamentos para entender los fenómenos físicos del sistema medio ambiente-seres vivos así como los instrumentos y maquinarias relacionadas con su estudio.” (1990, op. cit.)

A continuación desde el campo del conocimiento de la Didáctica de la Física, planteamos un marco teórico que fundamente científicamente nuestro quehacer educativo y con el fin de diseñar una experiencia piloto, la que contextualizaremos en la temática referida a los **fenómenos térmicos y la Termodinámica**.

Encuadre teórico y conceptual

El modelo teórico en base del cual se diseña una propuesta curricular para la enseñanza de la “Termodinámica: primer principio”, el contexto de la carrera de Ingeniería Agronómica, responde a las concepciones que rescatan la importancia de centrar el proceso de aprendizaje en actividades realizadas por los alumnos mediante las cuales, construyen su conocimiento a partir de sus ideas previas.

En una ponencia presentada al 1er Simposio de Investigadores en Educación en Física (1992, Primer SIEF, Tucumán,) se afirma que: *“Los modelos más actuales coinciden en considerar al aprendizaje de las ciencias como una conceptualización cuyos significados son activamente construidos por los aprendices. El conocimiento es una función adaptativa que construye explicaciones racionales de nuestra experiencia con el mundo. En este contexto, el mundo, la realidad, no son sólo las cosas y los fenómenos sino que incluye el sujeto que conoce y a su interacción con los otros. Así el conocimiento en Ciencias no es sólo el conocimiento de “algo”, es también el conocimiento de “alguien”.* (1992, Cudmani, L.)

A fin de aclarar y completar estas ideas integramos otros aportes. Así, el modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias (2000, Cudmani et al) incorpora las ideas de Laudan (1984, 1985, 1993) al modelo de cambio conceptual, cuyo soporte epistemológico está dado por los trabajos de Kuhn (1971). Este último epistemólogo plantea un modelo reticular no jerarquizado en base a una red triádica, cuyos elementos fundamentales son los fines, los conceptos y los métodos de la ciencia. En él, los objetivos y valores que definen en el campo actitudinal justifican las metodologías, éstas a las teorías y conceptualizaciones y muestran la factibilidad de los objetos científicos. La teoría a su vez debe armonizar con objetivos y restringir las metodologías eficientes. Esta dependencia mutua posibilita que los cambios puedan comenzar en cualquiera de estos niveles y extenderse a los otros. Así en particular es posible que los científicos puedan alterar sus compromisos teóricos sin modificar los actitudinales y metodológicos. Dónde el modelo reticular difiere más del jerárquico es en la insistencia en que hay un proceso de ajuste mutuo y justificación mutua que ocurre en todos los niveles del compromiso científico. No deberíamos seguir considerando a ninguno de estos niveles como privilegiado o primario o más fundamental que los otros. Demandas axiológicas, metodológicas y factuales, están inevitablemente interconectadas en relaciones de mutua dependencia.

Por otro lado, las exigencias actuales en los procesos de construcción de conocimientos consisten en integrar métodos, contenidos conceptuales y actitudes en el aprendizaje de las ciencias

⁴ Se entiende por actitud científica al “...preguntarse sobre el estado de las cosas...” (Pozo, J., Informe de Investigación)

como viene sosteniendo numerosos autores. (1988, Gil, Carrascosa; 1999, Gil D., et all; 1996, Salinas, et all; 1993, Gil Pérez; 1991, 2000, Cudmani et all).

Si consideramos los aspectos relacionados a la construcción social del conocimiento científico, Schwab (1968) y Duschl (1995), proponen que la enseñanza de las ciencias se planifique además como una reflexión sobre el proceso de investigación.

En síntesis, conceptualizaciones y métodos, concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia, y de sus fines y valores, creencias y cosmovisiones son dimensiones del proceso de construcción, co-construcción y reconstrucción del conocimiento necesarios para el aprendizaje de la ciencia y, la investigación didáctica deberá tenerlos en cuenta a la hora de planear un curriculum en el contexto de la Física para agrónomos.

En este contexto entendemos como “sistema cognitivo” a *“...el conjunto de representaciones de la realidad, y de instrumentos intelectuales que hacen posible la construcción de esas representaciones”*. Es decir, es *“el conjunto de conocimientos conceptuales, y de nociones ontológicas, epistemológicas, metodológicas y axiológicas, que el aprendiz construye a través de, y emplea en sus interacciones con los fenómenos naturales y con otros individuos”* *“...los cambios metodológicos, de valoraciones, de supuestos filosóficos y sociales, de metas y fines no se dan en forma simultánea y per se con el cambio conceptual, trae, como consecuencia importante, el requerimiento de que el acto docente esté intencionalmente dirigido a generar las estrategias docentes, los diseños curriculares, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, que se propongan como propósito explícito favorecer el cambio de sistema cognitivo buscado.”* (1998, Cudmani, pg.77).

Según Pozo, J., *“...una persona aprende cuando cambia su conducta o conocimiento de una manera relativamente permanente y evidente debido a sus experiencias”*. (1991, Pozo, J., pg. 33). Estos cambios se dan en varios niveles: conceptuales, axiológicos, ontológicos, procedimentales, etc... (2000, Cudmani, L.). Mientras que *“la enseñanza es el conjunto de decisiones deliberadas que determinan una serie de acciones planificadas para que las realice el aprendiz, para aprender algo”*. (1991, Pozo, J.). De esta manera se diferencia el aprendizaje escolar del producido en la vida cotidiana. Este proceso debiera facilitar y aumentar el proceso de aprender, partiendo del respeto por los “espacios - tiempos” naturales del aprendiz.

En otros trabajos, hemos sostenido que en este proceso se torna imprescindible considerar la metacognición como una reflexión crítica de los aprendices sobre sus nuevos conocimientos y sobre los procesos de su adquisición: qué aprendieron y cómo lo aprendieron. Esta reflexión permitiría reconocer los propósitos y naturaleza de los conocimientos científicos y precientífico, favoreciendo un cambio de paradigma que lo ayudará a definir a superar sus ideas precientíficas. Pero *“...el aprendizaje de las ciencias, tanto en la investigación como en el marco de las aplicaciones no puede limitarse a realizar cambios desde las concepciones previas hacia los paradigmas científicos generalmente establecidos y seleccionados por el docente. Es necesario proponerse el desarrollo de estrategias que den al estudiante la posibilidad de modificar sus paradigmas y sus esquemas interpretativos en forma autónoma y autogenerada cada vez que enfrente situaciones problemáticas que lo requieren”* (1998, Cudmani, et all,).

Por ello los docentes deberíamos favorecer la adquisición de la capacidad de autocuestionarse, detectar lagunas e incoherencias, contradicciones, paradojas, en su estructura cognitiva, es decir explicitarlas. Estos cuestionamientos no sólo afianzarán la comprensión de la estructura cognitiva o cognoscitiva con que trabaja y desarrolla sus sistemas de operaciones o

sistemas de asimilación, sino que también permitirán que surjan las limitaciones e inconsistencias que actuarán como motores y generadores de los nuevos cambios paradigmáticos.

Un componente importante de todos estos modelos es el reconocimiento del papel primordial que cumplen las ideas previas de los aprendices a la hora de construir concepciones de la ciencia. Los resultados de las investigaciones educativas de los últimos años han demostrado la existencia de estos conocimientos previos, originados en la experiencia individual previa de cada uno de nuestros alumnos. (1979, 1985, Viennot; 1986, 1988, Driver, R.; 1993, Gil, D.). *"Este conocimiento que generalmente nos basta para enfrentar las exigencias de todos los días, muchas veces no coincide con las teorías que actualmente acepta la comunidad científica para explicar los mismos fenómenos"* (1996, Salinas, J., et al). Una hipótesis de partida, en este trabajo, será la de aceptar **que nuestros alumnos llegan a la Universidad con conocimientos previos**, producto tanto de su formación escolar anterior como de las experiencias de vida cotidiana. Este trabajo se centrará, justamente, en esta cuestión

Criterios que se sustentan en el modelo propuesto

El modelo presentado, permitió extraer algunos criterios que guíen los diseños curriculares para el logro de los objetivos fijados, a saber:

- ✍ La importancia y el valor de identificar las **ideas previas o preconcepciones** con las que nuestros alumnos llegan a cursar la asignatura "Elementos de Física". Su identificación permitirían detectar aspectos que obstaculizarían aprendizajes significativos. Estas componentes del sistema cognitivo del alumno servirían como punto de partida de nuestra enseñanza y de sus procesos de aprendizaje. Las estrategias diseñadas deberían permitir avanzar sobre las ideas previas, en procesos sucesivos de construcción, co-construcción y reconstrucción del conocimiento por parte del aprendiz, integrando permanentemente la información nueva a lo ya conocido, conectando lo formal con el contexto propio del estudiante, a partir de los elementos que conforman lo que Vigotsky denomina **zona de desarrollo próximo** (1989, Vigotsky)
- ✍ En el modelo epistemológico reticular propuesto por Laudan, los fines, metodologías y objetivos se vinculan mutuamente. Constituye, por lo tanto, *"un marco apropiado a la integración de los componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales de los contenidos curriculares"* (1999, Cudmani, L., pg., 331). Acordes con esta última reflexión, las actividades previstas deberían tener en cuenta que las teorías que desarrollan nuestros alumnos condicionan las metodologías que ponen en práctica. Que a su vez estas permiten determinar la factibilidad de los fines. Que los fines y objetivos de los nuevos conocimientos a ser construidos, restringen las teorías y las metodologías. Sería conveniente plantear actividades que evidencien la estrecha relación existente entre ciencia, tecnología y sociedad; de manera de valorar el papel de la Ciencia Física en el ámbito del conocimiento agropecuario.
- ✍ Planteamos encarar la enseñanza de la Física en la carrera de Ingeniería Agronómica, con una estrategia concreta como es la **"resolución de problemas"**. *"En un intento de aproximar al aula a la metodología de investigación científica, los trabajos se planifican sobre la base de un tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, significativas, interesantes; que puedan ser abordables por los estudiantes; bajo la guía del profesor; y con el aporte colectivo del grupo de trabajo."* (1998, Cudmani, L., pg. 79) (1988, 1997, 1999, Gil D.; 1997, Varela y Martínez)

Para ello es necesario que se den ciertas condiciones:

1. El estudiante debe percibir la situación planteada como un verdadero problema, que le resulte interesante encarar para +la búsqueda de una posible solución. Que sea interesante

entendemos que le resulte significativa, que puede partir de situaciones concretas de su área de conocimiento específica, o no, pero que para el aprendiz merezca la pena encararla para su aprendizaje.

2. Las situaciones problemáticas propondrán desafíos de aprendizaje que no produzcan el desazón de lo imposible de lograr. Es decir, es necesario tener en cuenta aquellos conocimientos, habilidades y actitudes que el alumno ya tiene.

3. La solución del problema será válida en la medida que pueda ser fundamentada teóricamente. Es decir, el análisis crítico permitirá concluir sobre la validez de las hipótesis formuladas, los supuestos necesarios y los marcos teóricos de referencia utilizados.

4. El planteo de las situaciones problemáticas deberían permitir mediante un abordaje cualitativo, precisar los conceptos físicos involucrados y estimar las posibles soluciones sobre la base de la clarificación de las condiciones iniciales. Y así también, que le permitan verbalizar tanto la estrategia como la solución que está buscando, lo que le permitiría justificar la acción realizada.

5. Si bien no intentamos separar las prácticas de laboratorio de las de lápiz y papel, consideramos necesario reflexionar sobre las primeras con el fin de explicitar nuestras ideas. Consideramos que las mismas pueden *“favorecer la construcción de interpretaciones más adecuadas sobre la naturaleza de la metodología y del conocimiento científico, la clarificación de la compleja relación entre teoría y realidad que se da en el conocimiento físico, una comprensión más profunda del significado de las conceptualizaciones científicas, una integración de destrezas y habilidades manipulativas con estrategias cognoscitivas, etc...”* (1994, Salinas, J., et all)

El docente debería proponer en forma progresiva, actividades que favorezcan la apropiación del problema planteado, con guías estructuradas al principio, graduándolas, hasta lograr producciones autónomas a medida que vaya retirando la orientación al aprendiz.

Definición del problema

Sobre la base de estos antecedentes analizados, en el marco del modelo propuesto y considerando la experiencia docente en la asignatura “Elementos de Física” para Ingeniería Agronómica en la Universidad Nacional de Salta, se plantea la siguiente situación problemática:

¿Es posible elaborar un diseño curricular que, integrando los aportes de la investigación con la práctica docente, contribuya a alcanzar un aprendizaje más significativo de la Física en el contexto de la Ingeniería Agronómica?

Consideraremos como indicadores de que se lograron los objetivos generales si se favorece en los estudiantes de Ingeniería Agronómica:

- a) una visión actualizada acerca del quehacer científico y su impacto en la tecnología,
- b) una integración eficiente del trabajo experimental (laboratorio) con el proceso de aprendizaje de conceptos científicos y con la resolución de problemas referidos al mundo agronómico de modo que se estimulen actitudes positivas hacia el aprendizaje de la Física
- c) el desarrollo de *“herramientas conceptuales, habilidades y destrezas que le permitan relacionar, transformar y aplicar los conocimientos científicos”* de una temática específica propuesta, a la resolución de problemas vinculados al mundo agropecuario.

Se decidió encarar el diseño curricular concreto para Termodinámica, en el contexto educativo del ciclo básico de Ingeniería Agronómica. La elección de las temáticas surgió de la relevancia de los contenidos conceptuales y sus impactos tecnológicos en la sociedad y medio ambiente estrechamente vinculados a los problemas tecnológicos que plantea la Ingeniería Agronómica.

Planteo y prueba de las hipótesis

Hipótesis general y primera hipótesis operativa

Se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

“Es posible generar una propuesta instruccional para alumnos de Ingeniería Agronómica, basada en un modelo superador, que aporta a la experiencia docente, resultados de investigación educativa en ciencias para favorecer el logro de los objetivos específicos puntualizados en parágrafo anterior (a, b y c).

En trabajos anteriores, sostuvimos y fundamentamos la importancia de investigar los conocimientos de que disponen los alumnos previamente al tratamiento de los temas en el aula, para planificar en consecuencia las actividades educativas. En concordancia con el marco de referencia adoptado, encaramos entonces una primera investigación referida a las ideas previas de los alumnos en la temática seleccionada. Esto nos permite formular operativamente la primera hipótesis a convalidar.

Hipótesis 1): Los alumnos de Ingeniería Agronómica poseen ideas previas referidas a:

- a) los conceptos de calor, temperatura y energía.
- b) las concepciones sobre la ciencia.

Estas ideas deben ser investigadas para poder diseñar las actividades de aprendizajes. El punto a) referidos a los conceptos se investigó experimentalmente. El diseño experimental y el análisis de resultados se expusieron en un trabajo anterior (2000, Cudmani, L.; et all)

En este trabajo analizaremos resultados de una investigación sobre el punto b), la concepción de ciencias.

Como no nos limitaremos a la investigación de las ideas con que llegan los alumnos al primer curso de Física, sino que extenderemos la investigación a como cambian (o no) esas ideas luego del módulo de Termodinámica, describiremos brevemente el diseño de la propuesta instruccional piloto.

Diseño instruccional piloto

Para el desarrollo de la instrucción, y de acuerdo al diseño experimental planteado, se procedió a las siguientes acciones:

- a) Se elaboró un primer módulo *instruccional introductorio* que tiene en cuenta los cuatro núcleos problemáticos planteados con relación a los conceptos involucrados en los fenómenos térmicos. Concretamente, se dispone de éstos como ejes estructuradores de las acciones a realizar por nuestros alumnos en el aula. Es decir, imponen una lógica de organización. Las estrategias planteadas, deberían permitirnos mejorar la “preconcepción de ciencias” tendiendo a ideas más acordes a las científicamente aceptadas en la actualidad sobre la epistemología de las ciencias. Finalmente, como lo planteamos en los criterios, “los

intereses” de nuestros alumnos tenían que cruzar todo el circuito instruccional propuesto. Es así que, actividades concretas relacionadas específicamente con la formación agronómica, fueron planteadas como *situaciones problemáticas* a lo largo del curso.

- b) Aplicación del módulo instruccional introductorio. Para ello se dividió la población de alumnos en: un **grupo experimental (GE)** y un **grupo de control (GC)**. El grupo experimental estaba formado por alumnos que optaron voluntariamente por formar parte de él. El resto del alumnado formaría parte del otro grupo. Se evaluó procesos y resultados en forma permanente para controlar el avance del conocimiento. La toma de datos estuvo realizada mediante la recolección de actividades realizadas por los alumnos, grabación de tres grupos de trabajo y de las discusiones en los momentos de los plenarios. En algunas clases se contó con un observador externo. El resto de los alumnos recibieron una instrucción tradicional.
- c) Elaboración del módulo de instrucción sobre “el primer principio de la termodinámica” teniendo en cuenta los avances en el conocimiento de los alumnos sobre los fenómenos térmicos.

Diseño de la experiencia para convalidar la segunda parte de la hipótesis operativa

El primer cuestionario (ANEXO I) fue elaborado a partir de un trabajo del que participaron docentes de Física agronómica y del nivel superior y polimodal del sistema educativo. Esto permitió articular lo que es posible esperar en la Universidad a partir de la experiencia de docentes de niveles previos de enseñanza. La encuesta se sometió a la “validación por pares” con cinco docentes involucrados.

La **muestra I** estuvo integrada por 91 alumnos inscriptos para cursar la asignatura Física, ya en el segundo año de su carrera.

La **muestra II** se constituyó con 39 alumnos que quedaron como regulares cuando comenzaba el módulo de Termodinámica, eran por lo tanto, parte de la muestra I.

Un segundo cuestionario (ANEXO II) se administró a la muestra III al final de la aplicación del módulo de Termodinámica, integrada por 39 alumnos divididos en dos grupos, uno de control (**GC**) y otro experimental (**GE**). La población de cada grupo es de 24 y 15 alumnos respectivamente.

El análisis de los resultados de las encuestas a las muestras I y II se tuvieron en cuenta para el diseño instruccional piloto que se esbozó anteriormente.

Análisis de resultados

A continuación presentamos los resultados de las distintas categorías y subcategorías, obtenidas del análisis de los datos recogidos.

En general, en las tres muestras el aporte que más se valora es el referido a “la ciencia mejora las condiciones de vida”. En el Cuadro I, se presentan los porcentajes obtenidos. Se organizaron las respuestas en cuatro subcategorías:

A: “los aportes de la Física mejoran las condiciones de vida”

B: “los aportes de la Física empeoran las condiciones de vida”

C: “los aportes de la Física mejoran las condiciones de vida dependiendo del uso”

D: “No contesta”

De acuerdo a los datos de la primera muestra, los alumnos poseen una actitud bastante positiva hacia la ciencia Física. Es interesante observar un aumento de la valoración en la subcategoría C en detrimento de la A. La interpretación es que la adquisición de un juicio más crítico, permitiría una mayor discriminación, posiblemente como consecuencia de la instrucción recibida.

Cuadro I

Categoría	Sub categorías	Muestra I N=91 %	Muestra II N= 39 %	Muestra III N= 39 %	
				GC	GE
Aportes de la Física a las Condiciones De Vida	A: Mejora	70	72	66	33
	B: Empeora	0	0	0	0
	C: Depende del uso	4	15	33	47
	D: No contesta	27	13	2	0

En el Cuadro II, se muestran los resultados sobre cómo valoran los alumnos las características del conocimiento científico. Teniendo en cuenta la forma del enunciado de la consigna, se pueden graduar las características en A, B y C. El nivel A sería equivalente a “muy”, el B a “poco o medianamente” y C a “nada”, cualidad del conocimiento científico.

Cuadro II

Categoría	Subcategoría	Muestra I N=91 %			Muestra II N=39 %			Muestra III N=39 %					
								GC			GE		
	<i>Grado</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Características Conocimiento Científico	Interesante	47	20	3	56	23	0	79	17	0	87	6	0
	Útil	57	12	0	66	13	0	91	8	0	60	20	0
	Al alcance de todos	10	25	32	0	26	54	17	8	17	0	53	27
	Importante	44	23	1	59	18	3	91	0	4	80	6	0
	Difícil	25	38	8	33	43	3	33	29	20	40	40	0
	Verdadero	43	24	2	41	33	3	50	33	0	27	53	0
	Atemorizante	7	16	44	8	13	59	8	50	29	13	53	13
	Intrigante	18	32	19	10	38	31	25	50	13	27	27	27

En estos resultados se observa que, posiblemente con la aplicación de la propuesta curricular, cualidades como “*interesante, al alcance de todos, importante, e intrigante*” mejoran en la última muestra. La concepción de ciencia como *saber verdadero*, dogmático, tiende a disminuir después de la implementación de la prueba piloto, distribuyéndose esta concepción entre “*muy*” y “*poco*”, desapareciendo el “*nada*” verdadero. Entendemos que el juicio crítico de los alumnos nuevamente se manifiesta en estas respuestas. Mientras que las imagen “*atemorizante e intrigante*” también aumenta, notándose cierta contradicción con lo expresado al comienzo de este párrafo. Quedan planteados aquí interrogantes a develar en acciones futuras referidos a esta cuestión.

Continuando con las “*representaciones*” (Pozo, I.; et all, 2000) que los alumnos poseen sobre la ciencia, se observa en el Cuadro III que aumenta significativamente las concepciones de

ciencia como una invención humana y como descubrimiento de leyes que están en la naturaleza. Pareciera mostrarse una “convivencia” de ambas concepciones en el sistema cognitivo de los alumnos.

Cuadro III

Categoría	Sub categorías	Muestra I N=91 %	Muestra II N= 39 %	Muestra III N= 39 %	
				GC	GE
Ideas sobre las Ciencias	Descubre leyes de la naturaleza	52	51	75	93
	Elabora teorías sobre la realidad	82	77	79	86
	Genera bienes útiles	38	41	75	93
	Invención humana	20	3	71	80
	Se contrapone a verdades religiosas		5	50	60
	Postulado verdaderos y definitivos		10	58	73

Se reconoce la “*utilidad*” de la ciencia, manteniéndose estable los porcentajes. Mientras que, analizando los resultados de las dos últimas muestras, un pequeño porcentaje piensa que se contrapone a ideas religiosas. Si bien, en el cuadro anterior observamos que disminuía el preconcepto de “conocimiento verdadero”, aquí completamos la información mostrándose un aumento sensible del mismo. Entendemos que deberíamos avanzar en la profundización de la posible causa de esta idea y apelar más en una propuesta instructiva nueva, al esclarecimiento de estas preconcepción de ciencia como conocimiento verdadero y definitivo que pareciera ser inducido por la enseñanza.

Cuadro IV

Categoría	Sub categorías	Muestra I N=91 %			Muestra II N= 39 %			Muestra III N= 39 %					
		A	B	C	A	B	C	GC			GE		
Cualidades que facilitan la adquisición del Conocimiento Científico	Grado	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Saber matemática	30	24	7	36	18	13	25	67	0	33	53	7
	Imaginación	41	27	2	46	20	5	67	8	0	73	53	0
	Sensibilidad Social	15	24	19	13	10	36	12	46	29	27	40	27
	Capac. de Observac.	69	12	1	67	18	0	96	8	0	73	20	0
	Capac. De Trabajo	38	23	7	26	41	77	83	8	42	67	33	0
	Capac. de Razonam.	76	12	1	69	13	0	83	4	0	87	7	0
	Interés	60	14	4	38	41	0	83	8	0	87	13	0
	Habilidad manual	19	26	14	5	31	23	21	50	21	13	73	0
	Constancia	34	40	5	38	33	0	75	21	0	80	20	0
	Disciplina	33	41	7	23	38	10	50	29	8	67	13	13
	No contesta			2			12						

En cuanto a las ideas que nuestros alumnos tienen acerca de las “Cualidades para adquirir el conocimiento científico” el cuadro IV muestra que *la imaginación, la constancia, disciplina como las capacidades de observación y razonamiento*; favorecen el aprendizaje de las ciencias. Estas cualidades elegidas por nuestros alumnos aumentan significativamente al final de puesta en

práctica de la propuesta piloto curricular. Llama la atención, la fluctuación de “*la sensibilidad social, la capacidad de trabajo, el interés*”. Notamos que cada una de estas subcategorías se “acomoda” al final (muestra III) de una manera más acorde a ideas de ciencias más aceptables. Mientras que “*el no contesta*” cae definitivamente en la última tabla, lo que demuestra la capacidad de respuesta por parte de los alumnos después de la instrucción recibida.

En el cuadro V mostramos nuestra indagación acerca de las ideas que nuestros alumnos poseen sobre las “*acciones*” que realizan cuando estudian ciencias. La actividad “*experimentar*” pasó a primer lugar al final de la experiencia piloto, mostrando lo efectiva de la propuesta con relación a esta idea. Si bien no hace falta tanta “*matemática*” (en el cuadro IV la valorización cayó levemente), si se desprende del cuadro que es necesaria usarla en los cálculos. La observación fluctúa, entre la primera y la última toma de datos. El 92% de la primera muestra coincide con otras investigaciones que señalan la exagerada importancia que se da a la “*observación*” como punto de partida del “*método científico*”. Sesgo que caracteriza a las visiones inductivistas y empirista de la ciencia. En la segunda muestra este porcentaje cae para volver a subir en la muestra III (no hay diferencias significativas entre los del grupo de control y experimental). Podría interpretarse que ha cambiado el significado. Se trataría ahora de una observación encuadrada en un marco teórico. Esta cuestión será objeto de una próxima investigación.

Cuadro V

Categoría	Sub categorías	Muestra I N=91 %			Muestra II N= 39 %			Muestra III N= 39 %					
								GC			GE		
	<i>Grado</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Acciones más importantes cuando estudiamos Física	Experimentar	90	5	0	20	49	29	79	13	0	87	13	0
	Calcular	28	64	3	3	31	59	25	71	4	33	60	0
	Observar	92	5	0	6	31	0	75	25	0	73	27	0
	Leer	64	28	5	31	28	28	79	21	0	73	27	0
	Pensar	85	15	0	38	11	10	88	16	0	73	20	0
	Razonar	74	15	3	26	51	18	79	17	0	93	7	0

Se vuelve a rescatar el valor de la búsqueda de la información a partir de la lectura, porcentaje que había decaído como consecuencia de la enseñanza tradicional. El pensar y razonar (a pesar de alguna variación) recuperan sus posiciones de privilegio.

La pregunta del ítem cuyos resultados se transcriben en el cuadro VI permiten comparar lo que piensan los alumnos sobre cómo estudiar ciencias y las “*posibles*” diferencias sobre cómo el científico adquiere sus conocimientos. La *lectura, la observación y el razonamiento*, aumentan significativamente en relación a las primeras respuestas. Siendo la categoría *lectura* más valorada en el grupo de control que en el experimental. “*La experimentación*”, como imagen previa se mantiene. Mientras que interpretamos que “*el calcular*” se ubica como una necesidad no tan

imperiosa, que proviene de una concepción previa de la física reducida a ejercicios de cálculos y algoritmos.

Cuadro VI

Categoría	Sub categorías	Muestra I N=91 %	Muestra II N= 39 %	Muestra III N= 39 %					
				GC			GE		
				A	B	C	A	B	C
Como el físico adquiere su conocimiento	Leyendo	7	28	71	25	0	60	33	0
	Calculando	10	15	25	66	0	33	60	7
	Experimentando	82	92	38	8	0	93	0	0
	Observando	68	69	38	8	0	100	0	0
	Razonando	36	33	67	25	42	87	6	0

Conclusiones

Construimos la imagen de ciencia que nuestros alumnos poseen con las siguientes características:

- ? una ciencia que aporta mejoras a las condiciones de vida de la humanidad pero sobre el cual hay un 25% de alumnos que no tienen respuestas,
- ? que no está al alcance de todos y es un poco atemorizante e intrigante.
- ? Que elabora teorías sobre la realidad pero la mitad de ellos cree que las descubre de la naturaleza y que presenta visos de dogmatismo al considerársela verdadera.
- ? el saber matemático es indispensable para aprender ciencias y las capacidades de observación, trabajo, razonamiento son necesarias,
- ? la experimentación es una acción propia de las ciencias y
- ? la sensibilidad social juega un papel facilitador de la adquisición de conocimiento científico.

En general no presentan una actitud negativa hacia la ciencia, mas bien de expectativas positivas acerca de sus aportes a su formación profesional. Mientras que una visión tradicional (empirista y de cálculos) prima en la imagen de ciencias.

En esta actitud e imagen se observan cambios al final de la aplicación del diseño piloto, que en algunos casos podrían evidenciar un juicio crítico más explícito y fundamentado. Sin embargo, de la encuesta aún analizando las justificaciones que los alumnos explicitan no disponemos de

suficientes elementos de juicio. Se espera profundizar esta indagación mediante entrevistas clínicas. Una posible hipótesis interpretativa es que se está **reconstruyendo la imagen de ciencia pero que no alcanzó un grado de estabilidad suficiente como para constituir un nuevo paradigma.**

Los resultados de esta prueba se usarán para un ajuste del diseño instruccional que se espera poder administrar a una población más numerosa a fin de obtener resultados de mayor significación estadística y más convalidados cualitativamente.

Referencias

- Ausubel, D. (1978) “Factores de grupo y sociales del aprendizaje”, en “Psicología educativa”. (475-485). Ed. Trillas. México.
- Benlloch, Montse. (1997). “*Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*”. Visor Diss. S.A.. Madrid. España
- Coll, C.. (1988). “*La investigación psicoeducativa*”. De “*Conocimiento psicológico y práctica educativa*”. Ed. Barcanova. Temas universitarios.
- Cudmani, L. (1992). “*El Profesor y la Investigación Educativa en Física: Ponencia*”. Actas del 1º Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF I). Tucumán.
- Cudmani, L. (1998). “*La Resolución de Problemas en el Aula*”. Revista Brasileira de Ensino de Física, 20(1).
- Cudmani, L., (1999). “*Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias*”. Revista de Enseñanza de las Ciencias”. 17(2). Barcelona. España.
- Cudmani, L., Pesa M., Salinas J. (2000). “*Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias*”. Revista Enseñanza de las ciencias. 18(1). 313. Barcelona. España.
- Cudmani, L., Salinas de Sandoval, J., Pesa de Danón, M., (1991). “*La generación autónoma de Conflictos cognitivos para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la Física*”. Revista de Enseñanza de las Ciencias. 9(3). Pp. 237-242
- Cudmani, L.; et all.. (2000). “*La transferencia mutua entre aula e investigación educativa: El Proyecto InIPEF*”. Memorias de V SIEF. Santa Fe. Argentina.
- Driver, R., (1986). “*Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*”. Enseñanza de la Ciencia, (4), 1 3-15.
- Driver, R., (1988). “*Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en ciencias*”. Enseñanza de la Ciencia, (6) 2.
- Duschl, R. (1995). “*Más Allá del Conocimiento: los Desafíos Epistemológicos y Sociales de la Enseñanza por Cambio Conceptual*”. Enseñanza de la Ciencia, 13 (1).

- F. de Lewin, A., Monmany, T. (1993). “*Una Experiencia Piloto para Investigar sobre Nociones Intuitivas en Física en los Primeros Niveles de la Educación*”. Memorias de REFVIII.
- Gil Pérez, D., et all (1999). “*¿Tiene sentido de seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?*”. Revista de Enseñanza de las ciencias. 17(2). Pg. 311-320. Barcelona. España.
- Gil Pérez, D., Ozamíz, M. (1993). “*Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*”. Editorial Popular S.A..Madrid. España.
- GIL, D., (1993). “*Contribución de la historia y filosofía de las cs. al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación*”. Rev. Enseñanza de las Ciencias. 11(2), 197-212.
- Gil, D., et all. (1994). “*Formación del Profesorado de las Ciencias y la Matemática*”. Editorial Popular S.A..Madrid. España
- Gil, D.; et all (1988). “*El fracaso de la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos*”. Revista Enseñanza de las ciencias. 6(2). Pg. 131-146. Barcelona. España.
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P. (1997) “*La resolución de problemas de Física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas*”. Revista Enseñanza de las ciencias”. Vol N° 10, pg. 5 a 20.
- Hacking, J. (1985) “*Revoluciones científicas*”. Fondo cultura económica. México.
- Khun, T., (1971) “*La estructura de las revoluciones científicas*”. Fondo de cultura económica. Méjico. (Incluye posdata 1970)
- Laudan, L. (1884) “*Science and values: The aimes of science and their role in scientific debate*”. Berkeley: University of California Press.
- Laudan, L. (1985) “*Un enfoque de resolución de problemas al progreso científico*”. Cap. VII de Hacking (1985).
- Laudan, L. et all. (1986). “*Scientific change: phylosofical models and historical research*”. Synthese Vol 69, 141-223.
- Laudan, L; (1993). “*La ciencia y el relativismo*”. Alianza editorial. S.A. Madrid.
- Mac-Ginty, J. (1997). “*Síntesis de Ideas para Modernizar Facultades de Agronomía de ALC*”. IICA., CECAP, San José. Costa Rica.
- Moreira, M. A. (1997). “*Modelos mentales*”. Encuentro sobre Teoría e Investigación en Enseñanzas de Ciencias - Lenguaje, Cultura y Cognición. UFMG.. Brasil.
- Moreira, M. A. (1999) “*Teorias de aprendizagem*”. Editora pedagógica é Universitária Ltda..Sao Pablo. Brasil
- Novak, J.D (1991) “*Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor investigador*”. Revista Enseñanza de las ciencias.1991. Pgs. 215-228

- Ovando, M. de.(2000). Plan de Tesis. Argentina
- Pinto Contreras, L. (1998). “*Propuesta metodológica para el rediseño curricular*”. Proyecto FOMECC 066. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Pozo Municio, Juan I. (1998). “*Aprendices y Maestros*”. Alianza Editorial. Madrid. España.
- Pozo, I. Y Gómez Crespo, M.. (2000) “*Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*”. Ed. Morata. S.L. Segunda edición. Madrid. España
- Pozo, J., (1991) “*Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias*”. Publicado en “*Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: ideas de los alumnos sobre la química*”. Servicios de publicaciones del MEC. Madrid
- Resolución N° 432/90 CS (1990). Universidad Nacional de Salta
- RESOLUCIÓN N° 432/90 CS. 1990. Universidad Nacional de Salta
- Salinas de Sandoval, J.; Gil Pérez, D.; C. de Cudmani, L (1995) “*La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones*”. Memoria REF IX. Salta. Argentina.
- Salinas, J., Cudmani, L. de. (1994) “*Concepciones epistemológicas de estudiantes de ciclos básicos de carreras de Ingeniería*”. Memorias del segundo simposio de investigación en educación en Física. Buenos Aires.
- Salinas, J.,Cudmani, L., Pesa, M.. (1996). “*Modos Espontáneos de Razonar: Un Análisis de su Incidencia sobre el Aprendizaje del Conocimiento Físico a Nivel Universitario Básico*”. Enseñanza de las Ciencias . 14(2). Pgs. 209-220.
- Schwab, J. (1968). “*Problemas, Tópicos y Puntos de Discusión*”. La educación y la estructura del conocimiento. Compilación de Elam. El Ateneo. Buenos Aires.
- Varela, M.P. y Martínez, M. (1997). “*Una Estrategia de Cambio Conceptual en la Enseñanza de la Física: la Resolución de Problemas como Actividad de Investigación*”. Revista Enseñanza de las Ciencias.15(2), pg. 173 a 178.
- Viennot L., (1985), “*Analyzing student’s reasoning: tendencies in interpretation*”. *American Journal of Physics*. 53, 432-436.
- Viennot, L. 1979. “*Spontaneous reasoning in elementary dynamics*”. *Ens. Journal of Sc. Education*. EEW.
- Vigotsky, L. (1989). “*El Desarrollo de los Procesos Superiores*”. Editorial Crítica. Barcelona.
- Villani, A. (1992). “*Conceptual Change in Science and Science Education*”. *Science Education*, 76(2), 223-237.

Recebido em: 24/04/2003

Aceito para publicação em: 11/01/2005

El conocimiento científico es:

? Interesante ? Util ? Al alcance de todos ? Importante ? Difícil ? Verdadero ? Atemorizante
? Intrigante

Porque.....

D.- Valore de acuerdo con la siguiente tabla de valores:

1: mucho 2: poco 3: nada

Para poder aprender ciencia es necesario:

? Saber matemática ? Imaginación ? Sensibilidad Social ? Interés ? Capacidad de
Observación ? Habilidad manual ? Constancia ? Disciplina ? Capacidad de Trabajo
? Capacidad de Razonamiento ? Otras ¿Cuáles?

POR QUE

E.- Valore de acuerdo con la siguiente tabla de valores:

1: mucho 2: poco 3: nada

Para estudiar física es necesario:

? Experimentar ? Calcular ? Observar ? Leer ? Pensar ? Razonar Imaginar
Otras ¿cuáles?

F.- Valore de acuerdo con la siguiente tabla de valores:

1: mucho 2: poco 3: nada

Las acciones que Ud. considera que el científico realiza cuando conoce:

? Experimentar ? Calcular ? Observar ? Leer ? Pensar ? Razonar Imaginar
Otras ¿cuáles?