

# La transformación de la pedagogía de los profesores universitarios de ciencias desde la reflexión: Una propuesta innovadora

**Alcira Rivarossa\***

**Francisco Javier Perales Palacios**

Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina); Universidad de Granada

\*Correspondencia

Alcira Rivarossa

Facultad de Ciencias Exactas, Físico-  
Químicas y Naturales  
Ruta 36 Km 601  
CP X5804ZAB-Río Cuarto, Córdoba-  
República Argentina  
Tel. +54-358-4676225/+54-358-  
676226  
Fax +54-358-4676530  
arivarosa@exa

## RESUMEN

Se presenta un Programa de Transformación Educativa llevado a cabo entre profesores universitarios de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina). Dicho programa contempla dos líneas prioritarias: (1) la creación de espacios académicos para desarrollar un proceso sistemático de reflexión y formación que permita sustentar las innovaciones pedagógicas en el aula universitaria (Proyectos Pedagógicos Innovadores, Cursos de Postgrado, Asesorías a Equipos de Cátedras); y (2) la cooperación y asesoramiento interdisciplinario en la reformulación curricular de los contenidos sustantivos y pedagógicos de los profesorados. A partir del relato de la experiencia, se infieren algunas proposiciones relevantes que dieron lugar a propuestas innovadoras en enseñanza de las ciencias y que sirvieron de base para la elaboración de proyectos curriculares.

**PALABRAS CLAVE:** Enseñanza universitaria, formación del profesorado de ciencias, enseñanza de las ciencias.

---

## The educational change for science university teaching staff from the reflection: An innovating proposal

### ABSTRACT

An Educational Change Program for University Teaching Staff in National University of Río Cuarto (Argentina) is shown. This Program includes two prior lines: (1) establishing academic spaces to develop a systematic process of reflection, and training that allows to introduce pedagogic innovations in the university classroom (Innovation Pedagogic Projects, Postgrade Courses, Department Advising); and (2) interdisciplinary cooperation and advising in the curricular reformulation of the training teachers' substantive and pedagogic contents. Through the description of the experience, some relevant propositions which originated innovating proposals and curricular projects in Science Education, are presented.

**KEYWORDS:** University teaching, training teachers of science, science teaching.

## Introducción

Este trabajo posee su génesis en el contexto institucional de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Provincia de Córdoba, Argentina).

Nuestra institución ha asumido el compromiso de reestructurar los currículos de grados y la formación docente de sus profesores universitarios a partir de un programa de Transformación Educativa que contempla básicamente dos líneas prioritarias: (1) la creación de espacios académicos para desarrollar un proceso sistemático de reflexión y formación que permitan sustentar las innovaciones pedagógicas en las aulas universitarias (Proyectos Pedagógicos Innovadores; Cursos de Postgrado, Asesorías a Equipos de Cátedra, 1987-1997); y (2) la cooperación y asesoramiento interdisciplinario -a las Comisiones Curriculares permanentes- en la reformulación curricular de los contenidos sustantivos y pedagógicos de las licenciaturas en Profesorado de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales<sup>1</sup> (Proyecto de Reestructuración de los Profesorados 1996, véase la Fig. 1 en Anexo) que se imparten en esta Universidad.

La necesidad de otorgarle a los currículos de formación de profesores de Educación Secundaria una nueva significación tiene múltiples demandas histórico-científicas, epistemológicas, pedagógicas, socio-políticas y culturales, derivadas del progreso en los conocimientos científicos y académicos de los últimos cincuenta años, así como la puesta en marcha de la nueva estructura del Sistema Educativo Nacional Argentino.

Pensar en la formación de un profesor de ciencias implicó la necesaria consideración de identificar en un primer momento cuáles eran los contenidos necesarios para su formación y porqué era imprescindible generar espacios de construcción significativa de su propio rol; en un segundo lugar también precisó delimitar qué tipo de propuestas y paradigma de formación favorecen un cambio de concepción del profesor de ciencias; y, en tercer lugar, qué circunstancias institucionales se daban para que se reconocieran y transformaran las prácticas pedagógicas de las aulas universitarias.

Estos cuestionamientos nos obligan a considerar a modo de una breve metarreflexión cómo ha sido el proceso histórico de formación de un profesor de ciencias, qué conocimiento ha elaborado y qué obstáculos ofrecen fuertes resistencias a una nueva actitud para que, de este modo, las propuestas didácticas, programas de formación, cambios curriculares y espacios institucionales se apoyen en criterios fundamentados de una concepción diferente del rol del profesor.

Este trabajo aporta algunas reflexiones críticas que surgen del análisis de una propuesta innovadora de formación pedagógica del profesorado universitario llevada a cabo con profesores del área de ciencias exactas, físicas, químicas y naturales dentro de una estructura sistemática de encuentros, reuniones, jornadas y talleres con producción de proyectos pedagógicos en cada área o disciplina.

Esta estrategia de formación continua favoreció además un cambio en el modelo de concepción de diseño curricular que proporcionó un contexto institucional

a la transformación de los currículos de formación inicial del profesorado de ciencias, integrando áreas de formación científica y pedagógico-humanísticas (Fig. 1).

Históricamente la educación en la Universidad ha concentrado sus esfuerzos en incentivar una buena transmisión de técnicas, métodos y contenidos científicamente acumulados, aislados de su contexto socio-cultural de producción, validación y comunicación. Por otro lado, aquéllos no suelen hacer referencia a las implicaciones éticas y teórico-prácticas de la misma formación científica y profesional. Simultáneamente la Universidad ha debido sostener un sistema de producción científica que se vincula pobremente con los procesos de formación metodológico-conceptual de las nuevas generaciones de investigadores, y que contribuye a sostener la fuerte dicotomía y tensión entre investigación y docencia (Kemmis, 1993; Habermas, 1970).

De este modo, la misma comunidad universitaria genera su propia cultura con costumbres, rutinas, rituales, inercia, estilo de vida, valores, creencias y expectativas que influyen significativamente en los aprendizajes académicos, científicos y experienciales de los individuos, independientemente de su reflejo en el currículum explícito. El conocimiento, el aprendizaje y su enseñanza son situacionales, producto del mismo pensamiento cultural que lo produce y que con él opera.

Poner en evidencia en el contexto universitario las tensiones y contradicciones internas y externas del mismo espacio institucional, permite recuperar el sentido de la formación profesional y de sus valores educativos a través de la formación permanente de comunidades críticas y autogeneradoras de nuevas alternativas (Freire, 1982; Kemmis, 1993) (véase la Fig. 2 en Anexo).

En esta propuesta se desprenden tres ejes para una acción sistemática: (1) la reconstrucción de las prácticas de reflexión del profesor sobre el proceso de construcción del conocimiento científico, su enseñanza y su aprendizaje; (2) la reconstrucción de las reformas político-ideológicas del currículo; y (3) la reconstrucción de la administración educativa, intentando que los supuestos teóricos encuentren en la institución el contexto motivador y el compromiso de sus cuerpos colegiados.

El programa elaborado se sustenta teóricamente en una concepción constructivista, compleja y crítica de la formación del profesorado (Porlán, 1997), tendente a revalorizar los procesos de autoanálisis e investigación-acción que permitan elaborar una interpretación fundamentada de la «epistemología de la práctica universitaria» (Furió, 1994; Désautels y otros, 1993; Perales, 1991).

Esta concepción se apoya en una perspectiva de análisis que contempla, desde diversos aportes teóricos, tres variables: Investigación, Innovación y Formación. Este triángulo interactivo permite generar y ejecutar proyectos de capacitación, asesorías, propuestas pedagógico-didácticas, y evaluación de los procesos y obstáculos que surgen en la implementación (Astudillo y Rivarossa, 1994) (véase la Fig. 3).



**Figura 3.** Marco teórico y modelo de transformación de las prácticas universitarias

La experiencia acumulada durante estos años permite afirmar, a modo de hipótesis, que se mejoran significativamente las innovaciones pedagógicas y los procesos de autogestión en la práctica docente, al confrontar -en un proceso gradual y sistemático- los compromisos epistemológicos que se asumen al investigar, enseñar y aprender desde una dialéctica y tensión permanente entre teoría y práctica científica y pedagógica (Porlán, 1989, Pérez-Gómez, 1988, Rivarossa, 1996).

En un primer momento (apartado II) del trabajo se caracterizarán las concepciones de ciencia, conocimiento y enseñanza que sostienen los profesores, fruto de su formación y ejercicio profesional, que interfieren y generan obstáculos en un proceso de cambio de paradigma de enseñanza-aprendizaje. En la constitución de esos paradigmas y concepciones colaboran -activa o pasivamente- los modelos de prácticas de educación universitaria que se apoyan en supuestos de Ciencia y Tecnología que contradicen los marcos teóricos de una enseñanza-aprendizaje que contempla los lineamientos de la nueva filosofía de la ciencia y de la educación científica (Hodson, 1985).

En un segundo momento (apartado IV) delimitaremos la modalidad de formación con los profesores universitarios para elaborar estrategias autónomas de indagación de sus prácticas cotidianas que ayudarán a favorecer una evolución

conceptual, metodológica y actitudinal de su rol como profesional docente universitario (Toulmin, 1972; Posner y Strike, 1982; Pope y Gilbert, 1983; Gil, 1986; Porlán, 1993).

Estas actividades de capacitación y asesoramiento permanente a los docentes universitarios fueron inculcando la necesidad y el compromiso de revisión de la validez del currículo de ciencias vigente para la formación de nuevas generaciones de profesorado.

### **1. Realizando una mirada histórica: La construcción de una concepción de ciencia**

Existe un conjunto de conocimientos que se van construyendo a lo largo de la formación científica de un profesor que, a modo de contenidos, métodos, creencias, valores, actitudes, conocimientos empíricos cotidianos, ideologías, prejuicios, afectos, configuran su epistemología personal (Porlán, 1993). Es con esa cosmovisión con la que el profesor se desenvuelve, decide, actúa y piensa sobre su proceso de enseñar y aprender.

Durante la formación académica, toda la cultura experiencial de vida sirve de base cognitiva para la construcción e interpretación de la realidad y sus significados en interacción permanente con los diferentes contenidos, métodos y actitudes que configuran el conocimiento científico a ser enseñado. Se va elaborando de este modo un conocimiento por cuantificación, observación, imitación y experiencia con las diferentes materias curriculares -aisladas y yuxtapuestas- que incluyen multiplicidad de ideologías y visiones de ciencias básicas, aplicadas, teóricas, formales, tecnológicas, sistemáticas, descriptivas, analíticas, ecológicas, etc.

En ellas se interactúa en su construcción con concepciones de ciencia fuertemente positivistas, impregnadas de observaciones puras y recolección de datos, objetivadas en sus teóricos-prácticos con metodologías empírico-directivas, donde las explicaciones constituyen una acumulación racional y progresiva de datos nuevos sobre los ya elaborados. Este proceso se justifica y valida racionalmente por el «valor» del progreso de la ciencia.

De este modo, lo que se trasmite (contenidos) y la manera como se trasmite (métodos) van configurando un currículum oculto y una cosmovisión de ciencia y conocimiento que favorece una imagen positivista y exitosa del saber científico. El conocimiento es algo verdadero que refleja la realidad tal cual es y que, por lo tanto, es absoluto y objetivo. La tarea del profesor que subyace a esa concepción, es la de poder enseñarlo correctamente (explicarlo, recitarlo, mecanizarlo).

Bajo este proceso formativo, se edifican unos supuestos de que «conocer implica un crecimiento continuo, en ascenso, como progreso sin fin y con un aumento de datos, tecnologías, observaciones y hechos que confirmen las hipótesis iniciales». Implícitamente se consolida una actitud y escala de valor sobre el conocimiento, su poder y su validación científico-social.

En el caso de la formación inicial del profesorado de ciencias, esa visión de ciencia asimilada por largos años va de la mano de un conjunto de concepciones sobre su enseñanza, aprendizaje y el papel del profesor. Se constituyen en una trama conceptual que se complementa luego con algunas materias del campo de las humanidades que contribuyen a aumentar “cuantitativamente” los contenidos curriculares y aportar la información necesaria para los procesos de intervención pedagógica: Psicología, Didáctica, Sociología, Pedagogía, Institución Escolar, Práctica de la enseñanza.

El aporte básicamente teórico-descriptivo y descontextualizado que brindan esos conocimientos se constituye en nuevas herramientas metodológicas sobre los aspectos pedagógico-didácticos con una misma visión positivista: uso del método para enseñar y aprender, reglas para seleccionar qué contenidos dar, estilos de cómo organizar el aula y la clase, actividades para los logros académicos.

Se colabora con esta concepción a circunscribir la intervención docente y el papel de la didáctica a un modelo objetivo-instrumental, que permite obtener un resultado mejor en el aprender de los alumnos si se estructura previamente el conocimiento para dar. Es una nueva visión empírico-directiva.

## **2. ¿Qué ocurre cuando el licenciado en profesorado de ciencias se incorpora al ejercicio profesional?**

El modelo de conocimiento científico, enseñanza y aprendizaje construido en la formación sobre ciencias, no le permite al futuro profesor realizar una buena transposición didáctica e institucional de saberes a la realidad de la escuela. Esa situación determina que, menospreciando los aportes recibidos de las teorías pedagógicas, abandone progresivamente sus intentos de innovación, sustituyendo sus prácticas educativas por unas tareas rutinarias en la organización y ejecución lineal de enseñanza de contenidos y en actividades de control académico.

Los diversos obstáculos en la transposición didáctico-institucional con los que se enfrenta en un contexto nuevo, hace que se pierdan procesos de revisión crítica sobre el valor del conocimiento y el conocimiento como valor, cambiando construcción por ejercitación, proceso por resultado, experiencia por manipulación, hipótesis por definición.

De este modo se rutinizan las prácticas pedagógicas, se cambia la reflexión teoría-práctica por teóricos y prácticos; la actividad intelectual se ve limitada a la resolución de guías estereotipadas; se promueve la ejercitación de fórmulas y teoremas, las clasificaciones y taxonomías, la recolección de datos sin problemas ni hipótesis, etc.

Hewson y Hewson (1988), Claxton (1984), Pope y Gilbert (1983), Porlán (1993) y Fernández-Pérez (1989) coinciden en sus estudios en que el profesor conoce a partir de su propia teoría personal, formada por creencias, conocimientos empíricos, simbólicos, afectivos y subjetivos que tienen carácter de modelo explicativo e hipotético, y que le permiten poder establecer conjeturas, predicciones y decisiones.

De este modo las teorías científicas y las teorías pedagógicas entran a formar parte esencial del conocimiento personal y profesional del profesor, constituyéndose así en una epistemología personal (García y Rivero 1995; Porlán y Azcárate, 1996). Las teorías que conforman las epistemologías del profesor tienen una influencia sobre su práctica que permanece relativamente oculta a los procesos explícitos del pensamiento, del discurso áulico y de las acciones cotidianas.

No todas las organizaciones explicativas que dan cuenta de esas teorías influyen simultáneamente en las respuestas que se ofrecen. Algunas de ellas son modificadas con mayor facilidad por influencia de la experiencia, de las contradicciones cotidianas, los conflictos y las motivaciones. Pero las teorías sobre el conocimiento y la ciencia son más resistentes al cambio y aparecen como un obstáculo epistemológico fundamental en los intentos de renovación pedagógico-científica (Hodson, 1985; Dumont, 1986; Gil, 1990; Gil y Pessoa, 1994; Elliot y otros, 1986).

Esas teorías pasan a ser obstáculo si no se les proporciona oportunidad de reflexión y profundización sobre las visiones del conocimiento elaborado, ya que tienen notable incidencia sobre las decisiones en la práctica docente, con especial atención a: el trabajo científico, la falta de perspectiva histórica del conocimiento, la provisionalidad de los resultados de investigación, la neutralidad de la observación y experimentación, la genealogía de problemas, la dicotomía teoría-práctica.

Las conexiones entre la reflexión sobre los procesos constructivos de la ciencia y la reflexión sobre su aprendizaje, a modo de reconstrucción de la actividad intelectual del científico, justifica la necesidad del análisis epistemológico en la relación didáctica y en la filosofía de la ciencia. Según Tobin y Spinet (1989) la formación incidental del profesor en su ejercicio profesional cotidiano es una dificultad importante en la preparación del profesor para un cambio didáctico. La posición científicista subyacente en los profesores es resistida ante los valores subjetivos de las propias construcciones científicas (Désautels y otros, 1993).

Según Porlán y Azcárate (1996) la interacción entre el conocimiento científico, las creencias ideológicas y las diferentes experiencias cotidianas de enseñanza y aprendizaje son fuentes del saber profesional. La perspectiva epistemológica se constituye dentro de este análisis en una necesaria dimensión en la formación, para comprender la naturaleza de la actividad profesional del que construye y enseña ciencia (Gil, 1990; García y Rivero, 1995; Duschl y Gitomer, 1991).

Queremos dejar constancia, por último, de que la investigación educativa sobre la formación del profesorado de ciencias es relativamente reciente y escasa, afectando esta carencia de un modo especial a la del profesorado universitario, dando la impresión de que nos encontramos ante un campo de investigación tabú. No obstante, estimamos que la mayoría de las reflexiones que aquí exponemos son generalizables a dicho profesorado, especialmente en el caso de países donde la formación pedagógica de éste se encuentra en una fase de despegue o de debate, tal como ocurre en Argentina y España, respectivamente.

### **3. ¿Qué aporta nuestra propuesta con los profesores universitarios?**

Conocer y cuestionar el pensamiento y la organización de las teorías del docente se constituye en una necesidad básica para favorecer propuestas de formación que tiendan a movilizar el paradigma que han construido en relación al conocimiento, su enseñanza y aprendizaje (Fernández-Pérez, 1989; McKeachie, 1986; Caselli, 1994; Schön, 1992; Hewson y otros, 1992). Se trataría de realizar una trasposición de las premisas constructivistas, utilizadas habitualmente para el aprendizaje escolar, al conocimiento profesional de los docentes.

Los rasgos distintivos de nuestro programa de perfeccionamiento y asesoramiento se fundamenta en la orientación y reflexión crítica teórico-práctica y educativa del hacer universitario, favoreciendo un salto cualitativo, procesual y continuo, hacia la construcción de un conocimiento teórico-práctico fundamentado. Asumimos de este modo en la propuesta que las transformaciones en las prácticas universitarias no se favorecen desde una perspectiva de cambio aditiva, acumulativa y prescriptiva de los contenidos socio-pedagógicos y didácticos (cursos sobre teorías educativas, paradigmas y metodologías).

La perspectiva de estudiar y analizar modelos y modos de comprensión de las ciencias humanas (campo de la Didáctica Universitaria) nos ubica ante un saber científico cuya construcción se apoya en otras variables diferentes al modelo de las ciencias naturales (lugar de procedencia de los profesores participantes).

Por lo tanto, analizar las características del conocimiento que se produce, el que se enseña y el cómo se enseña, favorece una adquisición de conocimientos teórico-prácticos sobre una enseñanza de las ciencias que pretende aprovechar las mismas estrategias investigativas construidas por los investigadores universitarios, para poner en marcha proyectos pedagógicos innovadores que contemplen tanto las nuevas estructuraciones del conocimiento de la materia a enseñar, como las formas y métodos propios de enseñarla.

De este modo se construyen estrategias instrumentales desde el mismo campo de la investigación e innovación educativa a partir de la reflexión sobre sus prácticas docentes universitarias habituales (Fernández-Pérez, 1989; Perales, 1991; Porlán, 1996; Cantero, 1996)

Al establecer un encuadre pedagógico definimos a la reflexión epistemológica como el producto de la reflexión sobre la ciencia, sus métodos y su modo de crecimiento, no como una construcción a nivel metacientífico, sino en un contexto de relaciones con sus procesos, sus actores, su ideología, su enseñanza y aprendizaje. De este modo adquiere un significado particular dentro del que hace ciencia y del que la enseña (Astudillo y Rivarossa, 1997).

Es importante, como parte de una toma de conciencia paulatina sobre el paradigma de ejercicio profesional universitario, cuestionarse sobre los cómo y porqué progresa el conocimiento, cuándo y dónde se produce la evolución conceptual, la



interacción teoría-práctica, tecnología y racionalidad, los errores y el método, la ideología y el poder, el científico y los científicos, el científico y el formador.

#### **4. ¿Cómo se implementó la propuesta y qué transformaciones se identificaron?**

La modalidad de trabajo consistió en la organización de Seminarios-Taller destinados a docentes universitarios del área de Ciencias Naturales y Exactas (Biología, Física, Matemática, Química, Geología y Microbiología). Los encuentros eran quincenales, de tres horas cada uno, y con una duración cuatrimestral. Estos seminarios se reiteraron desde el año 1988 al año 1996. En cada reunión se desarrollaron en distintas secuencias (y en función del tratamiento de los ejes problemáticos seleccionados) diversidad de actividades como: representaciones gráficas, esquemas, análisis bibliográficos, observación de vídeos, debates, elaboración de planes y guías de trabajo; caracterización de las propias prácticas de laboratorio, de campo, clases teóricas; dramatizaciones del rol docente, de los procesos de evaluación, de los exámenes, etc.

El programa de contenidos y secuencia de actividades se estructuraron en función de los siguientes principios orientadores:

- Enfrentarse con las características de la cultura científica del trabajo cotidiano, marcando las contradicciones y tensiones externas e internas.
- Explicar, analizar y comprender el porqué surgen esas contradicciones.
- Caracterizar los procesos de crisis identificados: contenido, tecnología, aprendizaje, enseñanza, relaciones institucionales, comunicación, política universitaria, planes curriculares, etc.
- Identificar los problemas de enseñanza-aprendizaje, jerarquizarlos, plantearse hipótesis posibles de transformación (individual o colectivamente).
- Aportes desde los distintos marcos teóricos que permitan, mediante una epistemología de la complejidad (Morín, 1988, 1994; García y Rivero, 1995), una búsqueda de articulación entre las antinomias históricas: sujeto-objeto; estructura-función; docencia-investigación; enseñar-aprender; formación-instrucción, etc.
- Análisis de experiencias pedagógicas propias y comunitarias.
- Identificación de las variables a modificar y su factibilidad (contenidos, metodología, trabajos prácticos, criterios de evaluación, etc.).
- Alternativas de transformación en el contexto situacional: número de alumnos, métodos, lineamientos de las carreras, tipos de prácticas, campos de conocimientos.
- Elaboración de una propuesta pedagógico-didáctica fundamentada: puesta en marcha, seguimiento y evaluación : proceso individual y colectivo.

Se establecieron ejes temáticos que, desde las demandas de los docentes participantes, permitieran un abordaje integrado de los contenidos a enseñar, los

procesos de aprendizaje y comprensión y las estrategias e intervenciones pedagógicas que los favorecen.

Se proponía provocar en los profesores situaciones de conflictos para que, partiendo de las propias interpretaciones, se vieran obligados a revisar sus interpretaciones iniciales y fundamentar los nuevos criterios elaborados.

A lo largo de los seminarios-taller se llevaron a cabo diversidad de actividades: trabajos grupales e individuales, discusiones, exposiciones y confrontación de ideas, análisis bibliográficos, experiencias y vivencias personales, etc.

En el inicio se propuso analizar los supuestos básicos de la formación universitaria, trabajando las tensiones internas y externas (Ver Fig. 2 en Anexo) de la cultura científico-pedagógica, planteando los criterios de responsabilidad y ética en la formación de científicos y profesionales, el currículum oculto, los reclamos de los alumnos, los planes de formación de grado y el papel de la investigación y producción científica, entre otros.

La confrontación teoría-práctica y el contexto institucional atravesaron las distintas sesiones de trabajo de modo transversal, intentando analizar la dimensión técnico-pedagógica desde una aproximación crítica que develara los condicionamientos de carácter social e institucional. Ello se hizo para evitar ingenuidades y el factor sorpresa en la elaboración y puesta en marcha de innovaciones pedagógicas, donde se entrecruzan los distintos roles que se desempeñan en la universidad.

Hallar nuevas estrategias pedagógico-didácticas implicó trabajar desde una variable muy fuerte en la concepción de ciencia y conocimiento: el contenido organizado y planificado a enseñar. Cuando los profesores acudían a estos seminarios, lo hacían desde necesidades diferentes pero con un aspecto en común: una receta metodológica que solucione problemas de cómo evaluar, cómo motivar, cómo organizar los teóricos, etc, sin cuestionar ni discutir el objeto de conocimiento.

Es desde esta perspectiva que se planifica una actividad donde ellos debían realizar una representación gráfica de la estructura conceptual de cada conocimiento, biológico, geológico, químico, matemático, tal como se consideraba estaba organizado. La importancia de justificar esas representaciones dio lugar a analizar desde los mismos criterios de representación y organización identificados, las concepciones epistemológicas que subyacen a ella, así como también el rol del docente y el de investigador (Ver Fig. 4 y 5 en Anexo).

Los nudos problemáticos sobre los que se plantearon las confrontaciones fueron:

- ¿Cuáles son los conceptos estructurantes que configuran el eje de la disciplina y que le dan coherencia como conocimiento?
- Explicitar cuáles han sido los progresos más significativos en torno a esa organización y porqué?
- ¿Cuáles son los problemas centrales que se investigan?
- ¿Cómo se obtienen los datos y las informaciones en ese campo de estudio?

- Decir teoría y práctica científica , ¿significa «dar teóricos y prácticos»?.
- Esos conceptos identificados han sido siempre los mismos? ¿Porqué evolucionan en las explicaciones científicas?
- ¿Porqué no existen comunicaciones científicas sobre los errores que se cometen con la producción y el uso del conocimiento?.
- ¿Cómo se integran conceptos nuevos y explicaciones teóricas elaboradas en otros momentos: energía, evolución, reproducción artificial, biología molecular, calidad de alimentos, sida, etc?:
- ¿Qué diferencia hay entre «hacer ciencia» y «enseñar ciencia» a mis alumnos?.
- ¿Es posible que el alumno «produzca conocimientos» como el científico? ¿Porqué?.
- Qué conocimientos deben aprenderse las nuevas generaciones? ¿Nuevos conocimientos científicos implican más contenidos a ser enseñados? ¿Cómo seleccionar cuáles y porqué?

Estos análisis confrontando las teorías científicas y pedagógicas (implícitas) con las prácticas científicas y prácticas académicas (explícitas) de los profesores, pusieron en evidencia las contradicciones y las anomalías dentro de las concepciones tradicionales de ciencia y conocimiento manifestadas. La visión más representativa y recurrente fue la de un conocimiento positivista, exitista, pragmático, descontextualizado y aproblemático; no se cuestionaba el contenido y el progreso de la ciencia consistente en acumulación de observaciones, uso tecnológico, manejo de datos sin marcos teóricos y revisión crítica de hipótesis o metodologías (Porlán y Azcárate, 1996; Gil, 1983; Hodson, 1992).

Cada modelo de representación se reelaboró en función de los progresos con los que se estructuraban la programación de las propuestas pedagógico-didácticas, inclusive desde su implementación y resultados con los alumnos. El esquema (Fig. 5) muestra en etapas sucesivas las reestructuraciones realizadas en lo conceptual y metodológico en la disciplina Anatomía Comparada, justificándolo a través de los resultados que se evidenciaban desde la implementación con el grupo clase de la nueva propuesta pedagógica («resultados», Fig. 5, en Anexo). Del mismo modo en la Fig. 4, en Plantas Vasculares, se manifiesta cómo desde la nueva perspectiva que se le otorga a los contenidos (considerando la variable histórica), se reformula el modelo didáctico desde teóricos y prácticos, a teoría y práctica de laboratorio.

El eje fue girando en los seminarios al qué enseñar y cómo enseñar conceptos mediante estrategias significativas para el abordaje de contenidos científicos, lo cual implicó contemplar los condicionamientos institucionales del tiempo, el programa, las prácticas experimentales, los recursos, las dificultades interpersonales, la gestión académica.

Como consigna se empleó: ¿qué conocimientos es necesario aprender de la diversidad de hechos y teorías que se incorporan a la estructura de cada disciplina científica?.

Poder identificar esas nociones básicas, obligó a los profesores a realizar:

- Un análisis histórico-crítico sobre su campo buscando los métodos y significados otorgados a los conceptos en función de resolver problemas y anomalías explicativas.
- Identificar los obstáculos en el uso de los métodos para comprobar las hipótesis.
- Los tipos de explicaciones que se lograban formular en los contextos históricos, culturales, ideológicos y políticos.
- Núcleos problemáticos donde las hipótesis no están resueltas: origen y evolución, teoremas, teoría atómica, bio-tecnología, ingeniería genética, vida extraterrestre, etc.
- Núcleos problemáticos sobre el conocimiento tecnológico, las necesidades e impacto socio-cultural, ética y poder.
- Delimitar la teoría y la práctica dentro de cada disciplina: uso del método científico.
- Pensar en las dificultades internas de los conceptos y nociones centrales.
- Reconocer relaciones con otras disciplinas al identificar que muchos problemas fueron comunes entre ellas: cooperación multi e interdisciplinas.

El análisis de las nociones que se construyen de modo iterativo a lo largo de la historia, permite encontrar los problemas donde se significan, los niveles de respuestas y los tipos de preguntas que se formulan. Surge así la necesidad de cuestionar un concepto pedagógico importante: ¿qué es conocer y cómo se conoce?.

Identificar cómo se elaboraron explicaciones en cada disciplina, permite comprender cómo se fue transformando el sistema de pensamiento. Reconocer lo difícil que significa para el científico abandonar la estabilidad de sus teorías por otras, da cuenta -de algún modo- de las dificultades que ofrece la evolución de las concepciones y teorías explicativas que poseen nuestros alumnos.

Se aproxima de esta manera una toma conciencia de los cambios que se operan en los sistemas de pensamiento, donde no es condición suficiente aportar “más datos o experiencias” para comprender, sino que es necesario una confrontación de la nueva información sobre las explicaciones teórico-empíricas ya construídas

Las innovaciones en el aula que se generaron posteriormente fueron mostrando -desde los Proyectos Pedagógicos Innovadores, el asesoramiento y la formación sistemática- la evolución de esas concepciones y las nuevas necesidades que surgían para poder comprender y mejorar las propias prácticas universitarias.

*«Aprender implica de este modo, un cambio gradual y evolutivo de teorías personales, que intentan explicar la realidad, modificando su estructura y metodología conceptual y su desarrollo cognitivo» (Driver y otros, 1989).*

La importancia de conocer el trabajo del científico por parte de los profesores que enseñan ciencias, implica una metarreflexión dialéctica y crítica sobre el saber investigar, saber el contenido y saber enseñar el contenido.

## 5. Algunas consideraciones generales

Desde nuestros objetivos, modificar paulatinamente un modelo asumido de enseñanza-aprendizaje y de conocimiento implica un proceso gradual de transformación conceptual y metodológica del propio paradigma construido con una nueva actitud como investigador y formador.

Hemos podido registrar, analizar y acompañar a docentes y equipos de cátedras, en ese proceso gradual a un modelo epistemológico más relativista (Evaluación de Proyectos Pedagógicos Innovadores 1993-1996) caracterizado por teorías que tienen carácter provisorio y evolutivo, que progresan en el tiempo y en contextos de producción, que sufren transformaciones, que no es perfecto, y que necesita además de una nueva concepción reflexiva e investigativa del profesor.

Ese modelo se acompaña de una visión más compleja, dinámica y flexible de los procesos de enseñanza-aprendizaje, del rol del alumno y de un nuevo significado de «aprender», el valor del contenido, y los contextos ideológicos en la interacción didáctica.

Del análisis de nuestra experiencia podemos inferir algunas proposiciones relevantes que dieron lugar a propuestas innovadoras en enseñanza de las ciencias, y que sirvieron de base para acordar lineamientos curriculares:

- Posibilitar la confrontación de los compromisos epistemológicos que sustentan el enseñar y aprender ciencia con las epistemologías personales construidas a lo largo del ejercicio profesional.
- Identificar los compromisos epistemológicos asumidos en los conocimientos sustantivos y pedagógicos, favorece la construcción de propuestas pedagógicas innovadoras a modo de un proceso iterativo de investigación y comprobación constante.
- El rechazo o abandono de algunos supuestos y mitos sobre el quehacer científico, a partir de ir logrando un pensamiento reflexivo-crítico-filosófico, ausente en los procesos de formación.
- Identificar la correlación epistémica entre el proceso de investigación que realiza el científico para la producción de conocimientos con los necesarios procesos de aprendizaje de esas nociones. Nueva significación sobre «el método» y los «trabajos prácticos».
- Analizar el producto científico como proceso cultural e ideológico, y no sólo como una observación ingenua o una actividad experimental.
- Considerar el papel de la Didáctica de las Ciencias con un criterio evolucionista de la construcción de conocimientos, aceptando la diversidad

de modelos coexistentes y escuelas divergentes, como parte de su desarrollo conceptual.

- Generar modelos didácticos que consideren el aprendizaje investigativo como motor del cambio conceptual, metodológico y actitudinal en la enseñanza de nociones científicas.
- La identificación de nociones básicas de cada ciencia, permitió valorar el conocimiento y el pensamiento científico con características de totalidad, transformación y autorregulación a lo largo de sus progresos conceptuales, metodológicos y actitudinales.
- Las innovaciones propuestas intentan superar una enseñanza dogmática de los contenidos desde una mirada sistémica, contextualizada, con delimitación de situaciones problematizadoras, posibilitando un pensamiento divergente y revalorizando los procesos intelectuales y la interacción grupal.
- Favorecer espacios interdisciplinarios de formación científico-pedagógica que promuevan una concepción reflexiva e investigativa de la formación del profesor en ciencias (necesidad de generar nuevas materias curriculares y resolver problemas frontera).

Las epistemologías personales son muy rebeldes a ser modificadas, necesitan de tiempos de acomodación y ofrecen resistencia ante nuevas dudas e incógnitas. Por ello, es de suma importancia la sistematización de las propias propuestas, la reflexión crítica en equipo, los espacios de discusión y análisis de nuevas alternativas didácticas, para que esas concepciones se tornen nuevamente reflexivas.

Nuestra experiencia nos permite confirmar algunos de nuestros supuestos e identificar claramente que los procesos de cambio de paradigma de enseñanza-aprendizaje de un modelo epistémico a otro no abarcan todos sus aspectos de manera simultánea. Ese proceso es gradual y evolutivo, tanto en la concepción de ciencia y conocimiento como en la construcción de un nuevo modelo didáctico.

Es posible observar modificaciones en los procedimientos y la estructura de la disciplina sin someter a crítica las actividades o la evaluación. La investigación sobre sus modelos de enseñanza posibilitará que se constituyan en un nuevo nivel de problema. La didáctica deja de ser un instrumento para ser reflexión-acción-innovación.

Es importante destacar la necesidad de procesos sistemáticos de capacitación, si es que se quiere incidir de modo significativo en los procesos de transformación pedagógica, así como también reconocer la necesidad de trabajar en una dialéctica de comunicación y tensión permanente entre las epistemologías científicas y las epistemologías prácticas de los problemas educativos. De este modo, los procesos de formación y de desarrollo curricular en la institución avanzan en paralelo interactuando entre la racionalidad de la propuesta y los resultados en el contexto de la experiencia.

Para ello, resulta imprescindible constituir equipos interprofesionales que armonicen, negocien y dialoguen sobre la influencia de ambas visiones, mejorando

sustancialmente el proceso de investigación educativa, la formación de profesores y la de científicos profesionales.

La construcción de alternativas de formación con investigación e innovación permanente es un modelo sostenido por los equipos colegiados en nuestras instituciones universitarias, a partir del compromiso ideológico y académico con los procesos de transformación educativa. Ello ha permitido generar propuestas con un sentido participativo, cooperativo y de construcción conjunta entre áreas de formación científica y pedagógico-humanística.

Estos principios de funcionamiento han modificado paulatinamente los criterios de administración académica y autonomía de gestión, al acompañar procesos nuevos de formación, carreras y proyectos curriculares -sin obstáculos burocráticos o de tradición-. Los programas formativos en el marco de las circunstancias histórico-institucionales de nuestra Universidad, han favorecido igualmente la puesta en marcha de Proyectos Curriculares en Enseñanza de las Ciencias desde una nueva concepción consensuada de la formación del profesor de nivel medio (1996).

Este camino -lento y difícil- nos permite instalar un diálogo perdido y olvidado entre equipos de investigadores y formadores universitarios, que reclaman acciones autónomas, colectivas y solidarias desde su misma comunidad crítica.

## Notas

1 En Argentina se imparten en las Universidades licenciaturas en profesorado de distintas disciplinas, cuyos currículos vienen a incorporar, junto con materias específicas, otras del ámbito de la Pedagogía o la Psicología. Dichos licenciados pueden posteriormente ejercer como profesores de Educación Secundaria o de Universidad.

## Referencias bibliográficas

- Astudillo, M. & Rivarossa, A. (1994). «El triángulo estratégico en la Formación Docente Universitaria». *VII Jornadas de Producción y Reflexión. Departamento Ciencias de la Educación*. Argentina: UNRC.
- Astudillo, M. & Rivarossa, A. (1997). «Cambios y dificultades en la transformación de la enseñanza universitaria: análisis transversal de los Proyectos Pedagógicos Innovadores en la Facultad de Cs. Exactas y Naturales». *Actas de las Jornadas Académicas: Problemática del primer año de estudios Universitarios*, 15-24. Río Cuarto (Argentina): Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Cantero, J. (1996). «La universidad y el desarrollo profesional de los docentes: ¿conjuntos disyuntos?. Algunas líneas para la convergencia». *Investigación en la escuela*, 12, 45-57.
- Caselli, J. (1994). «Formación de profesores de enseñanza media: ejes centrales de transformación de los modelos de formación». *Revista Pensamiento*. Pontificia Universidad Católica de Chile, 14, 87-105.
- Claxton, G. (1984). *Live and Learn*. Londres: Harper and Row Publishers.

- Desautels, J.; Larochelle, M.; Gagne, B. & Ruel, F. (1993). «La formation á l'enseignement des Sciences: le virage épistémologique». *Didaskalia*, 1, 46-67.
- Driver, R.; Guesne, E. & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Dumont, F. (1986). «Research and Teaching in the University: Hamesing a productive tension». *McGill Journal of Education*, 2, 99-101.
- Duschl, R. & Gitomer, D. (1991). «Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice». *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- Elliot, J. y otros (1986). *Investigación-acción en el aula*. Valencia: Consejería de Educación.
- Fernández Pérez, M. (1989). *Hacia la construcción crítica de una Didáctica Universitaria*. Madrid: Universidad Complutense.
- Freire, P. (1982). «Creating alternative research methods». En B. Hall y R. Tandon (Eds.), *Creating Knowledge* (pp. 29-37). New Delhi: Society for Participatory Research in Asia, .
- Furio, C. (1994). «Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.
- García, F.F. & Rivero, A. (1995). «Dificultades y obstáculos en la construcción del conocimiento escolar en una hipótesis de progresión simple a lo complejo». *Investigación en la Escuela*, 27, 83-94.
- Gil, D. (1983). «Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 26-33.
- Gil, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas». *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-122.
- Gil, D. (1990). «¡Por una formación permanente efectiva! Reflexiones nada desapasionadas en torno a la formación permanente del profesorado de ciencias». En D. Gil (Ed.), *La formación de formadores en Didáctica de las Ciencias*. Valencia: Naullibres.
- Gil, D. & Pessoa, A. (1994). *Formación del profesorado de las Ciencias y las matemáticas. Tendencias y experiencias innovadoras*. Parte 1. Enseñanza de las Ciencias (pp. 9-88). Madrid: Editorial Popular.
- Habermas, J. (1970). *Toward a Rational Society*. London: Heinemann.
- Hewson, M. & Hewson, P. (1988). «An appropriate conception of teaching science: a view from studies in science teaching». *Science Education*, 72(5), 597-614.
- Hewson, P.; Zeichner, K.; Tabachuik, B. & Toolin, R. (1992). *A conceptual change approach to science teacher. Education at the University of Winsconsin-Madison*. Proceedings of the annual meeting of the American Education Research Association. San Francisco.
- Hodson, D. (1985). «Philosophy of Science and Science education». *Journal of Philosophy of Education*, 20, 2.
- Hodson, D. (1992). «Assesment of practical work: some considerations in philosophy of science». *Science and Education*, 1(2), 115-144.
- Kemmis, S. (1993). «La formación del profesor y la creación y extensión de



- comunidades críticas de profesores». *Investigación en la Escuela*, 19, 16-38.
- McKeachie, W. (1986). *Teaching tips: a guidebook for the beginning college teacher*. Lexington: Heath and Co.
- Morin, E. (1988). *El método. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
- Morin, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa: Barcelona.
- Perales, F.J. (1991). «La Formación del Profesorado en Ciencias: estado de la investigación». *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 5, 43-58.
- Pérez-Gómez, A. (1988). «Pensamiento y acción del profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico». *Infancia y Aprendizaje*, 42, 37-63.
- Pope, M. & Gilbert, J. (1983). «Personal experience and the construction of knowledge in Science». *Science Education*, 67(2), 173-203.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral, Sevilla: Departamento de Didáctica de las Ciencias.
- Porlán, R. (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Diada: Sevilla.
- Porlán, R. (1997). «Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos». *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- Porlán, R. & Azcárate, P. (1996). «Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: fundamentos y principios formativos». *Investigación en la Escuela*, 29, 123-36.
- Posner, G. & Strike, K. (1982). «Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change». *Science Education*, 66, 221-227.
- Rivarossa, A. (1996). «La reflexión epistemológica: una dimensión de análisis en la formación del profesor». *Conferencias del I Congreso Internacional de Formación de Profesores*. Univ. del Litoral: Santa Fe, Argentina (11,12,13 y 14 de Septiembre).
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos*. Paidós: Barcelona.
- Tobin, K. & Espinet, M. (1989). «Impediments to change: road from objetivism to constructivism in high school science teaching». *Journal of Research in Science Teaching*, 26(2), 105- 120.
- Toulmin, S. (1972). *Explanation in the behavioural sciences* (pp. 19-78) Cambridge: Cambridge University Press.

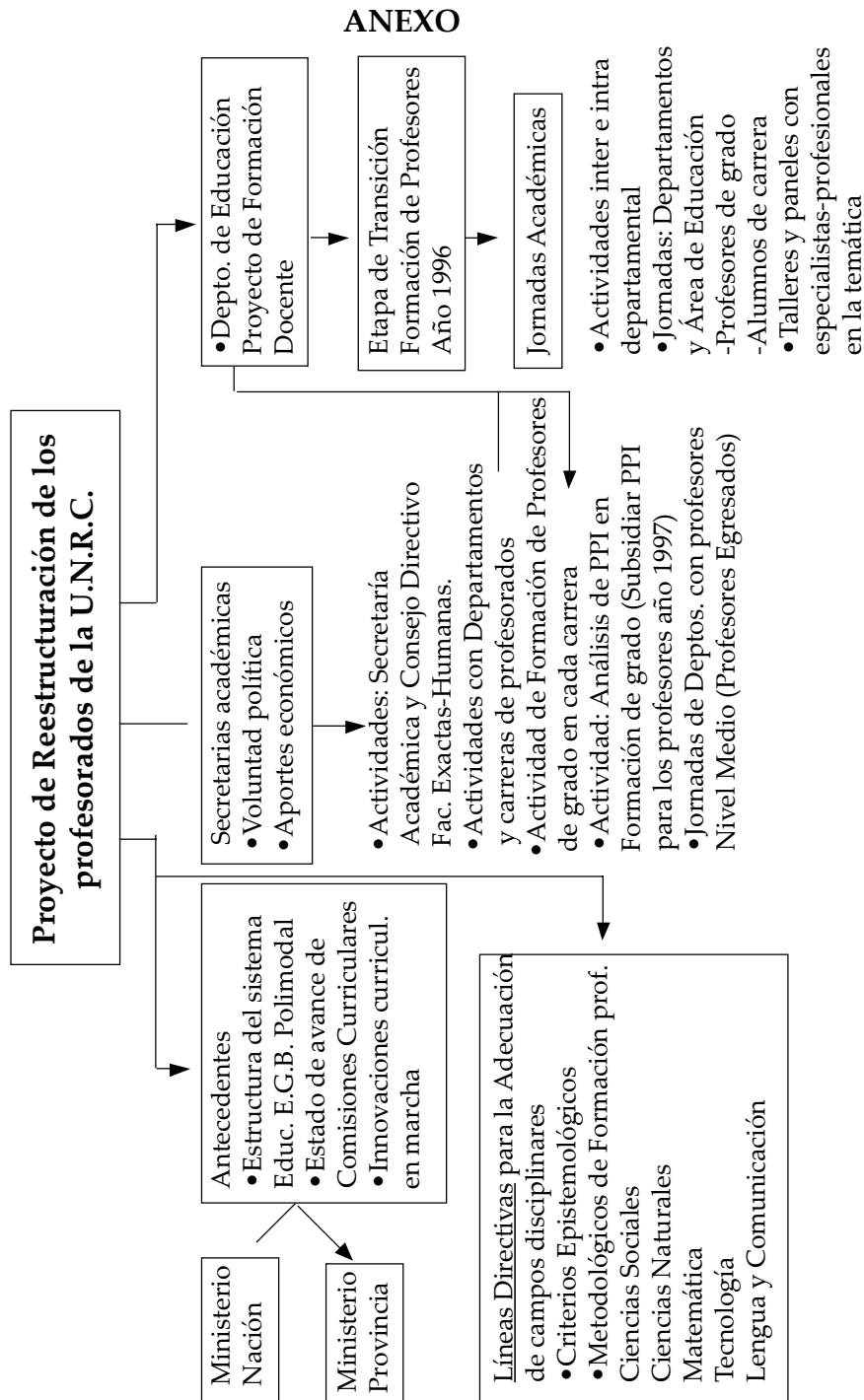
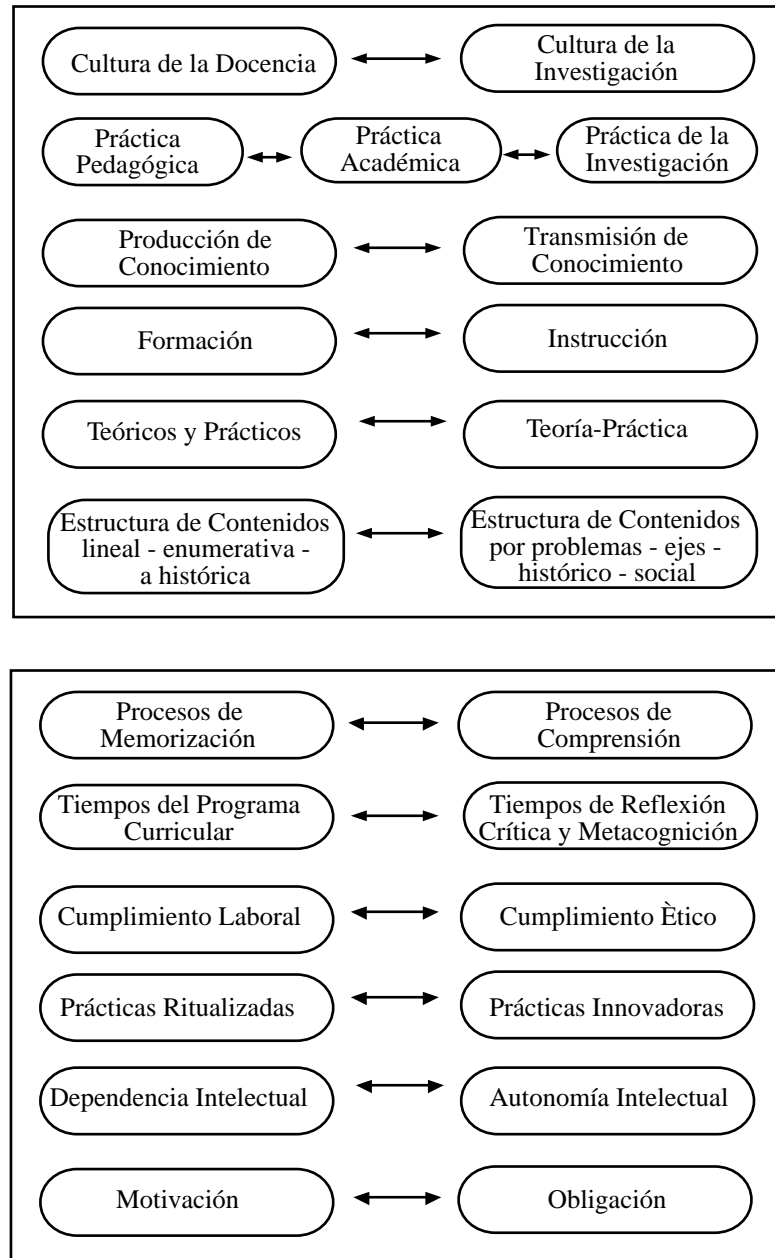
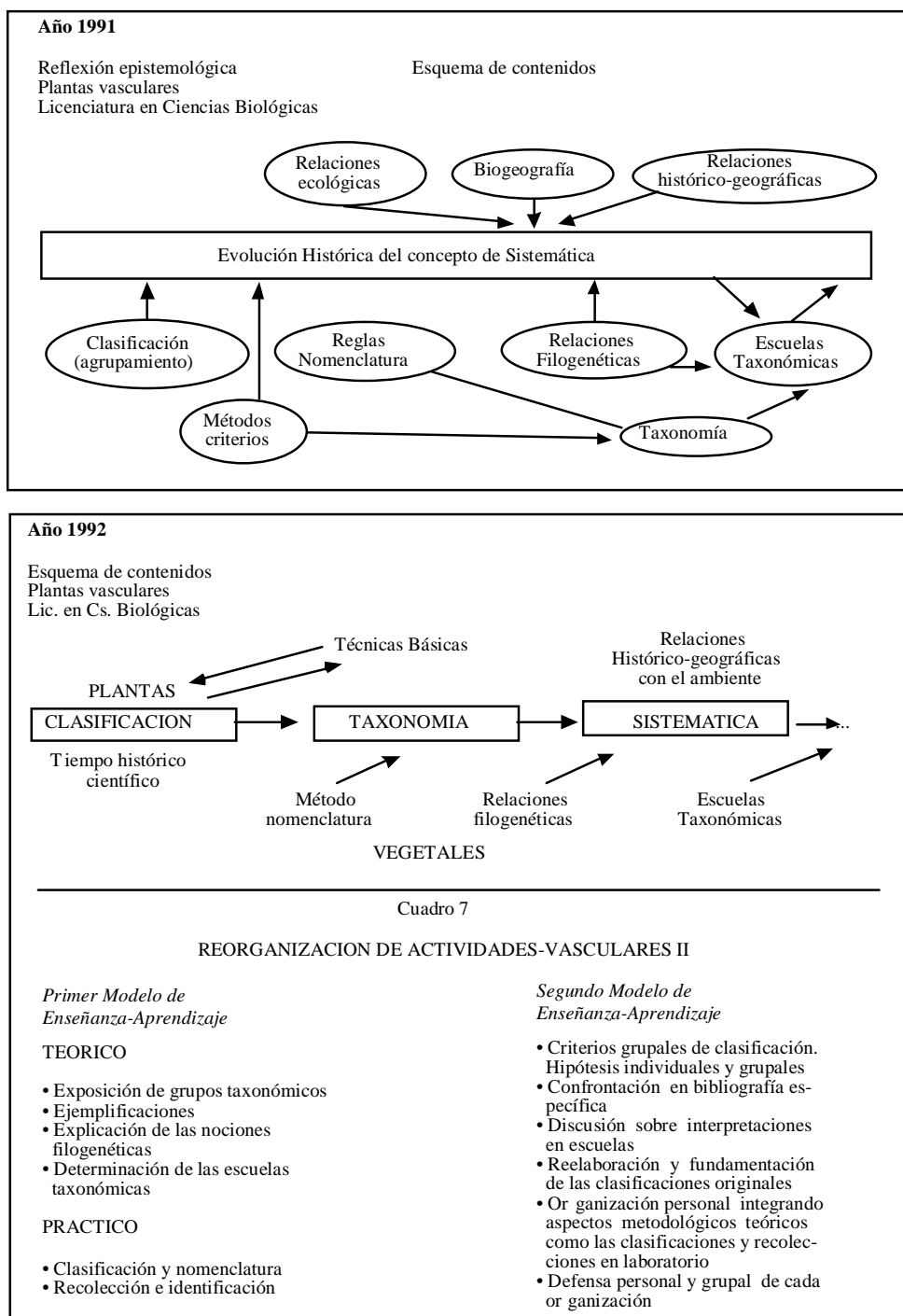


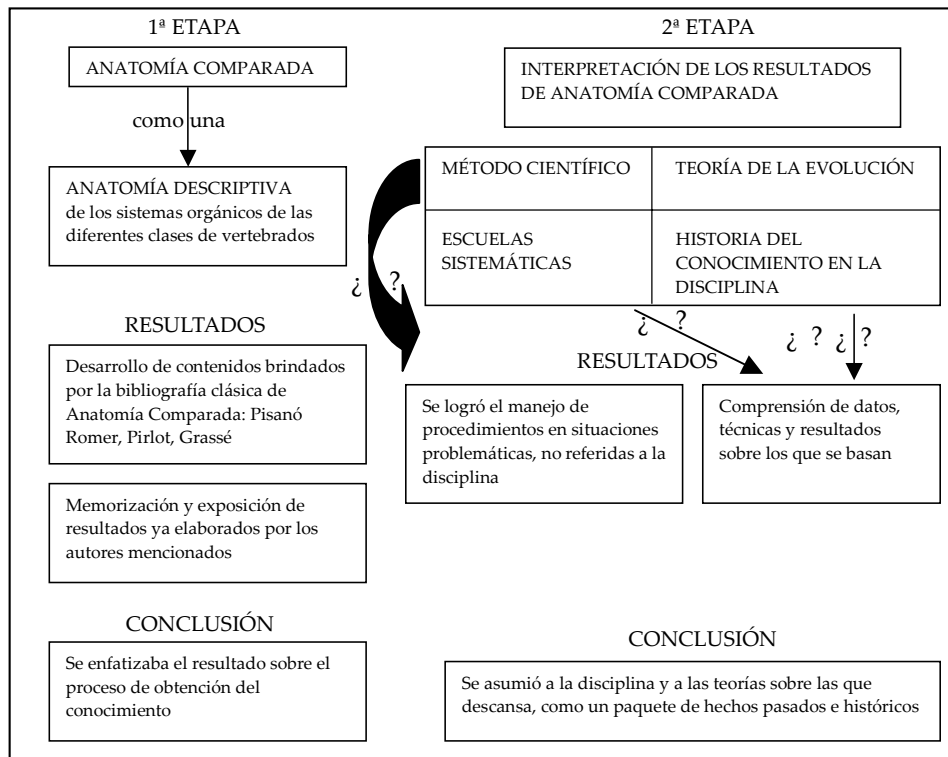
Figura 1.



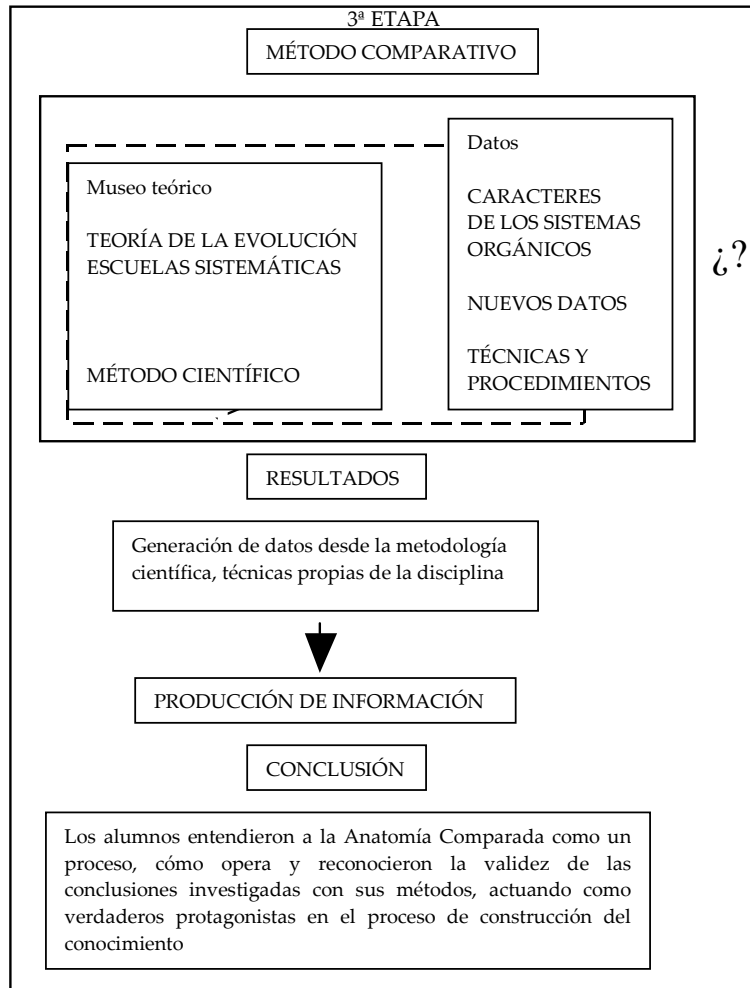
**Figura 2.** Tensiones internas y externas de la cultura científica-académica



**Figura 4.** Esquema y evolución de teoría-práctica en Plantas Vasculares



**Figura 5.** Esquema y evolución de teoría-práctica en Anatomía Comparada (1ª y 2ª etapa)



**Figura 5.** Esquema y evolución de teoría-práctica en Anatomía Comparada (3ª etapa)