

LA GEOMETRÍA FRACTAL: UNA MIRADA INTERDISCIPLINARIA EN LA CARRERA DE GEOLOGÍA

ESPER^{1,2}, LIDIA BEATRIZ; PÉREZ CARMONA¹, MARÍA DEL CARMEN

¹ Facultad de Ciencias Naturales e I.M.Lillo – U. N.Tucumán – Argentina.

² Facultad Regional Tucumán – Universidad Tecnológica Nacional – Argentina.

<liesper@yahoo.com.ar>

Palabras clave: Estrategia metodológica; Geometría Fractal; Seminario; Motivación; Paradigma constructivista.

INTRODUCCIÓN

En las Universidades de Argentina, donde se dictan las carreras de Geología, existen diferentes currículas y programas de aprendizajes. Si bien en cada Universidad puede variar, el tratamiento de los distintos temas, todas deben seguir un método holístico multi e interdisciplinar (González, 2000). Es decir que los alumnos deben adquirir ciertos conocimientos, habilidades y destrezas pertinentes para trabajar en programas y proyectos de investigación aplicados, así como en el desarrollo de labores propiamente dichas, las cuales pueden darse en los campos de docencia o de acción social.

La Matemática es una gran herramienta y un recurso eficaz para lograr la interdisciplinariedad que requieren los estudiantes de geología, quienes no ven las aplicaciones de esta disciplina en los primeros años de su carrera (Esper y col., 2002; Pérez Carmona y col.; 2002).

Siendo conscientes de la necesidad de incorporar nuevas teorías matemáticas, consecuentes con los avances del conocimiento científico en el área de geología, y a las exigencias a las que se deben enfrentar los egresados, se decidió estudiar la Geometría Fractal (**GF**) porque es un tema de investigación actual, aplicada en distintos campo del saber (Strogatz, 1994; Mandelbrot, 1977; Mandeville, 2001), que puede resolver múltiples problemas y atrapar a los educandos por su belleza y sencillez.

El presente trabajo, es un informe parcial de una investigación, que se basó en el estudio de una metodología de enseñanza, consistente en el diseño e implementación de una Estrategia Metodológica (**EM**) para incorporar conocimientos básicos de la **GF** en la currícula de la carrera de Geología de la Facultad de Ciencias Naturales e I.M.Lillo (FCN e IML). La **EM** consistió en la composición de seis estrategias de enseñanza, con diferentes métodos participativos (conferencias, clases teórico-prácticas, prácticas individuales, prácticas, grupales, actividades en la sala de Informática y el seminario).

Se justificó la importancia del tema y la necesidad de su implementación, por su aplicabilidad, en las Ciencias de la Tierra. Se comentan los resultados del Seminario, una de las estrategias diseñadas en la **EM**.

MARCO TEÓRICO

Para la estrategia de enseñanza propuesta, se dejó de lado el modelo que considera al alumno como un ele-

mento pasivo, espectador o caja negra, por que no cumple con la mayoría de las expectativas de logros de los profesores.

Se realizó un análisis de las diferentes tendencias pedagógicas contemporáneas, con la finalidad de obtener un marco teórico que fundamente el trabajo propuesto. A partir del mismo, se seleccionaron:

- a) El Enfoque Cognitivo, cuya base teórica está dada por las estructuras cognitivas y el aprendizaje significativo (Piaget, 1978; Ausubel y col.,1987)
- b) El Enfoque Histórico Cultural, cuya tesis reconoce la naturaleza histórica-social del hombre, de sus cualidades y capacidades, y considera a la actividad como el elemento fundamental para el desarrollo del individuo (Vigotski, 1978); y dentro de este enfoque, la Teoría de la Actividad (Leontiev, 1978) y la Teoría de la Asimilación (Galperin, 1983).

Se trabajó sobre la hipótesis de que el aprendizaje de la GF, mediante la ejecución de la EM diseñada, contribuyó a mejorar el perfil del estudiante de Geología, en los primeros años de la carrera.

METODOLOGÍA

La investigación constó de dos etapas, en la primera se estudió y se realizó un análisis de las bases teóricas y conceptuales de la **GF**, con aplicaciones en distintas áreas, a fin de diseñar un sistema de tareas para la **EM**. La misma consistió de un conjunto de ejercicios y/o problemas con temas de **GF** y de situaciones diseñadas para interactuar con programas informáticos, dirigidas a mejorar ciertas habilidades y actitudes en los estudiantes. En la segunda etapa, se desarrolló el experimento de enseñanza con la misma docente, aplicando el sistema de tareas a los dos grupos. El grupo experimental, en adelante (**GE**) y el grupo de control (**GC**).

El **GE** conformado por 30 alumnos que cursaban Matemática II de la carrera de Geología de la FCN e IML -período lectivo 2002- trabajó el tema **GF** utilizando las 6 estrategias de enseñanza de la EM. El **GC** estaba formado por una muestra no aleatoria de 5 alumnos, de la misma carrera –periodo lectivo 2001- quienes trabajaron con la Estrategia Metodológica tradicional de enseñanza. Se hizo el seguimiento del proceso de aprendizaje a ambos grupos y se compararon los resultados.

La metodología utilizada en el aula, se diseñó con el fin de mejorar la comprensión de la **GF** y se asienta en un análisis de las dificultades detectadas en el logro de la conceptualización de estos entes matemáticos, resultados obtenidos a partir de registros de observaciones realizadas por dos docentes, en estudios exploratorios.

En el diseño de las actividades presentadas en la **EM** utilizada, se tuvieron en cuenta las recomendaciones de expertos de varios países, en el tema de **GF**.

En el proceso de producción de conocimientos se trabajó con cuestionarios a alumnos y con mapas de logros o planillas de evaluación, que se delinearon para el análisis de las producciones de los estudiantes en el aula taller y en el Seminario.

Para el dictado del tema propuesto, se tomaron diez clases, con un total de veinte horas, distribuidas en dos semanas.

La propuesta metodológica fue la siguiente:

TABLA 1

<u>Formas de Enseñanza Empleada</u>	<u>Métodos Participativos</u>	<u>Evaluación</u>
Fase 1: Conferencia Orientadora y motivadora (2 hs reloj)	Conversación Heurística Situación problemática Lluvia de ideas Dinámica grupal	Participación del alumno.
Fase 2: Guía N° 1 (Clase práctica) (2 hs reloj)	Situación problemática Discusión en pequeños grupos Discusión Plenaria	Observación del trabajo en clase. Corrección de actividades individuales.
Fase 3: Guía N° 2 Clase teórica - práctica (4 hs reloj)	Situación problemática Conflicto Discusión en pequeños grupos Discusión Plenaria	Observación del trabajo en clase. Corrección de actividades individuales
Fase 4: Guía N° 3 Clase teórica-práctica y Laboratorio (4 hs reloj)	Situación ejercicio Técnica de la rejilla Conferencia	Observación del trabajo en clase.
Fase 5: Guía N° 4 Clase teórica-práctica y Laboratorio (4 hs reloj)	Situación ejercicio	Observación del trabajo en clase. Corrección de actividades por grupo.
Fase 6: Seminario (4 hs reloj)	Método investigativo Búsqueda parcial Conflicto Discusión Plenaria	Exposición grupal Técnica del PNI

Esta propuesta tiene en cuenta que las habilidades y destrezas de los alumnos, se formen y desarrollen a través de las actividades de ejercitación.

En cada trabajo práctico, las guías se elaboraron con actividades que involucraban los distintos tipos de niveles del proceso de asimilación: familiarización, reproducción, producción y creación (Galperín, op.cit.); y con el fin de afianzar habilidades, se tuvieron en cuenta las tres etapas: material o materializada, verbal y mental (Leontiev, op.cit.). Con esto se asegura la participación-acción del alumno dentro de un marco de “interacción social” (Vygotsky, op.cit.), ya sea desde la discusión entre pares, como desde el intercambio con el profesor.

El proceso de enseñanza transcurre en condiciones de trabajo en grupos –favoreciendo el trabajo cooperativo- a través del empleo de métodos y técnicas participativas, que revalorizan la participación activa del estudiante, y están especialmente dirigidas a lograr aprendizajes más significativos.

Partiendo de la premisa de Guzmán (1989), que “una corriente en educación matemática sostiene la necesidad de que el aprendizaje de la matemática no se realice explorando las construcciones matemáticas en sí mismo, sino en continuo contacto con las situaciones del mundo real, que le dan su motivación”, es que se planificó -para la última fase de la EM- un Seminario.

El seminario es una técnica más amplia que la discusión o el debate aunque puede incluir ambos en su desarrollo, y consiste en la búsqueda de hechos y conceptos en fuentes originales. Tiene por objetivo: analizar detenidamente un tema para sacar conclusiones aprobadas por los participantes y habilitar a los alumnos como “Expertos” mediante la preparación previa en un tema predeterminado o seleccionado.

Entre los métodos participativos empleados en el Seminario, se tuvo el método investigativo porque combina el trabajo independiente y la creatividad, y que con aplicación de los conocimientos adquiridos, consiste en dar participación directa y dinámica a los educandos en su proceso de aprendizaje. Este método da la oportunidad para que los alumnos actúen e investiguen por sí mismos, poniendo en juego sus aptitudes físicas y mentales generando en ellos una acción que resulta del interés, la necesidad o la curiosidad.

En este reporte se informa sobre las actividades llevadas a cabo en la última fase de la **EM**, que fue el Seminario como una forma de enseñanza aplicada solo al **GE**.

Los trabajos expuestos en el Seminario fueron facilitados por el docente a partir del cuarto encuentro. En ese momento se dieron las pautas a seguir para el análisis y discusión de los artículos elegidos, cuya temática trataba de distintas aplicaciones de la teoría fractal en las ciencias geológicas.

Se seleccionaron, a través de una evaluación, 11 artículos para el seminario (según una grilla diseñada para tal fin). Se constituyeron 11 nuevos grupos de dos, tres o cuatro integrantes, distintos a los de las clases prácticas, que se formaron espontáneamente y motivados por intereses comunes en cuanto al tema.

Durante toda la actividad, el profesor a cargo estuvo orientando, apoyando y ordenando el análisis de la información y la síntesis del trabajo de cada grupo.

Los seminarios fueron relatados a todo el grupo en el noveno y décimo encuentro. Cada presentación tenía una duración máxima de 20 minutos.

De esta manera cada equipo estableció sus metas y los procedimientos para abordar el artículo seleccionado, planificando sus actividades.

Se evaluó, en base a lo planificado, el trabajo del equipo, la exposición y discusión de los artículos expuestos siguiendo las pautas o lineamientos planteados; grilla que no se presenta por falta de espacio.

RESULTADOS

De acuerdo a la evaluación que se realizó a cada grupo, al exponer el artículo, se evaluaron los indicadores a través de las escalas definidas. Resultando una valoración mínima de cero (exposición Insuficiente) y una valoración máxima de nueve (exposición Excelente). Las valoraciones intermedias fueron, según las apreciaciones vertidas, en Regular, Bueno y Muy Bueno.

Valoración de los grupos y comentarios de las exposiciones:

Tabla 2

Valoración	Grupos	Comentarios
Regular	G5; G9	Falta de dominio en el tema expuesto. No buscaron información adicional. No utilizaron recursos didácticos. No mostraron interés ni entusiasmo con el artículo seleccionado. No responden a preguntas realizadas por el docente.

Buena	G4	Buen dominio en el tema expuesto. No hicieron una buena síntesis del artículo (no respetaron el tiempo estipulado). Realizaron buenos esquemas en la pizarra para una mejor comprensión de los oyentes
	G8	Realizaron una buena síntesis del artículo Falta de trabajo en grupo - cada participante se limitó a dar “la parte que le correspondía”. No utilizaron recursos didácticos
	G10	Regular dominio del tema expuesto, algunos conceptos estaban mal expresados. Respetaron el tiempo estipulado No utilizaron recursos didácticos No buscaron información extra.
	G1	No utilizaron recursos didácticos Buen dominio en el tema expuesto. Responden a preguntas realizadas por el docente.
Muy Bueno	G3	Utilizaron recursos didácticos No buscaron información extra Muy Buen dominio en el tema expuesto. No respetaron el tiempo estipulado
	G6	No utilizaron recursos didácticos Buen dominio en el tema expuesto. Responden a preguntas realizadas por el docente.
	G11	No utilizaron recursos didácticos Muy Buen dominio en el tema expuesto. Hicieron una muy buena síntesis del artículo
Excelente	G2, G7	Cumplieron con todos los indicadores para una excelente exposición.

Se observa que el 55% de los grupos presentaron una calificación MB o Exc.

Del análisis que resultó de la evaluación, se destacaron por el desempeño, seriedad y entusiasmo los integrantes del grupo G2 y G7.

CONCLUSIONES

La diversidad de actividades, llevadas a cabo en esta fase, propició que los alumnos llevaran a cabo procesos mentales de diversos niveles cognitivos: la observación, la comprensión, la aplicación, el análisis y la síntesis. También contribuyeron a generar el trabajo colaborativo, la automatización de algoritmos y la solución de problemas.

La instrumentación del tema de los fractales, utilizando métodos y técnicas participativas permitió al docente desarrollar una labor eficiente, creativa y directriz. A los alumnos se les exigió una participación y actividad a la que no están acostumbrados tradicionalmente.

Se potenció la iniciativa personal de los alumnos, quienes adquirieron actitudes, intereses, valores y hábitos formativos que le facilitaron los mecanismos precisos para regirse a sí mismo y para aprender a aprender, lo que mejora el perfil de cualquier egresado universitario.

Los estudiantes se mostraron muy motivados durante la realización de las actividades en el Seminario, surgieron muchas ideas e interrogantes que ellos fueron capaces de explorar e investigar por sí mismos.

De esta experiencia, tres alumnos continuaron investigando sobre la **GF** dentro del Programa de Formación de Recursos Humanos, en el área estudiantil de la FCN e IML, bajo la supervisión de la primera autora.

El desempeño académico promedio del **GE**, registrado por el sistema de evaluación continua en las fases anteriores de la experiencia, resultó superior al del **GC**.

Se detectó en el GC una falta de motivación y no se pudo verificar en los alumnos la transformación del pensamiento concreto al pensamiento abstracto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H., 1987. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. 2a ed. Trillas, México.
- DE GUZMÁN, M, 1989. Tendencias actuales de la enseñanza de la matemática. Separata de Studia Pedagogica, *Ciencias de la Educación* N°21, Salamanca. pp 19-26
- ESPER, L.; PÉREZ CARMONA, M.C.; D'HIRIART, J.; DE PAUL, M. ; CENTENO BURGOS, H.; ODSTRCIL, C. y DÉCIMA, M.F., 2002. Un Modelo Integrador entre Matemática, Física y Geología. XV Congreso Geológico Argentino, Calafate.
- GALPERÍN, P. YA, 1983. Sobre la formación de los conceptos y de las acciones mentales. *Lecturas de Psicología y Pedagogía*. La Habana.
- GÓNZALEZ, M, 2000. Acciones tomadas para el perfeccionamiento de una asignatura. IV Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Matemática, La Habana.
- LEONTIEV, A.N.,1978. *Actividad, conciencia y personalidad*. Ediciones Ciencias del Hombre, Buenos Aires.
- MANDELBROT, B., 1977. *La Geometría Fractal de la Naturaleza*. Traducción de J.Llosa. Ed. Tusquets, España.
- MANDEVILLE, P. B.(2001): Fractales en Medicina. Boletín Informativo de la Facultad de Medicina Universidad Autónoma de San Luis Potosí Vol. 44. Núm. 2 Pp 60- 83
- PÉREZ CARMONA, Ma. del C. y ESPER, L. B. (2002): Una Experiencia Innovadora e Interdisciplinaria entre las Ciencias Básicas (Matemática, Física) y Geología. VI Reunión de Didáctica de la Matemática del Cono Sur, Buenos Aires.
- PIAGET, J., 1978. *Psicología del niño*. Madrid, Ediciones Morata, 131-150.
- STROGATZ, S., 1994. *Nonlinear Dynamics and Chaos: with applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering*. Addison-Wesley Publishing.
- VIGOTSKY, L., 1978. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica, Barcelona, España.