

**EL APRENDIZAJE DE LAS ROCAS ÍGNEAS CON UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA***The learning of the igneous rocks with an constructivist approach*

Arturo Andrés Hernández (\*), Ulises Mestre (\*\*) y María Elena Castillo (\*\*\*)

**RESUMEN:**

*En el trabajo se expone una metodología para la organización del proceso de enseñanza - aprendizaje con el fin de conducir, de manera consciente, el desarrollo de la habilidad prevista en función del nivel de asimilación de los contenidos. La metodología se basa en el modelo de la estructura funcional, la que constituye una estrategia para la formación de habilidades por medio de la resolución de problemas. Se ejemplifica en el caso de la enseñanza de la unidad didáctica "Rocas Ígneas" de la asignatura Petrología en el curriculum del ingeniero geólogo.*

**ABSTRACT:**

*In this paper it is presented a method to arrange the learning - teaching process in order to manage, consciously, the development of some practical ability in relation to the assimilation level of the contents. The method is based in the ability functional structure's model, which becomes in a strategy for the development of abilities throughout the problem solving. It is given an example in the case of the unit "Igneous rocks" for the geological engineering career.*

**Palabras claves:** *Constructivismo. Aprendizaje. Problema. Didáctica de la Geología. Didáctica de la Petrología.*

**eywords:** *Constructivism. Learning. Problem. Geology Didactics. Petrology Didactics..*

**INTRODUCCIÓN**

Un análisis somero del proceso de aprendizaje de nuestros estudiantes permite detectar limitaciones que se manifiestan en la falta de dominio y profundidad de las habilidades en la resolución de problemas teóricos.

La insuficiente sistematización en la formación de habilidades en la resolución de problemas profesionales, es un negativo y complejo fenómeno en el que los elementos de carácter didáctico y metodológico resultan primordiales, ya que de ellos depende, en gran medida, la posibilidad de reducir esas dificultades.

Las causas que generan este problema son varias y de diversa índole, no obstante, centraremos nuestra atención solamente en dos de ellas, por considerarlas factores determinantes:

- Los inapropiados métodos de enseñanza-aprendizaje que se emplean para el desarrollo de las habilidades,

- La ausencia de una adecuada sistematización en los problemas a que se enfrentan los estudiantes durante las clases prácticas, y a través de cuya solución, se formarán las habilidades.

En el trabajo se expone una metodología que, como resultado de varias investigaciones, se elaboró para la estructuración de familias de problemas y

la organización del proceso docente con el fin de conducir conscientemente el desarrollo de la habilidad prevista en los objetivos en función de los niveles de asimilación de los contenidos.

El punto de partida de nuestro modelo es la estructuración de la disciplina en términos de objetivos y contenidos (conocimientos y habilidades), por lo tanto, en su diseño están presentes de forma interconectada elementos tales como el modelo del profesional, sus modos de actuación y la lógica de la ciencia en que se basa la disciplina docente.

La estructuración de las disciplinas en unidades didácticas contribuye a la formación de una determinada habilidad de aplicación al estar presidida por un objetivo de carácter trascendente en el que debe explicitarse la habilidad a formar y su nivel de sistematización. Luego de precisar las habilidades que se pretenden desarrollar en cada unidad, se hace necesario proyectar sus estructuras funcionales, lo cual permitirá dirigir y controlar por el docente el proceso de formación.

La estructura funcional de una habilidad (fig.1) podrá representarse como una sucesión temporal de las operaciones componentes de las habilidades, con su correspondiente nivel de sistematización dado por el conjunto de tareas que el estudiante debe cumplir para ejecutar cada operación.

(\*) Dep. de Geología. Univ. de Pinar del Río. Calle Martí no. 270 final. Pinar del Río. Cod. 20100. Cuba. e-mail: [peda98@upr.edu.cu](mailto:peda98@upr.edu.cu)

(\*\*) Cátedra de Estudios de Didáctica. Centro Universitario de las Tunas. Cuba.

(\*\*\*) Grupo de Estudios de la Educación Superior. Instituto Superior Pedagógico de Pinar del Río. Cuba.

En el proceso de asimilación de una habilidad se establecen etapas caracterizadas por un grado de independencia cada vez mayor del estudiante respecto al profesor, a medida que el objeto estudiado se hace más rico, hasta el límite establecido por el grado de profundidad declarado en el objetivo de la unidad didáctica, el cual determina las características del denominado **problema propio** y se identifica con los máximos dominio y sistematicidad previstos. Éste constituye una generalización de los problemas docentes, en el que se recoge la complejidad del contenido de la unidad, en conocimientos y habilidades; además de que en él se generaliza el método de resolución.

En cada unidad didáctica se produce un incremento cuantitativo de la complejidad del objeto de estudio, ya que el número de tareas que el estudiante debe cumplir para ejecutar cada operación va en aumento hasta cumplir las exigencias del problema propio.

El proceso de sistematización de una habilidad, en general, no termina en un tema, sino que al ser retomada en un tema posterior, donde el objeto de estudio se ha enriquecido aún más, hasta sufrir un cambio cualitativo; se repite un proceso similar, a partir del nivel de sistematización precedente, transitándose por estadios de complicación paulatina del objeto en un proceso de asimilación que lleve al estudiante a un nuevo y más elevado nivel de sistematización.

De este modo, en la integración de temas de una asignatura y disciplina, se va logrando la formación de habilidades con un alto nivel de sistematización, que lleguen a contribuir a la formación de los modos de actuación del profesional.

Es conveniente destacar que sólo con el enfrentamiento a situaciones nuevas no se garantizan los niveles de dominio deseados, para ello se requiere de un proceso posterior de ejercitación, a lo largo del cual se van haciendo más precisas y menos desplegadas las operaciones.

Con la ejercitación de cierto tipo de problema se alcanza un determinado nivel de dominio, que es transferido durante el enfrentamiento a una nueva situación, más compleja que la anterior y, por lo tanto, resulta insuficiente para resolverla. Esta contradicción esencial permite el salto cualitativo en la sistematización de los contenidos y deviene en fuerza motriz del desarrollo de las capacidades cognitivas del estudiante.

El modelo de la estructura funcional para las Rocas Igneas constituye una estrategia para la formación de habilidades en la resolución de problemas. La conformación de una familia de problemas tomando como punto de partida este modelo le confiere un carácter dinámico a la misma.

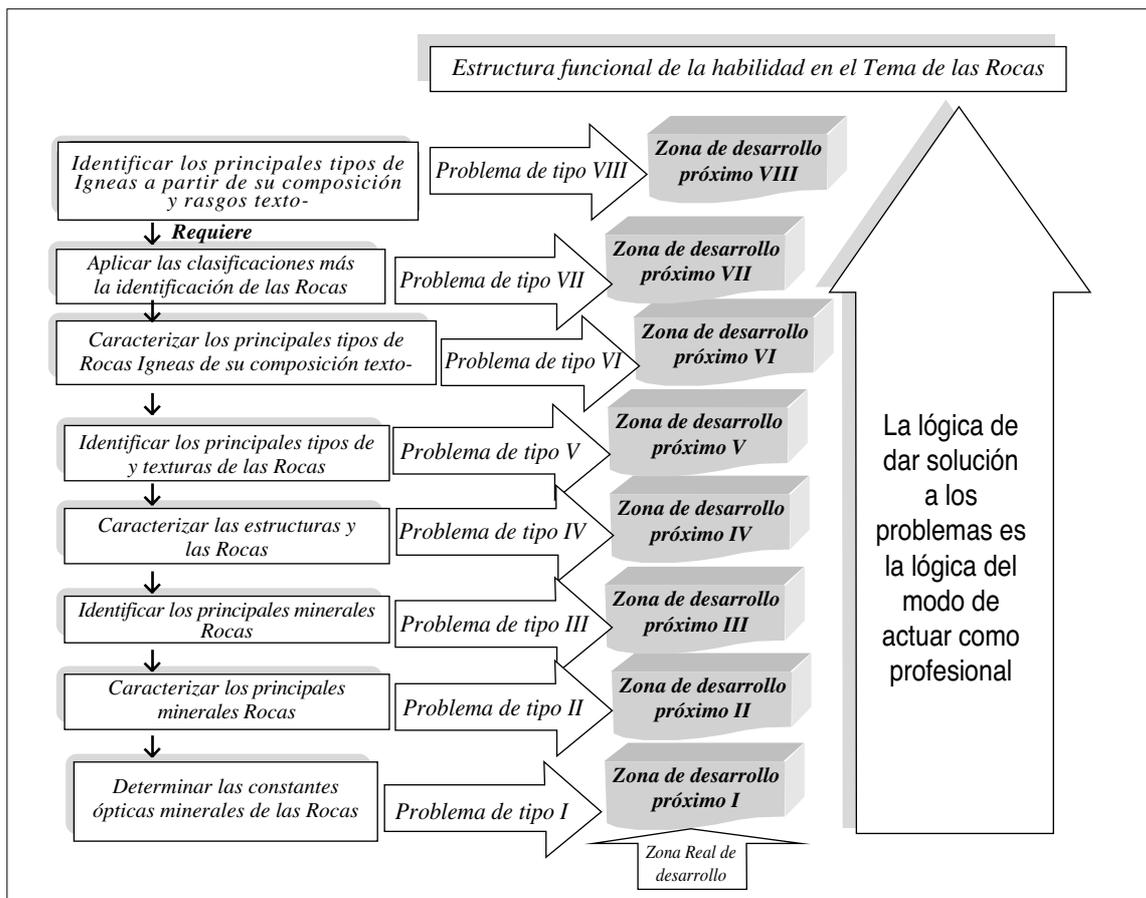


Figura 1. Estructura funcional de la habilidad en el Tema de las Rocas.

## DESARROLLO

En el caso específico del tema de las Rocas Igneas, el aprendizaje constructivo a través de la estructura funcional de la habilidad, nosotros lo concebimos a partir de las ideas de Vigotsky sobre las Zonas de Desarrollo Próximo (Z. D. P) (Hernández. A y Castillo. N 1998) y el Nivel Real de Desarrollo (N. R. D), ambos conceptos son muy importantes para que los estudiantes desarrollen habilidades, asimilen los conocimientos, desarrollen capacidades, la lógica de actuar y de pensar que contribuirán a la formación de su personalidad a través de los valores relacionándolos a la actividad profesional, mediante el desarrollo de modos de actuación desde el tema docente que se integren a la asignatura y que contribuirán en el año académico, al modo de actuación del profesional, dándose aquí la relación entre la ciencia, la docencia y la profesión.

¿Qué es el Nivel Real de Desarrollo?

Son los productos finales del desarrollo. Es cuando un estudiante realiza una tarea de forma independiente. Este N. R. D nos ayuda a determinar el estado inicial del estudiante en relación a los conocimientos previos que trae de las asignaturas precedentes, en nuestro caso de Geología General, Mineralogía, Geotectónica y las prácticas docentes de 1ro. y 2do. años (modos de actuación).

¿Qué son entonces las Zonas de Desarrollo Próximo?

Según Vigotsky la zona de Desarrollo Próximo..... "no es otra cosa que la distancia entre el nivel de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero capaz" (Vigotsky, 1993, p. 133, citado en Akudovich, 1997, p. 17).

A través de la estructura funcional de la habilidad en el tema, y la creación de zonas sucesivas de desarrollo próximo nos permitirá explicitar las relaciones que se da entre grado de dificultad de la familia de problemas, grado de independencia del estudiante, la integración de habilidades lógicas, el proceso de integración y sistematización, la lógica del tema dado por la lógica de la habilidad y la contribución a la lógica del modo de actuación del modelo del profesional en el tercer año de la carrera.

¿Cómo concebimos el diseño del aprendizaje de los estudiantes en el tema las Rocas Igneas?

Antes de presentar el nuevo contenido a los estudiantes, lo primero que debemos hacer es la determinación del nivel de desarrollo real, o sea el conocimiento, las habilidades y las actitudes que trae el estudiante de las asignaturas precedentes para así tener una idea de las capacidades que trae cada uno de los alumnos antes de empezar la asignatura. A continuación se pasará a la primera etapa en el proceso de desarrollo de la habilidad, es cuando el profesor presenta el nuevo contenido a los estudiantes pero de tal forma que se expliciten las relaciones

con el precedente buscando desde aquí la motivación del estudiante y con los contenidos de las demás asignaturas del año y los contenidos del modelo del profesional, deberá quedar explícito la contribución del nuevo contenido a los modos de actuación profesional desde la Petrología y específicamente desde el tema de las Rocas Igneas.

La estrategia en el tema de las Rocas Igneas será mediante el enfrentamiento a la familia de problemas, desde el más elemental, hacia el problema propio de sistematización del tema (siguiendo la estructura funcional de la habilidad que determina la lógica del tema, se realiza mediante la creación de sucesivas zonas de desarrollo próximo, por donde los alumnos irán transitando, asimilado el conocimiento necesario y a través de las nuevas soluciones desarrollar sus capacidades y enriquecer el objeto.

Ya que la sistematización es una relación ascendente entre el nivel de profundidad, que se revela en el objeto, y el nivel de asimilación del sujeto, entonces, un incremento de la complejidad del objeto, de su riqueza, irá acompañado de un aumento de los componentes de la habilidad, de la profundidad del análisis, requiriendo de mayor precisión en las operaciones; en correspondencia, el sujeto se verá obligado, ante el enfrentamiento de nuevos problemas a dar saltos cualitativos en su proceso de asimilación.

Aquí el proceso de sistematización se va dando a medida que el estudiante va transitando por las sucesivas zonas de desarrollo próximo, el objeto se va profundizando y enriqueciéndose; considerándose que en el tema será un incremento cuantitativo de la complejidad del objeto de estudio, ya que el número de tareas que el estudiante debe cumplimentar para ejecutar cada operación va en aumento hasta cumplir las exigencias del problema propio, aquí también el estudiante va sufriendo cambios cualitativos al desarrollar capacidades a través de las cuales irá conformando su personalidad.

Al concluir el tema se deberá haber logrado el nivel de sistematización de la habilidad de aplicación, al hacerse el objeto todo lo complejo que se previó en el objetivo y haberse logrado su asimilación por parte del estudiante. Sin embargo el proceso de sistematización de la habilidad, en general, no termina en el tema, sino que será retomado en los otros temas, así se irá enriqueciendo el objeto de estudio de la asignatura, el segundo nivel de sistematización del proceso docente educativo y en el año su sistematización en el modelo del profesional, al enriquecerse el objeto y contribuir a los modos de actuación del profesional a ese nivel, tercer año de la carrera de Geología; aquí la habilidad ya posee un alto nivel de sistematización.

En el caso de las Rocas Igneas la primera familia de problemas a resolver a través de la estructura funcional de la habilidad del tema es la identificación de los minerales, a través de las constantes ópticas(fig.2)

Ya los estudiantes han aprendido a manipular el microscopio (Mineralogía I), pero todavía presen-

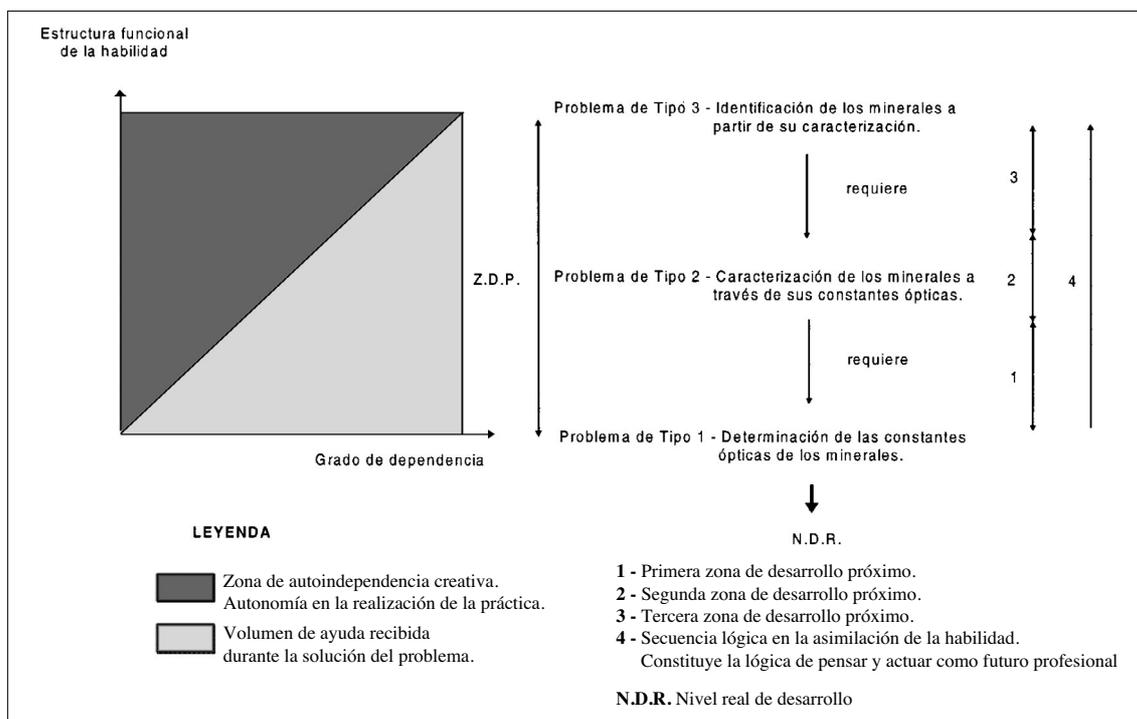


Figura 2. Relación entre la estructura funcional de la habilidad y el grado de dependencia del estudiante al identificar los minerales

tando dificultades, también aprendieron a determinar las constantes ópticas, pero todavía tienen dificultades en su aprendizaje, detectadas a partir de un examen antes de comenzar el estudio del tema y es requisito de aprendizaje, consideramos a esta acción de determinar que nos proporciona la primera Zona de Desarrollo Próximo, por la que tendrán que transitar los estudiantes, que guarda estrecha relación con el nivel real de desarrollo; aquí la ayuda del maestro va a ser individual y va a estar en dependencia del nivel de cada uno de los aprendices; van a existir tantas Zonas de Desarrollo Próximo como alumnos en la clase.

Con esta primera Zona de Desarrollo Próximo, van a relacionarse los problemas de primer nivel, que constituyen situaciones particulares muy simples, con un mínimo grado de complejidad y riqueza del objeto, el estudiante se enfrenta al problema pero dependiendo de la ayuda del profesor, este nivel de ayuda será alto, el estudiante aunque aplicando el método de solución de problemas es muy dependiente. El estudiante determina las constantes ópticas de cada uno de los minerales (problemas) que le presenta el profesor, el modo de resolverlo será el mismo, y será su modo de actuación profesional (inductivo), desde los problemas más elementales del tema hacia los más complejos. Aquí se le presentarán tantos problemas como minerales principales (Cuarzo, Ortosa, Microclina, Sanidina, Plagioclasas, Olivinos, Piroxenos, Anfíboles, Micas), de ahí que deban planificarse clases prácticas suficientes para que los estudiantes se apropien de la habilidad, venciendo la primera Zona; o sea, se da un proceso paulatino donde comienza la primera

etapa de la formación de capacidades en el estudiante y a través de ellas la formación de su personalidad. Desde aquí, y teniendo en cuenta el grado de motivación que el profesor haya logrado despertar en el estudiante por el nuevo contenido, entonces este va a sentir suyo ese contenido, y va a comenzar a construir su propio conocimiento, haciendo el método suyo, personalizándolo pero en estrecha relación con el medio en que se desarrolle, la actividad apoyándose en la comunicación entre los estudiantes, y entre los estudiantes con el profesor, creándose un ambiente para que se desarrolle la colaboración, pero colaboración con independencia, que es lo que permite la formación de capacidades individuales con valores de saber hacer, la eficiencia, la estética, la dignidad, capaces de formar un profesional competente con modos de actuación profesional propios.

De la motivación lograda a través de la organización de los contenidos y de la manera en que se les presentan a los estudiantes, que deben responder a la lógica de la profesión, sin romper con la lógica de la ciencia, es decir, la ciencia en función de la profesión.

Vencida esta primera Zona de Desarrollo Próximo, el estudiante ya posee las herramientas para a través de la identificación de cada constante óptica de mineral, y caracterizarlo, por supuesto que él todavía presentará dificultades con la determinación de las constantes ópticas, ya han entrado en la Zona 2, por lo que el nivel de ayuda del profesor y entre los mismos estudiantes será diferenciado, aquí se dará el caso de que algunos estudiantes se van quedando más rezagados y otros, los más capaces avanzarán

con mayor rapidez. La solidaridad del estudiante más aventajado con el de menos capacidad para resolver los problemas, contribuye al desarrollo de capacidades de ambos. Aquí también el alumno podrá, a medida que va caracterizando a varios minerales, orientado por el profesor al comienzo, y comparando los minerales a partir de las propiedades que son esenciales para su identificación; comparación que desarrolla la abstracción, y el estudiante comienza a generalizar. Por ejemplo: ¿Qué minerales presentan bajo índice de refracción?, ¿cuáles son incoloros?, ¿cuáles presentan pleocroísmo?, ¿cuáles presentan birrefringencia elevada y cuáles baja?.

Es decir que, el desarrollo del pensamiento lógico no es solo función de la matemática o de la física, sino que, las asignaturas de la especialidad también son muy útiles y responsables de contribuir al desarrollo del pensamiento lógico y a los modos de actuación profesional, a través de los métodos de aprendizaje que se utilizan y más aún cuando todo el proceso de asimilación los estudiantes lo adquieren a través de un proceso consciente de construcción de sus propios conocimientos.

En esta segunda etapa en el desarrollo de la habilidad, el grado de complejidad de los problemas será mayor en el objeto, ya que este último se irá enriqueciendo, integrándose, el estudiante ganando en independencia y el deseo de aprender debido a esa autonomía lo hace moverse con más soltura, lo que contribuye a sentirse más capaz y consciente de que puede dar solución a los problemas que en un futuro tendrá que resolver, en su esfera de actuación como un profesional.

Hay una contradicción que se da a medida que él requiere más esfuerzo para dar solución a los problemas cuando avanzamos en el grado de complejidad de la estructura funcional de la habilidad y por lo tanto necesitará más motivación para compensar ese desgaste (Pozo, 1996, p. 177), la motivación por la profesión, siempre que esté clara servirá de gran aliciente para sentirse motivado a seguir avanzando hacia la siguiente Zona. Así van venciendo la segunda Zona y se enfrentarán a la Zona de Desarrollo Próximo 3, a la identificación de los minerales a partir de la caracterización realizada. En este caso los estudiantes aprenderán a identificar los minerales utilizando las propias tablas construídas por ellos mismos, auxiliándose además por las tablas que aparecen en los libros de textos y por las descripciones de los minerales, cuando ellos, con la ayuda del profesor en los primeros momentos y casi independiente o con un ínfimo nivel de ayuda, son capaces de identificar los minerales.

La segunda etapa comienza con el problema de la identificación de las texturas a través de las características morfológicas internas de las rocas, tales como el tamaño de sus granos minerales, los contornos de los mismos y sus relaciones mutuas.

Para la caracterización de las texturas de las rocas, vamos a tener en cuenta cuatro factores:

1. Grado de cristalización o cristalinidad de las rocas.

2. Tamaño de los granos.
3. Forma de los granos.
4. Relaciones mutuas entre los granos cristalinos o entre estos y la materia vítrea.

La estructura funcional de la habilidad de la identificación de las texturas a través de estos cuatro factores es la siguiente (fig.3).

En esta segunda etapa el estudiante se enfrenta al primer problema de la determinación de los factores a través de los cuales irá caracterizando a la roca, pero aquí, antes de esto, tendrá que en ese mismo problema primeramente identificar los minerales, dándose aquí el primer nivel de integración y sistematización, es de vital importancia que ellos mismos en la construcción del conocimiento descubran que la lógica de la profesión está dada por la lógica de enfrentar y resolver los problemas y lleva implícita la lógica de la ciencia, e irá asimilando los conocimientos de una forma relacionada, o sea, los minerales guardan una estrecha relación con las texturas, siendo los minerales los primeros en cristalizar del magma y de su tamaño, relaciones mutuas, contornos que le servirán para determinar la textura de las rocas que a la vez con el nivel de ayuda del profesor y demás compañeros, irá relacionando con su génesis.

Aquí es importante que los profesores busquen la motivación de los estudiantes a través de la relación que se da entre la textura - génesis de las rocas y posibles yacimientos minerales asociados, aquí se debe tener en cuenta la relación ciencia - profesión.

Ya caracterizada la roca con la ayuda de tablas, fotos, figuras que le servirán para identificar los distintos tipos de texturas. Identificando los tipos texturales, venciendo las sucesivas zonas de desarrollo próximo y construyendo su propio conocimiento de manera consciente habrán vencido la segunda etapa en la estructura funcional de la habilidad, y antes de identificar las rocas tendrán que vencer la tercera etapa que es la de aprender a utilizar las distintas clasificaciones empleadas en las rocas ígneas para su identificación; una vez dominada esta etapa, los estudiantes dispondrán de los elementos esenciales para enfrentarse a la última etapa (cuarta etapa) en la estructura funcional de la habilidad que es la identificación de las rocas ígneas a través de la composición mineralógica, composición química y rasgos estructuro - texturales.

Aquí, en esta etapa, el estudiante enfrentándose a los nuevos problemas propios o problemas del tercer nivel que constituyen situaciones con un máximo grado de complejidad en el objeto, a través de las cuales se generaliza el modo de actuar en la solución de los problemas propios cuando el estudiante es capaz de resolverlo de manera independiente habrá alcanzado el grado de dominio y profundidad de la habilidad que preside el tema y estaría en condiciones de resolver problemas similares que se le presenten en la profesión, que su solución les permitirá continuar enriqueciendo el objeto pero si el proceso de aprendizaje de los contenidos es un proceso dinámico de aproxima-

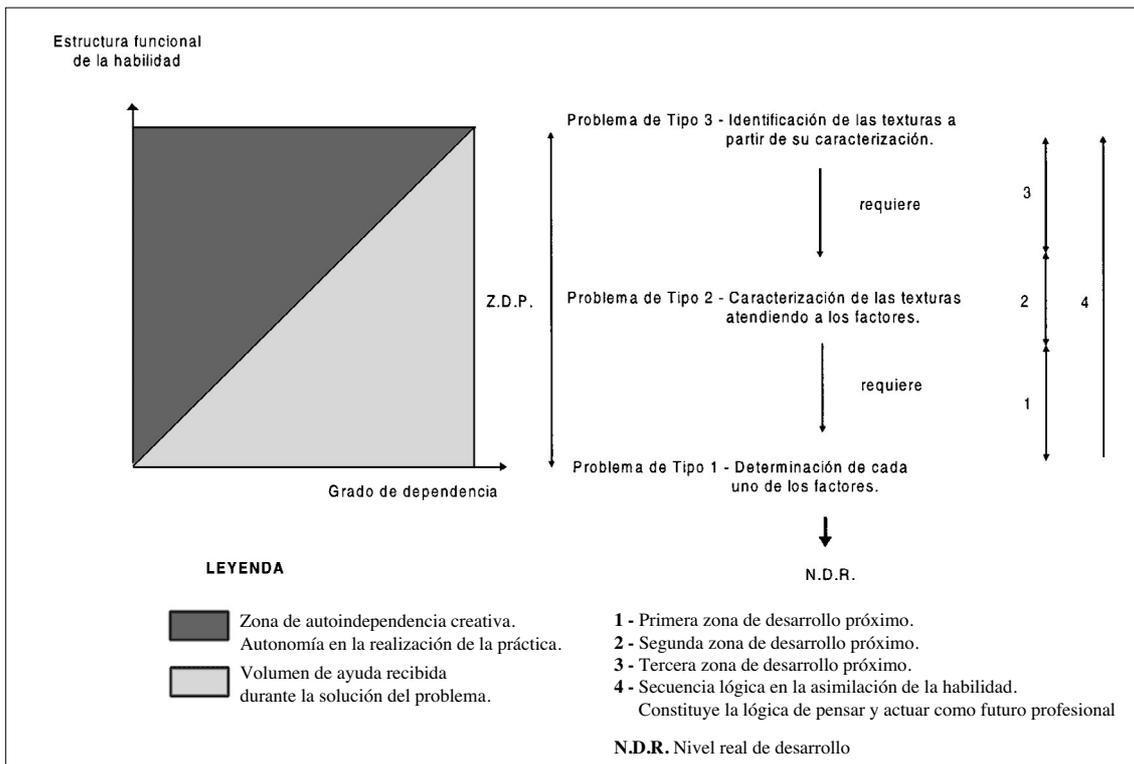


Figura 3. Relación entre la estructura funcional de la habilidad y el grado de dependencia del estudiante al identificar las texturas y las estructuras.

ción progresiva, que no tiene fin; podemos concluir que el estudiante después de vencida la Zona de Desarrollo Próximo con relación a un determinado contenido ésta persistirá toda la vida, pues siempre estará en construcción. (Henández, A; Castillo, M. 1998).

Aquí en esta etapa el estudiante enfrentándose a los nuevos problemas propios de aplicación del tema, la lógica a seguir para su solución será la lógica del modo de actuar del profesional, primero identificando los minerales, luego las texturas, aplicar las clasificaciones adoptadas e identificar las rocas que será la misma a emplear en cualquier problema profesional; el estudiante se apoyará de las ciencias que le sirven de fundamento, pero integrándolas en la lógica de la profesión en el camino lógico de la resolución de los problemas, sistematizándolos al nivel de tema y de asignatura.

A través del tema docente de las Rocas Igneas, el estudiante podrá demostrar actitudes, sustentado en un sistema de valores, fundamental para el egresado como parte de la autorrealización individual, adquiere un compromiso con su profesor y ante la sociedad que orienta su actividad. Resolviendo la familia de problemas del tema se identifica con la realidad social, responsabilidad individual y colectiva, solidaridad cuando resuelve y ayuda a sus compañeros menos diestros, honestidad, modestia, seguridad en sí mismo e iniciativa propia, preocupación por la conservación del medio ambiente, sentimiento por la calidad y la excelencia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anatolievna, S. (1997). Validación preliminar de la prueba de A. Ivanova: "Clasificación de figuras geométricas". Tesis de Master en Ciencias de la Educación. CE-LAEE. Ciudad Habana.
- Del Carmen, L. (1996). *El análisis y secuenciación de los contenidos educativos*. Editorial Horsori. Universidad de Barcelona.
- Hernández, A (1996). *La lógica del tema y su relación con la formación del sistema de conocimientos y habilidades en la asignatura Petrología*. Tesis para optar al grado de Master en Ciencias de la Educación Superior. Pinar del Río.
- Hernández, A. y Castillo, M. E (1998a). *La zona de desarrollo próximo en el aprendizaje del metamorfismo*. Revista Minería y Geología. Moa, Holguín. Número 1.
- Hernández, A. y Castillo, M. E (1998b). *Aproximación a una idea: La secuenciación de los contenidos en el tema de las rocas Igneas: Un enfoque cognitivista*. Revista Minería y Geología. Moa, Holguín. Número 2.
- Hernández, A (1998). *La lógica del tema y su relación con el contenido en la asignatura Petrología*. Convención Internacional Universidad 98'. Pinar del Río. Cuba.
- Mestre, U. (1996). *Modelo de organización de la disciplina Física General para el desarrollo de habilidades profesionales en los estudiantes de ciencias técnicas*. CEES Manuel F. Gran. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.
- Mestre, U., Fuentes, H., Alvarez, Y., (1998). *Modelo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas en la resolución de problemas*. Ponencia presentada en la Convención Universidad 98. Pinar del Río.
- Pozo, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Editora Alianza. Madrid. ■