

Un modelo sistémico de la estructura cognitiva

Jorge Luis Araneda A. Ph. D. - jorgelaraneda@gmail.com

1. [Presentación](#)
2. [Pensamiento y aprendizaje](#)
3. [El modelo de estructura cognitiva](#)
4. [El modelo de estructura cognitiva y la prueba de los sistemas lógicos](#)
5. [Invitación](#)

1.0.- PRESENTACIÓN.-

En los últimos años la Psicología del Aprendizaje ha tenido enormes progresos. Sin duda que los tres centros más importantes de esos avances son las escuelas norteamericanas con J. Dewey, Skinner y Gardner, la escuela suiza con J. Piaget y la escuela de Moscú con P.I. Galperin. Profundas diferencias ideológicas y filosóficas los separan, tanto a ellos como a sus seguidores, sin embargo entre sus posiciones existen muchos puntos de unión, tantos que sus teorías y modelos llegan a complementarse muy bien al enfrentar el abordaje y la solución de los problemas pedagógicos de la práctica diaria de los profesores estudiosos. Y una vez más se constata que la verdad es multicolor.

El exponencial aumento de los conocimientos científicos que la Ciencia aporta a la Humanidad en nuestros días, otorga en el carácter de "urgente" a la búsqueda de los más eficientes métodos para el aprendizaje de las ciencias en todos los niveles de la Enseñanza, tanto escolar como superior.

Las características del proceso mediante el cual haya tenido lugar el aprendizaje son las que, en definitiva, dan mayor o menor eficiencia al mismo proceso de aprender. El concepto de "eficiencia" lo referimos a la medida en que facilite los aprendizajes posteriores, en que optimice los cambios en los conocimientos ya adquiridos a la luz de nuevos descubrimientos, en que estimule la búsqueda de respuestas; en resumen, a la capacidad de "Aprender a Aprender", condición *sine qua non* del hombre civilizado del siglo XXI.

Es obvio que para poder actuar sobre la dirección en que se desarrolla un proceso, para poder modificar su velocidad, debemos conocer cuáles son los componentes del proceso y saber qué tipo de relaciones se establecen entre esos mismos componentes.

Cuando se trata de analizar el proceso del aprendizaje, es necesario descomponerlo en sus partes, así como hace el anatomista en sus disecciones; luego se requiere recomponer el conjunto de sus relaciones estructurales y causales, tal como hace el matemático al crear modelos.

La dificultad estriba en lograr una síntesis operacional que permita obtener conclusiones proyectables con relativa facilidad al que-hacer práctico; los intentos de lograr la referida síntesis conlleva implícitos los riesgos tanto de la mecanización del proceso como de una simpleza estéril.

El presente trabajo comunica un modelo sustentado en una hipótesis, hasta ahora vigente, basada en observaciones y experimentación realizadas con niños y adolescentes chilenos, provenientes de hogares con distintos niveles culturales, diferentes normas de vida e intereses.

Los experimentos se hicieron en el marco del Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico¹, por ser este, hasta hoy, el más eficiente método de aprendizaje de las Ciencias Naturales contemporáneas y su proyección a los años 2.000.

El modelo que exponemos ha sido probado en aprendizajes de Biología, disciplina con la cual fue formulado. Además de esa asignatura, ha sido eficiente en aprendizajes de Matemática, Castellano, Geografía, Historia Universal y de Chile, en Enseñanza Básica y Media. Ha sido empleado por profesores de un colegio de la Séptima Región; su validez está avalada por los excelentes resultados obtenidos por varias generaciones de estudiantes en mediciones realizadas por el autor, por el Ministerio de Educación (Pruebas P.E.R., SIMCE) y los procesos de admisión a la educación superior (P.A.A. y P.C.E.) .

El modelo expuesto se apoya en la Teoría de Sistemas, la cual suministra el marco teórico referencial y en la Teoría de los Sistemas Lógicos, la cual entrega los instrumentos que permiten, en

¹ Se refiere al ámbito escolar y a descubrimientos programados mediante el empleo de un Algoritmo del Descubrimiento. No es, por tanto, descubrimiento sustentado en el azar, sino que mediante el desarrollo del Algoritmo, los alumnos descubren hechos que les llevan a conceptos, principios, teorías o leyes.

conjunto, el análisis del proceso de aprendizaje, su síntesis conservando la relación dialéctica que entre ellos existe, y posibilita la formulación del modelo.

Un modelo debe dar cuenta del proceso en su conjunto, cubriendo todas las facetas conocidas del proceso y debe tener, además, la capacidad de anticipar el comportamiento de lo modelado en nuevas condiciones. La validez del modelo está regulada por la concordancia de las predicciones que el modelo haga con lo que ocurre en la realidad con el fenómeno modelado. La prueba de la blancura de los modelos la da su carácter anticipatorio.

2.0.- PENSAMIENTO Y APRENDIZAJE.

El pensamiento se realiza mediante operaciones mentales que, siendo diversas, interactúan y se superponen entre ellas. Las principales operaciones del pensamiento son Análisis - Síntesis - Abstracción - Generalización. Estas operaciones de nivel superior se sustentan en operaciones de nivel inferior : Clasificación, Comparación, Asociación, Disociación, Ordenación, Deducción, Inferencia, Inducción. Además se cuenta con la participación, activa e indispensable de la memoria, imaginación y lenguaje.

Estas operaciones están presentes en todo pensamiento. Adquieren diferentes niveles en las distintas personas, conforme a la propia historia de la vida intelectual de cada individuo.

Así, el pensamiento resulta ser un complejo formado por funciones psíquicas y operaciones mentales internalizadas a través de su reiteración. La formación del pensamiento es, en sí misma, un proceso; se inicia con los reflejos hereditarios, pasa por reflejos adquiridos, por operaciones concretas y culmina con las operaciones formales.²

Los hombres al nacer llegamos a la civilización con un substrato biológico y un enorme potencial psicológico. Las vivencias de cada uno en su relación con su medio ambiente natural y socio-cultural permiten transformar esas potencialidades en Aptitudes, Capacidades y Habilidades. Si bien somos semejantes al nacer, nos diferenciamos tempranamente debido a que nuestro particular medio ambiente socio-cultural nos estimula más en un aspecto que en otro.

Los conocimientos que un hombre posee se encuentran en su mente con algún grado de organización. Es el nivel de organización lo que les otorga mayor o menor funcionalidad; si están armónicamente integrados, sus relaciones serán dinámicas y el conjunto conformará una estructura cognitiva flexible y abierta, capaz de integrar nuevas informaciones³. Si sus relaciones no son armónicas, los conocimientos no se integran entre sí, lo que da a la estructura cognitiva características de rigidez y concreción y el sujeto tiene serias dificultades para adquirir nuevos conocimientos sin el concurso predominante de la memoria⁴.

En la estructura cognitiva formada mediante el Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico existen Invariantes Operacionales, cuya presencia es indispensable para dar a los conocimientos una ordenación que permita establecer relaciones dinámicas que posibiliten la incorporación armónica e integrada de nuevos conocimientos, dando al olvido un carácter selectivo.

Los invariantes operacionales actúan en cualquier aprendizaje no memorístico. Cuando se adquieren y forman mediante el Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico asumen, como peculiaridad, un rol conductor en el proceso mismo de aprendizaje.; esto posibilita al adquisición de estrategias y métodos de abordaje de situaciones por sobre la adquisición de informaciones finitas y respuestas pre-elaboradas.

El proceso de Aprendizaje por Descubrimiento heurístico presenta como invariantes operacionales las siguientes operaciones:

- ⇒ Observar
- ⇒ Problematizar
- ⇒ Formular Hipótesis
- ⇒ Experimentar.

² Es la teoría de Jean Piaget, ya suficientemente demostrada por la praxis docente.

³ El mecanismo fue descrito por J. Piaget y P. Galperin

⁴ Es la información que está en la memoria, sin ser comprendida y sin contribuir a la comprensión del fenómeno al que se presupone asociada

Esas operaciones pueden estar en el Nivel de Capacidad o de Habilidad. Desde el punto de vista del aprendizaje mismo, en cuanto proceso, el nivel en que se encuentren no tiene importancia; Sin embargo, en nivel de desarrollo que tengan, adquiere un valor relevante desde el punto de vista de la eficiencia del estudio que el sujeto realice, con el fin de lograr aprendizajes.

Las operaciones señaladas se realizan y ejercitan en la práctica del laboratorio. Allí influyen, además, las relaciones que existen entre los alumnos y entre estos y el profesor.

Los Invariantes Operacionales ya identificados tienen distintos niveles de desarrollo en los distintos sujetos. Esto es consecuencia directa del nivel que cada individuo logre en las operaciones básicas concretas sobre las cuales se sustentan los Invariantes Operacionales :

- ◆ Medir
- ◆ Usar Relaciones espacio - temporales
- ◆ Formular Preguntas
- ◆ Plantear Problemas
- ◆ Identificar Variables
- ◆ Controlar Variables
- ◆ Clasificar
- ◆ Comunicar Resultados

Los desniveles generados tanto en los Invariantes Operacionales como en las operaciones básicas concretas, son parte fundamental de la explicación de las llamadas "Diferencias individuales entre alumnos". Este es, entonces, un camino real y práctico para disminuirlas; y a su vez señala una vía para abordar el problema del mejoramiento de la calidad de la enseñanza.

3.0.- EL MODELO DE ESTRUCTURA COGNITIVA.-

El complejo constituido por las Operaciones del Pensamiento, por las capacidades y por las habilidades⁵ anteriormente señaladas, puede ser visto como la interacción entre subsistemas, cuyo conjunto forma el Sistema de Pensamiento.

En el Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico, la Estructura Cognitiva recibe nuevos conocimientos; este hecho produce modificaciones entre sus elementos por adición de otros que antes no estaban y cambian las relaciones entre los componentes. A su vez, el conglomerado formado por las Operaciones del Pensamiento, las capacidades y habilidades se integra a la Estructura Cognitiva transformándola en un sistema abierto.

La definición de Sistema que entrega L. von Bertalanffy : "Un conjunto de elementos que se encuentran en interacción", es demasiado amplia para ser útil en la práctica pedagógica. No señala otra característica que la integración, sin subrayar alguna particularidad que diferencie el Complejo Enseñanza - Aprendizaje, como sistema específico (o como subsistema) de otros sistemas socio - psico - biológicos. Se hace necesario, por lo tanto, caracterizar el referido Complejo, las Operaciones del Pensamiento y los Invariantes Operacionales desde el ángulo de la Teoría de Sistemas.

Las particularidades del proceso de Enseñanza - Aprendizaje a que nos referimos tienen dos dimensiones :

1.- En las relaciones humanas :

- ◆ Relaciones profesor - Alumnos de tipo democrático y de colaboración
- ◆ Relaciones alumno - alumno de tipo horizontal y de colaboración

2.- En la dimensión cognitivo - motivacional individual, aquí aparecen como aspectos específicos y sobresalientes :

- ◆ Relaciones establecidas entre : perceptos - Observar - Medir - Usar relaciones espacio-temporales - Comunicar
- ◆ Relaciones establecidas entre : Observar - Preguntas Problema⁶

⁵ Tanto las capacidades como las habilidades pueden estar desarrolladas o en proceso de desarrollo

⁶ Son preguntas cuya respuesta implica la identificación de variables. No es pregunta problema "¿Por qué sube la marea?". Una pregunta problema es "¿De qué depende la subida de las mareas?"

- ◇ Relaciones establecidas entre : Informaciones - Preguntas - Estructura cognitiva - Problema ⁷ - Identificación de variables - Control preliminar de variables - Formulación de Hipótesis.
- ◇ Relaciones establecidas entre : Formulación de Hipótesis - Control de Variables - Condiciones físicas y materiales disponibles - experimentación - Comunicación de Resultados.
- ◇ Presencia permanente de las operaciones del pensamiento : Análisis - Síntesis - Abstracción - Generalización.

Las condiciones físicas y materiales no constituyen una dimensión especial, en la enseñanza de las Ciencias Naturales siempre es posible realizar trabajos experimentales, incluso en las condiciones más precarias ⁸.

Cada una de las particularidades precisadas es un subsistema, integrante del Sistema de Aprendizaje por descubrimiento Heurístico.

Desde el punto de vista de las acciones didácticas el antedicho sistema tiene las características siguientes:

- Integra y consolida nuevas informaciones en la estructura cognitiva.
- Desarrollo flexible de la estructura cognitiva
- Actúan constantemente las operaciones de Análisis, Síntesis, Abstracción, Generalización.
- Desarrollo de la capacidad de transferir los conocimientos y habilidades desde un tema, o asignatura, a otro.

La tarea que los profesores de Biología deben abordar es lograr que se incorporen a la estructura cognitiva de sus alumnos, por una parte, nuevos elementos informacionales en tres planos:

- ◆ Conocimientos de Biología, como tales.
- ◆ Técnicas de trabajo de laboratorio
- ◆ Hábitos de trabajo
- ◆ Formas específicas de razonar

y, por otra parte, de aumentar en grado de flexibilidad de la estructura cognitiva misma.

Con las características señaladas de la estructura cognitiva y mediante las actividades que se realicen para alcanzar los objetivos pedagógicos indicados, la estructura cognitiva se transforma en “ESTRUCTURA COGNOSCENTE - COGNITIVA”, conformada por la coexistencia de dos fases que se interdependen. Ambas se encuentran en un equilibrio dinámico, en un momento predomina una y en siguiente lo hace la otra.

La concepción de “Sistema” que propuso L. von Bertalanffy no contribuye a la acción práctica ni permite deducir ni verificar la estructura cognoscente - cognitiva sea un sistema diferente de un conglomerado estable o de un sistema sumativo, ni permite saber en qué momento es uno u otro. Esta situación se supera con las especificaciones hechas del Sistema de Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico: la acción de las operaciones del pensamiento y de los invariantes operacionales.

El desarrollo psíquico se realiza a través de un *continuum* que representa el paso de formaciones no ordenadas a un sistema y viceversa. La confrontación con lo nuevo produce un desorden parcial en la estructura cognoscente - cognitiva, esta adopta, en el sector correspondiente, la forma de un sistema sumativo; durante este período predomina el polo cognoscente. La integración de lo nuevo en el conjunto de los conocimientos ya adquiridos re-construye el sistema como tal, se restablece el equilibrio y predomina la fase cognitiva. Este juego se ilustra en la figura 1.

El aprendizaje por descubrimiento heurístico es un proceso integrativo-integrador durante el cual se incorpora la nueva información a la estructura cognitiva del sujeto. Para posibilitar esta incorporación el sujeto debe realizar acciones prácticas de investigación y, así, desencadenar la actividad de los invariantes operacionales.

Las acciones prácticas de investigación que se efectúan son: Observación, Problematización, Formulación de hipótesis, Experimentación. Esas acciones, prácticas, se correlacionan directamente con las operaciones mentales : Análisis, Síntesis, Abstracción, Generalización.

Las operaciones mentales se realizan en una relación dialéctica con las acciones prácticas de investigación. Lo que comanda el proceso no son los elementos participantes, sino que es la relación entre ellos, su carácter confrontativo y asimilativo respecto del nuevo elemento y del sistema en su conjunto.

⁷ Se refiere a problemas científicos. Estos se redactan de tal manera que su respuesta sea diferente a “Si” o “No”, debe identificar una o más variables.

⁸ Como ejemplo: un profesor enseñó el concepto de velocidad ($v = s/t$) mediante una carrera de cucarachas.

Concordante con lo anterior, la concepción de sistema como “Una formación integral que posee nuevas características cualitativas no implícitas en los componentes que lo forman”⁹ refleja con mayor precisión el sistema psíquico de conocimientos y su dinámica, permite la explicación de la creatividad, imaginación, intuición, transferencia de conocimientos, en cuanto factores que participan de una investigación realizada para obtener aprendizajes de Descubrimiento Heurístico, así como también explica el *continuum* del aprendizaje.

Al someter el modelo propuesto a análisis mediante los procedimientos de los sistemas lógicos, se muestra coherente, consistente y armónico.

4.0.- EL MODELO DE ESTRUCTURA COGNITIVA Y LA PRUEBA DE LOS SISTEMAS LOGICOS

La Teoría General de los Sistemas Lógicos afirma que un sistema es tal cuando se dispone de¹⁰

1. Un conjunto A de entidades no especificadas
2. Un conjunto finito de entidades especificadas
3. Un conjunto de operaciones
4. Un conjunto de propiedades o relaciones

La expresión del Sistema Cognoscente-Cognitivo en el lenguaje simbólico de los sistemas lógicos es la siguiente:

$$S = EC_t = \{\{O_{c1}\}, \{RO_{c1}\}, \{P_{i-i}\}, \{O_{c2}\}, \{EC_s\}, \{O_d\}\}$$

$$S_{P_{i-i}} = \{\{O_b\}, \{PP\}, \{FH\}, \{E\}, \{An\}, \{Sín\}, \{Abs\}, \{Gen\}\}$$

$$S = Ob = \{\{P\}, \{M\}, \{R_{e-t}\}, \{Co_1\}\}$$

$$S = PP = \{\{Ob\}, \{An\}, \{Sín\}, \{Pr\}\}$$

$$S = FH = \{\{Ob\}, \{PP\}, \{Inf\}, \{An\}, \{Sín\}, \{Abs\}, \{Gen\}, \{I V\}, \{C R V\}\}$$

$$S = E = \{\{Ob\}, \{PP\}, \{FH\}, \{Inf\}, \{C V\}, \{C M F\}, \{An\}, \{Sín\}, \{Abs\}, \{Cl\}\}$$

Donde:

S = Sistema	EC _t = Estructura cognoscente
RO _{c1} = Relación entre objetos ya conocidos	P _{i-i} = proceso integrativo-integrador
O _{c2} = Objetos nuevos, recién conocidos, por descubrimiento	
EC _s = Estructura cognitiva	O _d = Objetos desconocidos
PP = Plantear Problemas	FH = Formular Hipótesis
E = Experimentar	An = Análisis
Sín = Síntesis	Abs = Abstracción
Gen = Generalización	Ob = Observar
P = Perceptos	M = Medir
R e-t = Usar relaciones espacio-temporales	Co ₁ = Objetos conocidos
Pr = Preguntas	Inf = Información
I V = Identificación de variables	C R V = Control relativo de variables
C V = Control de variables	C M F = Condiciones materiales y físicas
Cl = Clasificación	

⁹ Victor Afanasiev “El Enfoque Sistemico Aplicado al Conocimiento Social”. Revista “Ciencias Sociales”. Academia de Ciencias URSS, N°1 - 1979.

¹⁰ Gh. Enescu. “Teoría de los Sistemas Lógicos”. Editorial Cientifica, Bucarest, Rumania, 1976 (Edición en rumano).

FIGURA 1 Representación del proceso de equilibrio de la estructura cognitiva.-

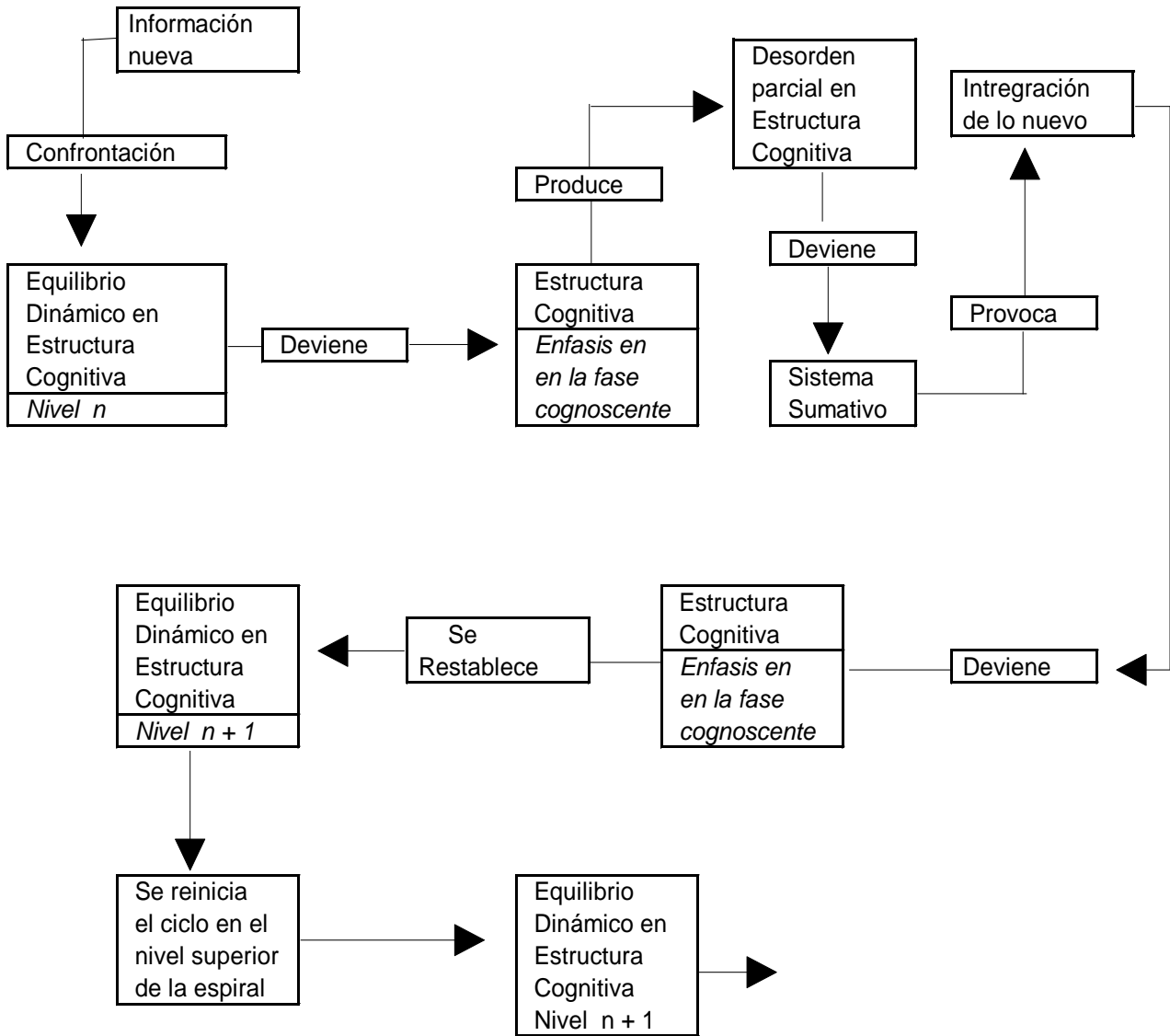


Fig. 1 Representación gráfica del proceso de equilibrio de la Estructura cognitiva

Como puede verse, al Aprendizaje por Descubrimiento Heurístico ($P_i \dots i$) está integrado a la Estructura Cognoscente-cognitiva en cuanto método didáctico debido a la influencia definitoria que ejerce sobre la ya señalada estructura.

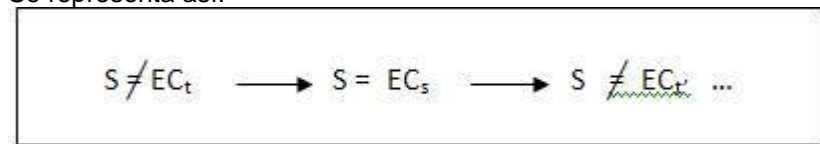
La exigencia 1 de Enescu corresponde a $\{E_{c_s}, E_{c_{s1}}\}$ debido a las particularidades de la memoria.

La exigencia 2 de Enescu equivale a $\{O_d, E_{c2}\}$

Las condiciones 3 y 4 se satisfacen según lo expuesto en párrafos anteriores.

En este esquema, el paso de las formaciones no ordenadas a un sistema se cumple por el paso de la función cognoscente a la función cognitiva.

Se representa así:



Autor:

Jorge Luis Araneda A. Ph. D.

jorgelaraneda@gmail.com

Constitución, Región del Maule, Chile.

Revisión 2008