

INVESTIGACIONES

## Estudio del campo emocional en el aula y simulación de su evolución durante un proceso de enseñanza-aprendizaje para cursos de ciencias

Emotional field study in the classroom and simulation of its evolution during the process of teaching and learning for science courses

*Estudo do campo emocional em sala de aula e simulação de sua evolução durante o processo de ensino e aprendizagem para os cursos de ciências*

Patricio Pacheco H.,<sup>a</sup> Sidney Villagrán R.,<sup>b</sup> Carolina Guzmán A.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Tecnológica de Chile – INACAP. Fono: 02-2-6526913.

Correos electrónicos: patricio.pacheco03@inacapmail.cl, carolina.guzman11@inacapmail.cl

<sup>b</sup> Universidad Diego Portales, Chile. Fono: 02-2-2531784. Correo electrónico: sidney.villagran@udp.cl

### RESUMEN

Por medio de la experiencia y la observación se identificó a un segmento del alumnado que ingresa a profesiones que contienen en su malla curricular asignaturas de ciencias, descubriéndose alumnos con alto y/o muy bajo compromiso hacia los desafíos asumidos. Este reto es enfrentado, institucionalmente, con metodologías de aprendizaje fundadas en la convergencia de elementos pedagógicos usuales y de tecnologías del mercado de la educación, evaluadas en sus procesos e instrumentos de control bajo un prisma de calidad de la enseñanza tradicional que le es muy propicio y funcional, pero que relega la multidimensionalidad de las personas, la que va más allá de la respuesta lineal homogénea (“más recursos, más aprendizaje”) del sistema educativo. Ésta es la base del presente trabajo, que propone una prueba de concepto basada en un modelo que valida las dimensionalidades interrelacionadas definidas para el aprendizaje y la influencia de las emociones, obteniéndose la conectividad como clave para la significancia y la calidad del proceso.

*Palabras clave:* campos emocionales, dinámica no lineal, conectividad, dinámicas de aprendizaje, aprendizajes significativos.

### ABSTRACT

Experience and observation identified segmentation in students when entering professions that contain, in their curriculum, science subjects, as well as a high and/or low commitment to the challenges undertaken in each profession. The challenge is faced, institutionally, through learning methodologies based on the convergence of customary pedagogical elements and technologies of the educational field, both evaluated under a prism of traditional teaching quality and control instruments which result suitable and functional and which relegate the multidimensionality of people surpassing the homogeneous linear response of the education system (“more learning, more resources”). This is the basis of this work, which proposes a proof of concept based on a model that validates the interrelated dimensionalities defined for learning and the influence of emotions, causing connectivity as key to the significance and the quality of the process.

*Key words:* emotional fields, nonlinear dynamics, connectivity, dynamic learning, meaningful learning.

## RESUMO

Por meio da experiência e observação, identificou-se no segmento de estudantes que ingressam em profissões que contêm disciplinas de Ciências em sua grade curricular, estudantes com alto e/ou muito baixo compromisso com os desafios assumidos. Tal problema é enfrentado, institucionalmente, com metodologias de aprendizagem baseadas na convergência de elementos pedagógicos usuais e tecnologias do mercado da educação, avaliadas em seus processos e instrumentos de controle por um prisma da qualidade do ensino tradicional ao qual são muito propícios e funcionais, mas que desconsideram a multidimensionalidade das pessoas, o que vai mais além da resposta linear homogênea (“mais recursos, mais aprendizagem”) do sistema educativo. Esta é a base do trabalho que propõe uma prova de conceito baseada em um modelo que valida as dimensionalidades inter-relacionadas definidas para a aprendizagem e a influência de estas sobre as emoções, obtendo-se a conectividade como a chave para a significância e qualidade do processo.

*Palavras chave:* campos emocionais, dinâmica não linear, conectividade, dinâmicas de aprendizagem, aprendizagem significativa.

## 1. INTRODUCCIÓN

La predictibilidad y la regularidad son el fundamento de la sociedad “reduccionista” (Capra, 1982) en la que estamos inmersos. Sin lugar a dudas, cualquier proyecto o sueño que desee llevarse a la práctica en ámbitos tan diversos como la economía, la educación, la familia, etc., requiere de una planificación que se fundamente en la predictibilidad y en la regularidad, pues de esta manera se reduce el factor de riesgo de la inversión y la calidad del servicio. Sin embargo, en cualquiera de estos ámbitos, no es posible generar un proceso de enseñanza que prescindiera de las relaciones, por un lado, con la propia interioridad, las relaciones de ésta con la interioridad de los demás y, por otro lado, con la exterioridad física (el entorno), y de ésta consigo misma (Maturana, 2001).

En este contexto se nos revelan nuevas relaciones asociadas con los fenómenos del mundo físico, biológico y químico, el funcionamiento del cerebro, las emociones, las interacciones sociales, la economía interconectada y globalizada, las tecnologías de la información y la comunicación (Balanzkat, Blamire & Kefala, 2006), Internet (Carr, 2011), la nueva cultura cívica, las nuevas formas de oficios<sup>1</sup>, el cambio climático, la deforestación, el calentamiento global, la contaminación<sup>2</sup>, la nueva ciencia de materiales, el diálogo interdisciplinario<sup>3</sup>, etc., las cuales desbordan permanentemente los formalismos de la visión reduccionista (Echeverría, 2005; Capra, 1982). Se evidencian así comportamientos inesperados que muestran una realidad multivariable y entrelazada, la que puede ser descrita apropiadamente por los formalismos dinámicos de sistemas no lineales (disipativos), sensibles a las condiciones iniciales. Estos comportamientos presentan un complicado desafío al conocimiento y, en particular, a las emociones, las cuales, de suyo, son complejas.

El análisis que se propone para esta dinámica interactiva no lineal busca obtener nuevos parámetros de control de calidad para el proceso de enseñanza, los que apuntan a una medición más real y efectiva que refleje el logro de aprendizajes significativos (Rodríguez, 2010; Goleman, 2005; Ibáñez, 2002). El modelo construido para estos efectos incorpora las emociones en las diversas dimensionalidades que participan del proceso de aprendizaje

<sup>1</sup> Guía turístico espacial, experto en cultivos verticales, experto en refugiados climáticos, detective en ecosistema, etc.

<sup>2</sup> Lo único que hacemos es usar las “cosas” y, según nos enseña la ley de conservación de la materia, se desecha exactamente la misma masa de material que se ha usado en la forma de desperdicios que debieran reutilizarse.

<sup>3</sup> Física y economía, matemáticas y psicología, por ejemplo.

(alumno, profesor, aula, contenidos, laboratorios, etc.), los ambientes tecnológicos y la información disponible. Su evolución en un dominio de tiempo, dadas ciertas condiciones iniciales, arroja diversas dinámicas que son determinantes para calificar el tipo de aprendizaje logrado y la calidad de éste (Rodríguez, 2010).

## 2. SISTEMAS COMPLEJOS

El concepto de sistema es una abstracción que simplifica la realidad y que remite a un conjunto de elementos o partes que interaccionan dinámicamente entre sí y con el entorno, tiene una cierta estabilidad dentro del espacio-tiempo, y desea alcanzar un objetivo concreto. Para describir adecuadamente su comportamiento es necesario conocer su organización: la disposición de sus elementos componentes –la parte más *espacial-estática-estructural*-, y las interacciones o relaciones que se establecen entre ellos –la parte más *temporal-dinámica-funcional*- (Moriello, 2005). Si bien, por razones de análisis, se las separa artificialmente, estas dos “dimensiones” coexisten y son complementarias. Se trata de una totalidad integrada en un solo y único proceso complejo, aunque cada situación particular puede favorecer la expresión predominante de una de ellas sobre la otra.

Todo sistema está situado dentro de determinado ambiente, entorno o contexto que lo circunda, lo rodea o lo envuelve total y absolutamente. No obstante, hoy se cuestiona la idea de que éste exista de antemano, esté ya fijado y acabado. El medio ambiente se considera ahora como un trasfondo, un ámbito o un campo en donde se desarrolla el sistema, el cual se modela continuamente a través de las acciones que éste efectúa (Varela, Thompson y Rosch, 1997). En consecuencia, tanto el sistema como su entorno se encuentran en un estado de constante flujo, de fluidez, de “diálogo”, en donde se modifican y se reconstruyen alternativa y continuamente al interactuar entre sí, “acoplándose” de forma mutua y recíproca (Moriello, 2005).

### 2.1. LOS SISTEMAS REALES

En la gran mayoría de los casos, un sistema físico real se caracteriza por lo siguiente:

- a) Es *abierto-cerrado* (Grün y Del Caño, 2003), ya que intercambia materia-energía y/o información-organización con su entorno próximo, de forma parcial y selectiva, lo cual determina su viabilidad.
- b) También es intrínsecamente *dinámico*, dado que su organización no es rígida sino que mantiene una armonía flexible con su entorno próximo a lo largo del tiempo.
- c) Asimismo, un sistema real es *no-lineal*, debido a que su comportamiento es frecuentemente impredecible: una pequeña causa puede producir un efecto violento y dramático, o bien, una enorme causa puede producir un efecto mínimo.
- d) Además es *complejo*, dado que está compuesto por una gran cantidad de elementos, cada uno de los cuales interacciona con sus vecinos relativamente inmediatos, por lo que es muy difícil vaticinar lo que ocurrirá más allá de cierto horizonte temporal (Moriello, 2005).
- e) Por último, en general, un sistema real es *adaptativo*, ya que no sólo es influido por el medio ambiente sino que reacciona y se adapta –en menor o mayor medida- a él. No obstante, la capacidad para adaptarse tiene sus límites: si el sistema no puede acomodarse a la “tensión” (estrés) –modificando su estructura o su función-, puede transformarse o deteriorarse de manera parcial o total, temporal o permanente. Esta capacidad depende tanto de la organización de su entorno, como de la comunicación con su entorno (Moriello, 2005).

Desde esta perspectiva, un equipo de personas puede asimilarse –en una aproximación metafórica- a una página en blanco, esto es, pueden suceder muchas cosas en él, algunas más típicas o usuales, y otras más inusuales o inesperadas. Existen interacciones de variado tipo haciendo que la evolución del conjunto sea bastante impredecible, aun considerando perturbaciones no extremas. De tal forma, este conjunto de individuos puede ser considerado un sistema complejo.

El sistema complejo de interés en este trabajo es un *equipo de alumnos*, el que tiene como objetivo lograr un aprendizaje vinculado con su componente emocional. No cabe duda de que la emoción cumple un importante papel cognitivo: el conocimiento de la vida y el universo no es sólo intelectual, puesto que los matices más sutiles de él nos lo aporta la emotividad. En efecto, la emoción enriquece el conocimiento humano y amplía el esquematismo demasiado geométrico de los conceptos meramente intelectuales. Empleando este enfoque en el aula, se tipifican, hasta ahora, cuatro tipos de relaciones: i) del profesor consigo mismo, ii) la del profesor con los alumnos, iii) la de los alumnos entre sí, y iv) la del alumno con su proceso de aprendizaje. Las cuatro tienen un alto componente emocional y se expresan en cuatro dinámicas que influyen el aprendizaje, fomentándolo u obstaculizándolo, sosteniéndolo o soltándolo, abriéndolo o cerrándolo.

### 3. LA EMOCIONALIDAD

La emocionalidad influye significativamente en el aprendizaje de una persona. Múltiples estudios (Goleman, 2005; Ibáñez, 2002; Baumeister, Bratslavsky, Finkenauer & Vohs, 2001) demuestran que cuando la enseñanza considera las emociones, los resultados son muy superiores a que cuando la enseñanza es impersonal y desprovista de un mayor acercamiento afectivo. Así, la emocionalidad juega un papel fundamental en los aprendizajes que adquieren los alumnos y en las acciones que se emprenden para ello. Según lo señala Humberto Maturana:

Quando hablamos de emociones son distintos dominios de acciones posibles en las personas y animales, y a las distintas disposiciones corporales que los constituyen y realizan. [...] no hay acción humana sin una emoción que la funde como tal y la haga posible como acto. [...] no es la razón lo que nos lleva a la acción sino la emoción (2001: 20-21).

Todos vivimos en un ambiente emocional que nos rodea, lo mismo que la atmósfera. Cualquier contaminación de ese ambiente nos afecta de manera semejante a la del aire que respiramos. Cuando alguien exclama: “¡Fulano acabará por enloquecerme!” no está en realidad diciendo que se considera candidato al manicomio; indica apenas que esa persona, cuya influencia ha de ser grande en su ambiente emocional, le hace sentirse tenso, ansioso, agobiado, en suma, “con los nervios de punta”.

Tres son los requisitos fundamentales de la vida emocional de todo ser humano: sentir que es agradable a otros, sentir que significa algo para otros, y sentirse seguro. Uno necesita saber que cuenta con el cariño de alguien. Necesita creer que vale y representa algo en el mundo. Necesita contar con alguna seguridad para hoy y mañana. La persona que dice: “¡Fulano acabará por enloquecerme!”, está diciendo –en términos de salud mental- que ese fulano lo priva de alguno de estos tres requisitos fundamentales, o bien, de los elementos que contribuyen a su consecución.

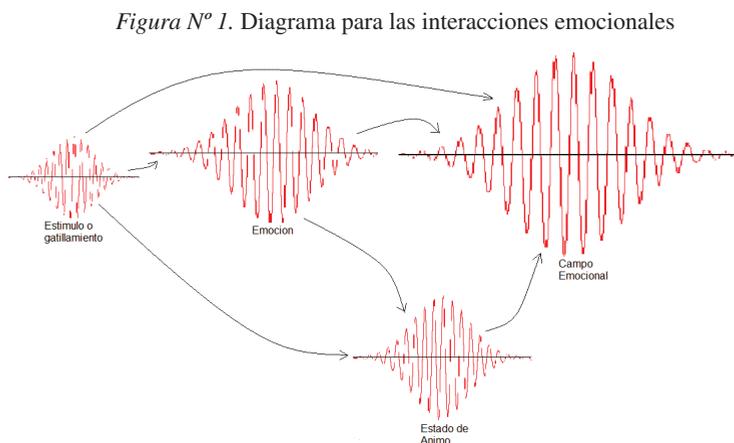
La infancia es particularmente sensible al “idioma” de la emoción. El padre que le dice a su hijo de cinco años: “vete y no me molestes”, le está diciendo –en el lenguaje emocional del niño–: “no te quiero”. Ciertamente, no ha sido ésa la intención del padre, lo que quiso propiamente decirle fue: “Ahora no, hijo mío, estoy muy cansado”. La pregunta que parece obvia frente al ejemplo es: ¿por qué no habérselo dicho así? Los niños suelen tomar las palabras literalmente. En presencia de sus hijos, los padres pueden decir cosas del tipo: “como esto siga así, vamos a quedarnos en la calle”. Desde luego, expresarse de este modo responde a una construcción metafórica, pero para los niños el enunciado “vamos a quedarnos en la calle” contiene todo el peso emocional de verse lanzados de la casa, de *quedarse en la calle* en realidad.

El mejor remedio contra la contaminación del ambiente emocional es saber hacerse cargo, entender cómo nos afectan los demás y cómo los afectamos nosotros a ellos. Han de sumarse, además, ciertas técnicas que cualquiera puede emplear, y que sirven para aplicar ventajosamente este nuevo conocimiento: captar los sentimientos, buscar las causas, cuidarse de herir el “talón de Aquiles” del otro, reducir las zonas peligrosas.

Desde una perspectiva más bien técnica, una emoción es un impulso involuntario, comúnmente de corta duración, gatillado por un estímulo externo que desencadena reacciones automáticas de carácter fisiológico, induciendo sentimientos o estados de ánimo en un sujeto. El estímulo o gatillamiento puede no siempre generar la misma reacción en distintos individuos. Incluso en el mismo sujeto, el resultado puede ser muy diferente, debido a que éste puede estar en otro estado de ánimo. A diferencia de la emoción, un estado de ánimo es algo que persiste por más tiempo en el individuo.

El conjunto de emociones o de estados de ánimo que posee una persona o un grupo de personas influye en sus interacciones, tanto entre ellas mismas como con el ambiente o el entorno donde ellas se incorporan. A esto lo llamaremos campo emocional, semejante a un campo de fuerzas físico, toda vez que las emociones poseen la capacidad de movilizar a los individuos en él. Por ejemplo, si el estado de ánimo inicial que presentan los alumnos es de poca colaboración a la enseñanza, esto se manifiesta en conductas de bajo interés hacia el aprendizaje.

La Figura N° 1 nos muestra la forma posible en que se manifiestan las interacciones emocionales:



Fuente: elaboración propia.

La emoción que impregna a un individuo determina la acción que es posible que realice (Maturana, 2001). Esto es claro para las emociones más fuertes y las conductas que las caracterizan. Un sujeto enojado no actúa racionalmente, la emoción lo gobierna y lo conduce por un camino que quizás no tomaría si esta emoción no lo involucrara. Un individuo triste tampoco es una persona predispuesta a aprender cosas nuevas o a establecer contactos con otros, su emoción lo mantiene en un pozo que le impide generar conexiones con los demás. En resumen, si la emocionalidad define el dominio de acciones posibles de realizar, entonces se puede concluir que la emocionalidad constituye un aspecto de la mayor relevancia para facilitar los aprendizajes en educación. En una primera aproximación, podríamos partir de la hipótesis de que las emociones positivas o gratas permitirán la realización de acciones favorables para el aprendizaje. En cambio, emociones negativas o no gratas no lo permitirán, incluso esta afirmación admite ciertos matices.

El universo de dimensiones, que es posible construir a partir de las características señaladas, es muy amplio en el ámbito de la educación. Así, aplicamos una restricción inicial que consiste en proponer un conjunto de dimensiones significativas pero reducidas, susceptibles de seguimiento observacional y medición mediante instrumentos apropiados, y que adoptan cierta estructura algebraica formal. A continuación desciframos la naturaleza de estas variables y explicamos su elección.

#### 4. DIMENSIONES FUNDAMENTALES Y CONDICIONES INICIALES

Las características de dependencia multivariable, elevada interrelación, muy alta complejidad y mucha sensibilidad a las condiciones iniciales (Sprott, 2006) son, también, un reflejo de la emocionalidad humana y nos sirven para perfilarla. Por ello el modelo que proponemos en este trabajo está basado en tres dimensiones básicas de entrada, descritas como una comparación de elementos asociados a la emocionalidad, recursos tecnológicos e información, todos elementos que eventualmente surgen en el proceso de aprendizaje. Estas dimensiones se manifiestan, específicamente, al estudiar los aprendizajes presentes en una clase típica de Laboratorio de Física.

##### 4.1. LAS EMOCIONES

Losada & Fredrickson (2005) mostraron que la emocionalidad es fundamental para lograr altos rendimientos en equipos abocados a objetivos de comercio y ventas. La extrapolación de esta idea a los procesos de enseñanza-aprendizaje, mediante el estudio de la evolución del campo emocional, hace posible verificar en forma cualitativa y cuantitativa el antes y el después de las emociones de los alumnos, así como los rendimientos que presentan en el curso de Laboratorio de Física, de allí que nos interese realizar su seguimiento y medición. Se define la razón:  **$Y = \text{positividad/negatividad}$**  para la comparación entre respuestas emocionales.

##### 4.1.1. Positividad (POS)

Se entiende que los actos positivos se manifiestan cuando se muestra apoyo y comprensión dentro de un equipo de trabajo. Hasta ahora se ha llegado a un consenso parcial respecto del

número ideal de integrantes, pensando en aprovechar las potencialidades del aprendizaje cooperativo, para trabajar como equipo en una sesión experimental de dos horas pedagógicas en un Laboratorio de Física. La cantidad considerada es de cuatro alumnos por equipo para una sesión. Entre las razones para elegir este número se encuentran:

- Cuatro estudiantes pueden dividirse en subgrupos de dos estudiantes y luego reportar al grupo.
- Grupos heterogéneos de cuatro estudiantes permiten una adecuada combinación de talentos individuales, así como la posibilidad de un balance de géneros (dos mujeres y dos varones).
- Un grupo de cuatro estudiantes puede sustentarse a sí mismo si uno de los estudiantes se ausenta o causa una baja en el grupo.
- Un grupo de cuatro estudiantes fomenta hábitos de trabajo efectivo, conversación estructurada y pensamiento reflexivo.

La observación de las sesiones muestra que el límite emocional de estabilidad grupal, para lograr un determinado objetivo de aprendizaje, tiene que ver con lo que denominamos *alta conectividad*, esto es, que de los cuatro alumnos al menos tres deben estar muy bien relacionados entre sí al interior del equipo.

#### 4.1.2. *Negatividad (NEG)*

Se manifiestan actos negativos cuando se demuestra desaprobación, sarcasmo o cinismo, rompiéndose el número adecuado para la estabilidad grupal mencionado antes. Esto genera que los alumnos se dispersen y no logren los objetivos trazados.

### 4.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Los recursos definidos en los ambientes tecnológicos de aprendizaje (ATA) son significativos en el proceso de aprendizaje, al punto de que buena parte de los resultados se mide en función de su aplicación. Por tanto, para este estudio los ATA forman parte de una nueva dimensionalidad, que representamos como aquellos elementos que caracterizan el cociente: **X=indagación/persuasión**.

#### 4.2.1. *Indagación (IND)*

Se relaciona con la utilización de elementos propios de la actividad experimental de la Física, con el objetivo de explorar y examinar la validez de una posición: la dualidad orientadora es la de “*pregunta-medición*”, lo que genera el descubrimiento.

#### 4.2.2. *Persuasión (PER)*

Consiste en emplear componentes de discusión a favor del punto de vista de algún miembro del equipo, consiguiendo que los otros comprendan y asuman ese punto de vista. Esto exige que tanto el mensaje persuasor como el mensajero deban ser moralmente correctos, es decir, para que el mensaje tenga efecto, la fuente ha de ser creíble. Quien busca convencer debe tener autoridad moral y estar éticamente legitimado para hacerlo, y el análisis debe basarse

en la coherencia lógica del razonamiento expuesto. El mensaje se volverá convincente si, además de estar bien argumentado, mueve emociones capaces de cambiar actitudes en el participante. Por tanto, la comunicación debe ser legítima, competente y emocionalmente persuasiva.

La pregunta a formular es si la intervención ante el equipo ha sido capaz de transformar opiniones o, mejor aún, conductas de otros. De acuerdo a este concepto, la persuasión definida en el modelo propuesto está representada por elementos discursivos, sistemas multimediales, simulaciones computacionales interactivas y videos contextualizados con los temas tratados, lo que permite explorar más allá de los límites expuestos por las experiencias de aula, de tal forma que se le facilite a los grupos generar elementos de discusión y convencimiento a favor de un determinado punto de vista.

#### 4.3. INFORMACIÓN

La información está en función de dar orientación y argumentos a los alumnos hacia el objetivo propuesto, por tanto, dicha dimensionalidad se puede definir como una comparación entre elementos que permitan orientar el aprendizaje tanto interna como externamente al equipo. La razón es: **Z=información interna/información externa.**

##### 4.3.1. Información externa (I.E.)

Este concepto está asociado a si la información recibida y orientada a las actividades, personas o equipos proviene desde fuera del grupo y/o del aula, por ejemplo, una introducción del tema a cargo del maestro, la entrega de material externo en la forma de guías de laboratorio, apuntes teóricos relacionados al tema, etc.

##### 4.3.2. Información interna (I.I.)

Se refiere a la(s) persona(s) que aborda(n) los temas apelando a recursos al interior del propio equipo: algún alumno con habilidades matemáticas, otro con buen manejo de conceptos propios de la Física, alguno con claras competencias en el uso de instrumental científico, etc. Estas actividades fortalecen el análisis de los objetivos al interior del equipo.

#### 4.4. PROCESO DE MODELACIÓN

Una vez definidas las dimensionalidades, abordamos el proceso de modelación de los elementos que las constituyen. Para tal efecto se aplica un dominio bipolar para cada variable, es decir, los elementos asociados al *apoyo* del equipo durante su proceso de aprendizaje los consideraremos *positivos (+)*, en cambio, aquellos que *no lo apoyan* se consideran *negativos (-)*.

A la muestra de N equipos se realiza un seguimiento observacional de las diferentes conductas exhibidas en el tiempo –para el denominador y el numerador de X, Y, Z-, tanto entre las personas como dentro del equipo completo. Esto permite generar una base de datos, en la forma de proporciones, que luego se grafican según su itinerario en el tiempo:

$X(t), Y(t), Z(t)$ . A partir de esta base de datos se generan las variaciones en el tiempo que se anotan:  $\dot{X}(t), \dot{Y}(t), \dot{Z}(t)$ .

Los resultados gráficos y su modelación a través de formas algebraicas no lineales reflejan, en definitiva, la evolución del campo emocional y la influencia que éste ejerce sobre las otras variables. Esto determina las dinámicas de rendimiento que se generan durante el proceso, permitiendo clasificarlas en alto, medio o bajo, dependiendo de los niveles de aprendizaje alcanzados por los diferentes equipos que conforman la muestra. A la matriz de desempeño “típica” por equipo se le aplica un *input* (condición inicial para el proceso), que actúe como un “rompedor” de simetrías del estado inicial del curso, induciendo emergencia o nueva organización.

#### 4.5. CONDICIÓN INICIAL

Incorporar condiciones iniciales (Faires y Burden, 2004; Zill, 1988), una vez percibida la homogeneidad del campo emocional preliminar del curso (previo diagnóstico, el que típicamente puede contener conductas de indiferencia o apatía, ansiedad, etc.), permite romper el “*status quo*” emocional de origen, y emplear el estado de ánimo inducido como energía impulsora hacia los objetivos propuestos al equipo.

La atención y el esfuerzo que se genere dependerá de la pertinencia del contenido, la identificación del “punto ciego” del progreso del trabajo en grupo –y que los alumnos perciben como “su” verdadera dificultad-, y la capacidad demostrativa-verificativa<sup>4</sup> del antes y del después exhibido para la condición inicial usada. A esto habría que agregar el contexto de absoluta variabilidad de requerimientos de condiciones iniciales para cada equipo de trabajo, lo que daría a la condición inicial, de por sí, una altísima complejidad.

### 5. MODELO DE DINÁMICA NO LINEAL PARA LA EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES

Dentro del espectro, muy amplio y completo, de modelos matemáticos no lineales estudiados (Sprott, 2006; Schuster, 1995; Grassberger & Procaccia, 1982), se presenta a continuación uno que relaciona las dimensiones anteriormente descritas. Éstas aparecen como variables  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $t$  a través de un conjunto de ecuaciones, lo que permite estudiar y simular el comportamiento e influencia de la evolución del campo emocional en los rendimientos en aula (Losada, 1999):

$$\begin{aligned}\dot{X} &= \frac{dX}{dt} = \delta (Z - X) = F_1 \\ \dot{Y} &= \frac{dY}{dt} = XZ - bY = F_2 \\ \dot{Z} &= \frac{dZ}{dt} = rX - XY - Z = F_3\end{aligned}$$

Donde  $\delta$ ,  $b$  y  $r$  son constantes positivas que describen específicamente la evolución del proceso, generando representaciones gráficas de las dinámicas de trabajo de los alumnos. Éstas entregan elementos conceptuales nuevos que ayudan a caracterizar la calidad del proceso de aprendizaje.

<sup>4</sup> El uso de videos contextualizados se demuestra como eficaz y puede enlazarse con la persuasión.

## 6. INDICADORES DE MEDIDA FINA PARA LA CALIDAD DEL PROCESO EDUCATIVO

Un aspecto esencial de todo proceso educativo es la percepción que tiene el usuario respecto de él. En la actualidad, éste aparece profundamente disconforme, es decir, su calidad, en el sentido más peregrino, no lo satisface. Es así que se debe discutir la forma como se manifiesta dicha calidad, en el ámbito del modelo que se analiza, y lo que se propone para su mejora respecto de los productos que se desea obtener en el proceso de aprendizaje. En cuanto a la calidad desde la perspectiva de una medida fina asociada al trabajo en aula, estos productos deben reflejarse en la percepción que tenga el alumno de sí mismo, de los demás, de su rendimiento, de la validez y de la veracidad de sus evaluaciones, de los vínculos relacionales (o conectividad) entre los alumnos que conforman cada equipo, de la evolución del campo emocional, y de la motivación adquirida para con las Ciencias Físicas.

Suele ocurrir que, para el desánimo de muchos profesores, el esfuerzo y los medios desplegados para alcanzar un aprendizaje significativo y una mejora en la percepción del proceso por los propios alumnos, no se condicionen con los resultados obtenidos. Esto nos enseña que el mundo real no es conmutativo (Connes, 1990; Cohen-Tannoudji, Diu, & Laloë, 1977; Dirac, 1958), dicho coloquialmente, no es lo mismo ducharse y luego colocarse los zapatos que colocarse los zapatos y luego ducharse. Para gran parte de las actividades humanas (leyes creadas, normas sociales, etc.), se construye un “mundo” según las expectativas y las predicciones predefinidas en un verdadero “mar de homogeneidad” o “linealidad”. No obstante, su aplicación a la enseñanza resulta válida en un dominio muy restringido, pues no es verdadero –desde el punto de vista que proponemos– que más infraestructura de edificios, más computadores, más Internet (Carr, 2011), etc., provocarán, sobre la base de una proporcionalidad directa, más aprendizajes significativos, ya que estos últimos dependen de las formas relacionales entre las personas (Pacheco et al., 2011; Losada & Heaphy, 2004).

La educación es un proceso social relacional, por lo que debemos generar campos emocionales que propicien entre los alumnos formas relacionales adecuadas para el aprendizaje. La linealidad permite buenas rentabilidades económicas como consecuencia de la redefinición del rol de alumno, que pasa a constituirse como un alumno-cliente. Más aun, los indicadores de calidad certificados y normados bajo las condiciones de la linealidad descrita, sólo arrojan una validación que es funcional a los dominios en los que éstos fueron elaborados. Al referirnos a los indicadores institucionales tradicionales, entendemos que su objetivo es medir en terreno la evolución de un proceso, para, posteriormente, al momento de analizar los datos, evaluar tanto interna como externamente los centros educativos (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, 2002).

A este amplio espectro de variables susceptibles de registro y control las denominaremos *dominio clásico*, pues constituyen una forma inicial de aproximarnos a la “solución” de la problemática del aprendizaje. Sin embargo, este dominio no incorpora la conectividad entre alumnos que surge de las dinámicas de trabajo en equipos, la que se configura como una función de los campos emocionales y de la razón positividad/negatividad ya referida. Tampoco se considera que estas dinámicas resulten sensibles a las condiciones iniciales que surgen como motor del proceso conducente al logro de aprendizajes significativos, las que se complementan y se entrelazan en las tres dimensionalidades que caracterizan el modelo de seguimiento propuesto: indagar/persuadir, información interna/información externa, y la ya mencionada positividad/negatividad.

Desde el punto de vista de la calidad, este trabajo muestra un procedimiento para construir indicadores numéricos que nacen del rompimiento del modelo de simetría existente, y que se orientan para interpretar la importancia de las dimensionalidades previstas para el proceso de aprendizaje (emociones, recursos tecnológicos e información). Apuntan, pues, a un dominio más fino y esencial, de muy difícil seguimiento y cuantificación. Éste se refiere a determinadas conductas, dentro de los equipos de trabajo, tales como escuchar, reconocer ideas de otros, aceptar puntos de vista de otros, humor compartido con el grupo, transmitir buena disposición para el trabajo en equipo, comunicación gestual, etc.

De la observación en terreno y del modelamiento de estas variables generadoras de nexos ínter-alumnos, surgen dinámicas de aprendizaje en la forma de bajo, medio y alto desempeño. Así, es posible examinar el logro de aprendizajes significativos y la evolución del campo emocional desde la perspectiva de la calidad, siguiendo especialmente la conectividad. En definitiva, el control de la calidad en la micro escala se ve corroborado en el control de la calidad en la macro escala, a través de las dinámicas asociadas a los procesos de aprendizaje y a la magnitud (cantidad de nexos) de la conectividad entre los componentes de cada equipo. Esto permite discriminar positiva y negativamente respecto de los elementos de apoyo a la docencia, los que pueden tener el carácter de tecnológicos.

## 7. CONECTIVIDAD

La conectividad es una propiedad emergente de un sistema complejo. Sólo es posible que surja si los componentes del sistema interactúan de un modo tal que las interacciones se dan en el mayor grado posible. De esta forma, el sistema complejo –que en este caso constituye un grupo de personas-, al desarrollar en gran cantidad sus interacciones, logra convertirse en un equipo.

Según explican Losada & Heaphy (2004), la conectividad proviene de los “nexos” que se dan en equipos de alto desempeño. No ocurre en un grupo de amigos que se reúne para hacer vida social, sino que se genera cuando el equipo trabaja coordinando sus acciones en un campo emocional, donde las emociones positivas son mucho mayores que las emociones negativas, encaminándolos conjuntamente hacia un mismo objetivo. Esta conectividad se da cuando hay influencia mutua entre los integrantes del equipo, cuando es posible que uno aprenda del otro y viceversa, lo que hace posible establecer un enlace mucho más duradero, en comparación con el mero hecho de ponerse de acuerdo.

En el modelo de Losada (1999), la conectividad hace de parámetro de control, y es indicativa del desempeño de un equipo. Además, la razón positividad/negatividad, en cuanto descriptor de las emociones, tiene una estrecha relación con la conectividad, por lo que ambas resultan fundamentales. Esto significa que para predecir el desempeño de un equipo basta con conocer la razón positividad/negatividad, determinándose, de esta manera, el grado de conectividad y de logro de objetivos que se alcanzará.

También el cociente positividad/negatividad opera como un poderoso factor de retroalimentación del sistema: la negatividad desalienta cualquier desviación del repertorio de acciones típicas, mientras que la positividad actúa como un amplificador y refuerza la retroalimentación que expande los comportamientos. Desde el punto de vista matemático, la razón positividad/negatividad tiene una conexión con otras variables fundamentales a través de las siguientes formas funcionales:

$$g(E, r, \text{posición del centroide}, y) = 0 \quad (1)$$

$$f(P/N, E, r, \text{constante}) = 0 \quad (2)$$

En el caso particular del modelo de Losada (1999), de (1) y (2) respectivamente:

$$E = r - 1 = \text{posición del centroide}$$

$$\frac{P}{N} = \frac{r - i_0 - 1}{b}$$

Donde E es el campo emocional, r es la conectividad,  $i_0$  representa la condición inicial para la razón positividad/negatividad, la posición del centroide se obtiene de la representación de X, Y, Z en el espacio de fases, y b es la constante de escalamiento de Lorenz (1976).

En términos muy generales, la conectividad se puede definir como la capacidad que muestran los miembros del equipo para expandir con sus acciones las acciones de los demás, y para expandir sus propias acciones a partir de las acciones de los otros (Echeverría, 2005; Cacioppo & Berntson, 1999).

## 8. CONCEPTOS DE CAOS, ORGANIZACIÓN Y EMERGENCIA

La emergencia irrumpe como la estructura de organización compleja que parte de leyes simples (Laughlin, 2007; Spire, 2000; Kaspar & Schuster, 1986). La emergencia es, además, la inevitabilidad estable de la forma que adoptan ciertos fenómenos (Laughlin, 2007) en transientes de tiempo acotados. Esto significa que es imposible predecir los cambios cualitativos que causarán hechos menores en otros de mayor envergadura, e implica la imposibilidad de controlar los fenómenos (Laughlin, 2007). Al respecto, Ilya Prigogine<sup>5</sup> expresó:

Es bien sabido que el corazón tiene que ser regular, de lo contrario morimos. Pero el cerebro tiene que ser irregular; de lo contrario contraemos epilepsia. Esto muestra que la irregularidad, el caos, conduce a sistemas complejos. No se trata de desorden. Por el contrario, el caos posibilita la vida y la inteligencia. El cerebro ha sido seleccionado para volverse tan inestable que el menor efecto puede conducir a la formación de orden (Cit. en Monzó, 2008: en línea).

## 9. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN: RECOPIACIÓN Y REGISTRO DE LAS BASES DE DATOS

Para la verificación experimental se propone construir una matriz de registro de seguimiento observacional en el tiempo (Gottman, 1994; Bareman y Gottman, 1989), para los diferentes equipos de alumnos en proceso de aprendizaje en el Laboratorio de Física, utilizando las tres dimensiones de doble polaridad en el sistema de codificación: X=indagación/persuasión, Y=positividad/negatividad, y Z=orientación interna/orientación externa (Losada, 2005; Zill, 1988).

<sup>5</sup> Premio Nobel de Química en 1977 por su gran contribución a la acertada extensión de la teoría termodinámica a sistemas alejados del equilibrio, los que sólo pueden existir en conjunción con su entorno.

La matriz de desempeño “típica” por equipo de alumnos se divide en intervalos de 9 minutos (tiempo basado en criterios de optimización atencional), hasta completar la clase lectiva de 90 minutos. Los observadores pueden ser psicólogos o profesionales capacitados para tal efecto. Las tablas de valores no hacen seguimiento e incorporación, en esta primera etapa, del lenguaje físico y gestual entre los alumnos de cada equipo al tratar el tema de interés. Se estima, además, que el *input* rompedor de simetría debe disponerse después de cierto tiempo empleado en la creación de un “ambiente” que propicie las dinámicas de enseñanza.

Resulta claro que el proceso de toma y registro de datos es extremadamente laborioso y debe emplearse un mínimo de un observador por cada dimensión, lo que determina un total de tres observadores, para generar así las tablas de valores de las tres dimensionalidades para cada uno de los equipos. Estos datos conducen a la elaboración de las gráficas en el tiempo para las dimensiones X, Y y Z, las que, junto a sus razones de cambio, producen un total de 6 gráficas.

A partir de estas 6 gráficas se generan las curvas de tendencia aproximadas para los descriptores del proceso, a las cuales se les ajusta una forma funcional en el tiempo denominada Serie de Tiempo de Fourier (Zill, 1988). Éstas se confrontan con los diversos tipos de combinaciones lineales, no lineales y de productos entre las distintas dimensiones según proponen, por ejemplo, las ecuaciones modificadas de Lorenz (1976). Finalmente, se calcula la función de correlación cruzada a través de la Transformada Rápida de Fourier (Zill, 1988), lo que permite obtener de forma explícita los nexos entre los miembros de cada equipo. Esto, a su vez, es un indicador de fuerza y de demora en la conducta de un participante que enlaza con la de otro.

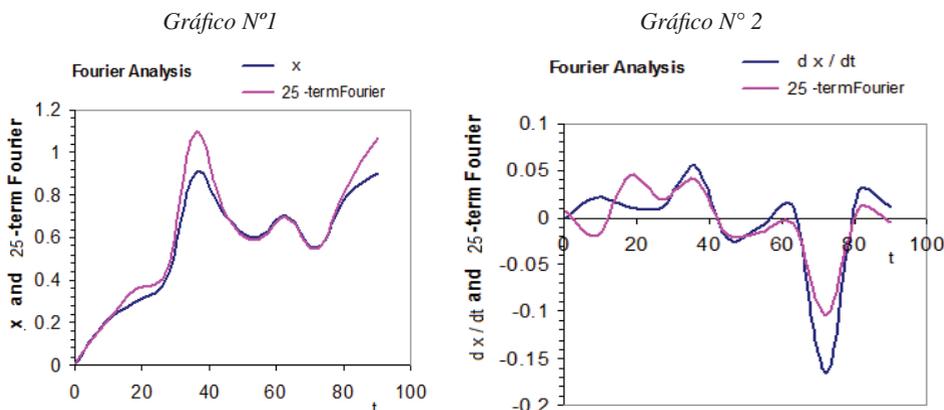
## 10. MODELAMIENTO DE CURVAS EN EL MODELO TEÓRICO DE DINÁMICA NO LINEAL

A partir de métodos numéricos recursivos (Sprott, 2006; Faires y Burden, 2004; Zill, 1988) aplicados a las bases de datos, se verifica la convergencia de las ecuaciones de Lorenz (1976) modificadas, cuestión que permite estudiar los casos para los exponentes de Lyapunov (Schuster, 1995) y las gráficas asociadas (Nakamura, 1997; Schuster, 1995). Según el razonamiento de Losada (1999), en los modelos de dinámica no lineal de redes, el parámetro de control o conectividad,  $r$ , es un parámetro crítico que genera la transición desde estructuras tractoras rígidamente ordenadas a estructuras caóticas (Zill, 1988; Grassberger y Procaccia, 1982; Ziv y Lempel, 1977).

Al convertir los datos recogidos en las mediciones de seguimiento observacional de los equipos en Series de Tiempo de Fourier (Zill, 1988), debería observarse la interacción entre los miembros y detectarse procesos de mutua influencia o comportamientos entrelazados, es decir, dominio del parámetro de control,  $r$ . Cada Serie Temporal de Fourier (Zill, 1988) tiene la siguiente forma algebraica:

$$\begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [a_i \cos i\omega t + b_i \text{seni}\omega t] \\ \frac{dY}{dt} &= b_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [c_i \cos i\omega t + d_i \text{seni}\omega t] \\ \frac{dZ}{dt} &= c_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [e_i \cos i\omega t + f_i \text{seni}\omega t] \end{aligned}$$

Al adaptar una Serie de Tiempo Continuo de Fourier a una gráfica experimental de la forma X(t) versus t, dX (t)/dt versus t (de igual manera para Y(t) versus t, Z(t) versus t, dY (t)/dt versus t, y dZ (t)/dt versus t), se obtienen los gráficos:



La línea negra representa la variación en el tiempo de la dimensión X definida como el cociente indagación/persuasión. Superpuesta en la forma de línea continua rosada se representa la curva de ajuste según Fourier.

Representa la razón de cambio de X en el tiempo.

Fuente: elaboración propia.

Es posible generar un conjunto de vectores columna discretizados y experimentales para  $X_i, Y_i, Z_i, dX_i/dt_i, dY_i/dt_i$  y  $dZ_i/dt_i$  (Zill, 1988) que validan la igualdad de Lorenz (1976) modificada (ahora Lorenz modificado más Fourier). Esto describe el comportamiento de sistemas no lineales, pero esta vez referidos a equipos de alumnos inmersos en un contexto de aprendizaje en un Laboratorio de Física, según el siguiente modelo matemático:

$$\dot{X} = \delta (Z - X) = \frac{dX}{dt} = a_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [a_i \cos i \omega t + b_i \text{seni } \omega t]$$

$$\dot{Y} = XZ - bY = \frac{dY}{dt} = b_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [c_i \cos i \omega t + d_i \text{seni } \omega t]$$

$$\dot{Z} = rX - XY - Z = \frac{dZ}{dt} = c_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [e_i \cos i \omega t + f_i \text{seni } \omega t]$$

donde  $\delta = 10$  ,  $b = \frac{8}{3}$  son los parámetros de Lorenz.

## 11. RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizaron diversas simulaciones de dinámicas de aprendizaje. Para ello se ingresan al modelo parámetros numéricos que den cuenta de la conectividad, condiciones iniciales y el dominio de las dimensiones (X, Y, Z). Los resultados se presentan gráficamente en un espacio de fase tridimensional, demostrando las distintas dinámicas características de los equipos de alumnos. Estas triadas teóricas ordenadas son las que satisfacen, además, las ecuaciones del modelo matemático.

Las condiciones iniciales aplicadas permitirán realizar un análisis preliminar y, de esa forma, poner a prueba las ideas descritas en este estudio. Los valores son, en una primera aproximación, representativos de la experiencia vivida por los integrantes de este proyecto al realizar clases de ciencias, específicamente de Física, en centros de educación superior que no llevan a cabo ningún tipo de selección para el ingreso de sus futuros alumnos. Nos focalizamos en aquellos que desean estudiar carreras del área de ingeniería motivados por algún interés específico.

Las condiciones de inicio dan la partida a los ciclos iterativos de las distintas dimensionalidades que propone este trabajo, a las que se le asignaron siguientes valores:

$$x_0 = 2, y_0 = 3, z_0 = 3$$

Como  $X$  es la variable que representa el cociente indagación/persuasión, el valor numérico asignado  $x_0$  (de igual forma para  $y_0$  y  $z_0$ ) se aplica al programa de resolución de las ecuaciones del modelo. El valor propuesto como condición inicial para  $x_0=2$ , en este análisis preliminar, sostiene que la *indagación* (trabajo en Laboratorio de Física) tiene una incidencia del 100% para el proceso de aprendizaje, mientras que la *persuasión* (presentación de un video contextualizado referido al objetivo del aprendizaje) soporta el 50% de la influencia efectiva destinada a lograr aprendizajes significativos.

La variable  $Y$  que da cuenta de la emocionalidad,  $y_0=3$ , está referida al nivel inicial de conectividad que presenta cada equipo de cuatro alumnos, y se representa por el cociente positividad/negatividad. El valor numérico propuesto señala que la *positividad* (conectividad emocional positiva entre los alumnos) se sostiene en la medida que tres de cada cuatro alumnos tienen buena conectividad entre ellos durante el proceso de aprendizaje, mientras que la *negatividad* (conectividad emocional negativa entre los alumnos) se sostiene en la conducta de un solo alumno que no logra mediatizar el proceso hacia los aprendizajes significativos.

Análogamente,  $Z$  es la variable que representa el cociente información interna/información externa, cuyo valor numérico empleado en la condición inicial,  $z_0=3$ , nos señala que la *información interna* se sostiene en la medida que tres de los cuatro alumnos trabajan comprometidamente hacia el interior del equipo, usando la información que cada uno de ellos maneja (conocimiento de conceptos de física, habilidades matemáticas de uno de los alumnos, buen uso de computador, etc.) sin apelar a formas informativas externas. En contrapartida, un miembro del equipo está más abocado a buscar *información externa* por fuera del equipo, proceso que, no obstante, no perturba ni deteriora la búsqueda de aprendizajes significativos.

La respuesta del modelo con los parámetros aplicados anteriormente se muestra a continuación:

Gráfico N° 3. Representación en tres dimensiones de los distintos tipos de dinámicas

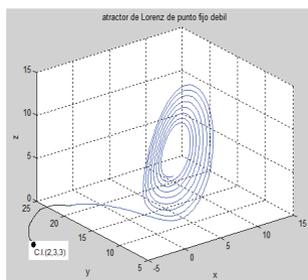


Gráfico 3.1: "Atrator de punto fijo débil",  $r=16.5$ .

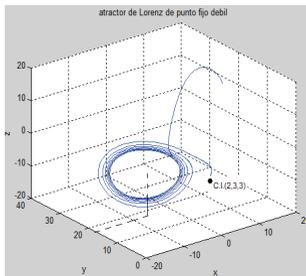


Gráfico 3.2: "Atrator de punto fijo",  $r=19.5$

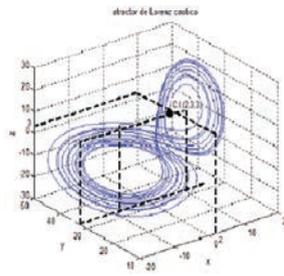


Gráfico 3.3: "Atrator de Lorenz, caótico",  $r=31$

Fuente: elaboración propia.

## 12. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos corresponden a un estudio preliminar y cualitativo, que demuestra las bondades del modelo desarrollado en este trabajo. De este modo, se valida una prueba de concepto de los objetivos propuestos.

Las dinámicas obtenidas están en relación directa con la calidad del proceso de aprendizaje, pues la variable más relevante es la de la conectividad (vínculos relacionales), es decir, la cantidad de nexos que pueden establecer entre sí los componentes de cada equipo, lo que redundará en sus rendimientos. Los distintos estados de equilibrio causan diferentes dinámicas. Los estados de equilibrio generados por la alta conectividad en cada una de las dimensiones conllevan dinámicas de tipo no lineal o caótico, Gráfico 3.3. En tanto que la conectividad media y su estado de equilibrio respecto de sus dimensionalidades se traduce en dinámicas de ciclo límite, Gráfico 3.2. La baja conectividad y su fase de equilibrio característico redundan en dinámicas de punto fijo, Gráfico 3.1.

Lo que se espera, y está aún por ser corroborado y validado por los datos experimentales, es que cada una de estas dinámicas está asociada a distintos niveles de rendimiento: i) la dinámica de atractor de punto fijo genera bajo rendimiento, ii) la dinámica de atractor de ciclo límite genera rendimiento medio, y iii) la caótica se traduce en alto rendimiento (Losada & Fredrickson, 2005). El análisis fundado en las bases de datos recopiladas en terreno debe ser cotejado con la solución teórica del modelo y correlacionado con las gráficas que se desprenden de las dinámicas no lineales.

Los objetivos de aprendizaje logrados durante el proceso de estudio están asociados al parámetro de control  $r$  o conectividad ínter-alumnos. Del resultado de las gráficas se observan los siguientes valores para  $r$ :

- Gráfico 3.1:  $r=16.5$  indica pobre conectividad. La calidad del proceso es baja, lo que significa carencia o muy poca presencia de interacciones positivas tipificadas para la actividad entre los componentes de cada equipo (diálogos, discusión respetuosa, valoración de diversos puntos de vista, humor compartido, críticas constructivas, etc., -todas conductas verificables por seguimiento u observación-). Esto determina un logro bajo de aprendizajes

significativos, el que se comprueba a través de la aplicación de diversos instrumentos de evaluación al equipo de trabajo y a cada uno de sus componentes al final del proceso. Una vez que un equipo (o una organización) ingresa en una dinámica de punto atractor es extremadamente difícil que salga. Como señalan Baumeister et al. (2001), un atractor puntual (por ejemplo, para la dimensión de las emociones, la negatividad es mayor que la positividad) es un atractor poderoso y extremadamente estable. Según lo que establece la Segunda Ley de la Termodinámica, una vez que un sistema alcanza la homogeneidad total, nada nuevo ocurrirá en él (Losada & Heaphy, 2004). Un equipo (u organización) con predominio de un atractor puntual de tales características está muerto ante la complejidad de un mundo que exige constante adaptación e innovación.

- *Gráfico 3.2:  $r=19.5$*  señala media conectividad. En este caso la calidad del trabajo es más bien mediocre, lo que señala presencia intermedia o mediana de interacciones positivas tipificadas para la actividad entre los componentes de cada equipo (diálogos, discusión respetuosa, valoración de diversos puntos de vista, humor compartido, críticas constructivas, etc.). Esto determina un logro medio de aprendizajes significativos, el que se comprueba a través de la aplicación de diversos instrumentos de evaluación al equipo de trabajo y a cada uno de sus componentes al final del proceso.
- *Gráfico 3.3:  $r=31$*  muestra alta conectividad. En esta condición la calidad es alta, indicando que el nivel de las interacciones positivas (diálogos, discusión respetuosa, valoración de diversos puntos de vista, humor compartido, críticas constructivas, etc.) entre los componentes de cada equipo es muy bueno. Esto establece que el logro de aprendizajes significativos es alto. Esto se coteja a través de las mediciones realizadas por diversos instrumentos de evaluación aplicados tanto al equipo de trabajo como a cada uno de sus componentes al cerrar la sesión. Disponemos, entonces, de un indicador decisivo para la calidad del proceso educativo. El indicador debe ser contrastado con el que se obtenga de la medición experimental, punto en el que finaliza el trabajo y, a su vez, se valida. Claramente es de difícil seguimiento y obliga a modificar profundamente varios de los agentes importantes que participan en el proceso educativo (por ejemplo, la forma de trabajo de los alumnos, siendo esencial el cambio de eje desde la teoría hacia las formas experimentales, campos emocionales, condiciones iniciales, Internet, presencia de las ATA, información al interior y al exterior de los equipos, evaluaciones, etc.). Por ende, es necesario repensar el proceso educativo que se realiza en la actualidad y que se acepta como la base para un buen aprendizaje, especialmente, en vistas de la vulnerabilidad emocional y su proyección futura en los niños.

A partir del modelo teórico propuesto, y haciendo una conexión y una analogía con los trabajos de Losada (2004), en nuestro caso en contextos educacionales, se puede afirmar que se cumple el planteamiento de que los equipos de alto rendimiento se caracterizan por ser capaces de crear un gran número de nexos, sinergia y dominio del parámetro de control o “conectividad”, es decir, de refuerzo mutuo y de crecimiento.

Losada (1999) determinó que el parámetro de control (o conectividad) puede causar un cambio radical en cualquier organización, aunque éste es difícil de alcanzar. Cuando la conectividad es alta, se observa un equilibrio dinámico entre indagación/persuasión y orientación interna/orientación externa, además de una mayor positividad. Cuando la conectividad es media, la relación de positividad a negatividad es mucho más baja que la de los equipos de alto desempeño, y existe un desequilibrio hacia la persuasión y la orientación interna. Cuando la conectividad es baja, existe una preponderancia de la negatividad sobre la positividad, y un desequilibrio muy definido hacia la persuasión y la orientación interna (Losada, 1999).

Tal como se señaló, si bien estos resultados preliminares son muy novedosos en función de las ideas planteadas, está muy avanzada la investigación de su validación cuantitativa. Las consecuencias, basadas en el seguimiento observacional de equipos de alumnos en sesiones de Laboratorio de Física, son muy promisorias y correlacionadas. Este seguimiento no invasivo de las formas relacionales de los alumnos en aula, que es muy fino y específico, coloca el énfasis en aquellas conductas tipificadas que permiten un análisis experimental de las dimensionalidades presentadas en este trabajo. Con ello se corrobora la idea principal que nos indica que para lograr aprendizajes significativos es fundamental el parámetro de control o conectividad,  $r$ , el que está asociado a la transformación del campo emocional y a un cambio en la emocionalidad del alumno.

Se pretende que, a partir de estos resultados, se den orientaciones a los agentes educativos, de tal forma que comprendan que la calidad de la educación requiere de una transformación. Dicha transformación parte por considerar la integridad de la persona humana, de la cual las emociones son parte esencial y, por lo mismo, pueden determinar el éxito o el fracaso del proceso de aprendizaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Balanzkat, A., Blamire, R. & Kefala, S. (2006). *The ICT Impact Report: A Review of Studies of ICT Impact on Schools in Europe*. Retrieved on November 11, 2012 from [http://insight.eun.org/www/en/pub/insight/misc/specialreports/impact\\_study.htm](http://insight.eun.org/www/en/pub/insight/misc/specialreports/impact_study.htm)

Bareman, R. y Gottman, J. M. (1989). *Observación de la interacción: Introducción al análisis secuencial*. Madrid: Morata.

Baumeister, R., Bratslavsky, E., Finkenauer, C. & Vohs, K. (2001). Bad is Stronger than Good. *Review of General Psychology*, vol.5 (4), 323-370.

Carr, N. (2011). *Superficiales: ¿Qué está haciendo Internet con nuestras mentes?* México D.F.: Taurus.

Capra, F. (1982). *El punto crucial*. Buenos Aires: Estaciones.

Cacioppo, J. T. & Berntson, G. G. (1999). The Affect System: Architecture and Operating Characteristics. *Current Directions in Psychological Science*, vol.8 (5), 133-137.

Cohen-Tannoudji, C., Diu, B. & Laloë, F. (1977). *Quantum Mechanics. Vol. I & II*. Paris: Hermann and John Wiley & Sons.

Connes, A. (1990). *Noncommutative Geometry*. San Diego: Academic Press.

Dirac, P. A. M. (1956). *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford: Clarendon Press.

Echeverría, R. (2005). *Ontología del lenguaje*. Santiago de Chile: LOM.

Faires, J. D. y Burden, R. (2004). *Métodos numéricos*. Madrid: Thomson.

Goleman, D. (2005). *La inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.

Gottman, J. (1994). *What predicts divorce? The Relationship between Marital Processes and Marital Outcomes*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Grassberger, P. & Procaccia, I. (1982). Characterization of Strange Attractors. *Physical Review Letters*, vol.50 (5), 346-349.

Grün, E. y Del Caño, E. (2003). *Ensayos sobre sistémica y cibernética*. Buenos Aires: Dunken.

Ibáñez, N. (2002). Las emociones en el aula. *Estudios Pedagógicos*, (28), 31-45

Kaspar, F. & Schuster, H. G. (1986). Easily Calculable Measure for the Complexity of Spatiotemporal Patterns. *Physical Review A*, vol.36 (2), 842-848.

Laughlin, R. B. (2007). *Un universo diferente. La reinención de la física en la edad de la emergencia*. Buenos Aires: Katz.

- Losada, M. & Fredrickson, B. L. (2005). Positive Affect and Complex Dynamics of Human Flourishing. *American Psychologist*, vol.60 (7), 678-86.
- \_\_\_\_\_. & Heaphy, E. (2004). The Role of Positivity and Connectivity in the Performance of Business Teams. *American Behavioral Scientist*, vol.47 (6), 740-765.
- \_\_\_\_\_. (1999). The Complex Dynamics of High Performance Teams. *Mathematical and Computer Modelling*, vol.30 (9-10), 179-192.
- Lorenz, E. (1976). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of Atmospheric Sciences*, vol.20 (2), 130-141.
- Maturana, H. (2001). *Emociones y lenguaje en educación y política*. Santiago de Chile: Dolmen.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España (2002). *Ley Orgánica 10/2002 de Calidad de la Educación*. Madrid: Secretaría General Técnica, Subdirección General de Información y Publicaciones.
- Monzó, J. (2008). *Pensamiento sistémico. Teoría del caos: Una mariposa en el reloj*. Recuperado el 7 de octubre de 2012 desde <http://www.blogger.com/profile/16346186836123661127>
- Moriello, S. (2005). *Inteligencia natural y sintética*. Buenos Aires: Nueva Librería.
- Nakamura, S. (1997). *Análisis numérico y visualización gráfica con Matlab*. México D.F.: Pearson.
- Pacheco, P., Villagrán, S., Guzmán, C., Muñoz, I., Quiroz, E., Vásquez, L. y Donoso, R. (2011). *Modelo de dinámica de sistemas complejos para analizar las emociones, las formas relacionales y los aprendizajes significativos con proposición experimental para su comprobación*. Recuperado el 10 de noviembre del 2012 desde <http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/files/conferences/1/schedConfs/1/papers/2535/submission/review/2535-6949-1-RV.pdf>
- Rodríguez, M. L. (2010). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona: Octaedro.
- Schuster, H. G. (1995). *Deterministic Chaos*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GMBH & Co.KGaA.
- Spire, A. (2000). *El pensamiento de Prigogine*. Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Sprott, J. C. (2006). *Chaos and Time. Series Analysis*. New York: Oxford University Press.
- Varela, F., Thompson, E. y Rosch, E. (1997). *De cuerpo presente*. Barcelona: Gedisa.
- Zill, D. (1988). *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*. México D.F.: Ibero América.
- Ziv, J. & Lempel, A. (1977). A Universal Algorithm for Sequential Data Compression. *IEEE Transactions on Information Theory*, vol.IT-23 (3), 337-343.

