

Trayectorias evolucionistas en la dinámica de la empresa: una aproximación por dinámica de sistemas

Organisations' evolutionary dynamics: a group dynamics approach

Germán Eduardo Vargas¹

RESUMEN

La actividad de las firmas, como unidad socioeconómica, en el marco evolucionista está orientada integralmente por procesos de identidad, cohesión y mecanismos de adaptación y evolución; en este orden, el presente documento ilustra, a través de un modelo por dinámica de sistemas, cómo la orientación e integración estratégica basada en el conocimiento para la innovación se constituye como un imperativo de desarrollo que, a partir de un pequeño apalancamiento, permite distinguir entre dos trayectorias de evolución, a saber: firmas económicas tradicionales (inerciales, pues introducen mejoras incrementales esporádicas) y modernas (dinámicas y radicalmente innovadoras), hecho a partir del cual se obtienen reveladoras conclusiones y desafíos para intervenir y adecuar el comportamiento de las empresas.²

Palabras clave: direccionamiento estratégico, gestión del conocimiento, innovación organizacional, economía evolucionista, dinámica de sistemas.

ABSTRACT

Colombian entrepreneurs' straggling, reactionary and inertial orientation has been inconsistently justified by the availability of internal and leveraged resources, a concept intensifying deficient technological capacity. Company activity (seen as being a socioeconomic unit) has been integrally orientated within an evolutionary framework by company identity and cohesion as well as adaptation and evolutionary mechanisms. The present document uses a group dynamics' model to illustrate how knowledge-based strategic orientation and integration for innovation have become an imperative for development, from slight leverage, distinguishing between two evolutionary company forms: traditional economic (inertial, as they introduce sporadic incremental improvements) and modern companies (dynamic and radical innovators). Revealing conclusions obtained from such model may be used for intervening in and modernising company activity.

Keywords: strategic management, knowledge management, organisational innovation, evolutionary economics, systems' dynamics.

Recibido: agosto 8 de 2005

Aceptado: marzo 8 de 2006

Antecedentes generales de la situación

Los estudios que sobre innovación y desarrollo empresarial se han realizado en el país (EDT, 1996-2005; Castellanos *et al.*, 2005; Durán *et al.*, 2000) evidencian la baja capacidad competitiva de las firmas colombianas, en referencia con los mercados externos, entendiendo que las acciones de la empresa colombiana, de modo agregado se caracterizan:

- En el campo de la *innovación* (EDT, 1996), por su informalidad, predominando las mejoras incrementales focalizadas en la resolución no planificada de problemas y la adopción de cambios o -mejor aún- modificaciones "sobre la marcha", con lo que se procura reducir los riesgos e incertidumbres de las actividades innovativas y los costos fijos asociados a ellas.

¹ Egresado y docente ocasional de cátedra, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Estudiante de maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes. Consultor Plan Estratégico, Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico e Industrial, Colciencias – Corporación Calidad, 2005–2019. ger-varg@uniandes.edu.co, gevargasg@unal.edu.co

² La investigación que se reseña en este documento está inspirada a partir de las experiencias del autor en el proceso de planeación estratégica del programa de industria de Conciencias, actualmente cursa como trabajo de grado en la maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes, asesorada por el profesor Andrés Mejía, Ph.D., y su elaboración ha contado en diferentes etapas con los comentarios de Andrés Mejía, Isaac Dyrner y Diego Gómez (Ecsim).

- En el ámbito *organizacional* (EDT, 1996), la cadena de valor del proceso de desarrollo es discontinua, debido a que, de modo excluyente, el origen de las ideas proviene de los directivos y, en contraste, las actividades son desarrolladas por el personal básico de producción. En consecuencia, las formas organizacionales no fomentan la cooperación entre sus agentes, pues la cultura concentrada legitima la necesidad y el oportunismo como estímulos para sus relacionamientos (Corporación Calidad, 2000).
- En términos *estratégicos*, el desarrollo de la empresa colombiana ha estado basado en el enfoque de oferta, orientado por la consolidación de las ventajas comparativas existentes y la eficiencia de la producción, en olvido de la evolución en la visión del desarrollo a través de la creación de nuevas capacidades y mercados (Castellanos, *et al.*, 2005).

De acuerdo con lo anterior, y atendiendo a una metáfora asociada con el ser humano, la típica empresa colombiana puede definirse como un cuerpo prominente muscularmente (*i.e.*, concentrado en la producción y el capital físico), con poco desarrollo intelectual (*i.e.*, procesos artesanales de coordinación y gestión) y carente de sentidos (*i.e.*, no atiende a las señales del mercado: miopía y poco olfato para las tendencias en oportunidades y amenazas de la innovación).

De modo recurrente, esta orientación reactiva e inercial del empresarismo colombiano es legítimamente justificada (Castellanos *et al.*, 2005; EDT, 1996), como un problema de recursos". Sin embargo, lo realmente significativo es cómo aunado a esta deficiente disponibilidad de medios (*i.e.*, baja capacidad tecnológica existente y escasez de recursos), se pierden los fines estratégicos. Así, uno de los clásicos efectos del no reconocimiento consciente de esta limitación, explica por qué muchas empresas relacionan retrospectivamente sus éxitos con el uso de su "inteligencia", pero sus fracasos con el impacto de factores exógenos.

Estrategia metodológica

Cuando se habla de organizaciones evolucionaria, debe tenerse en cuenta que bajo este adjetivo se concentra una serie de procesos que han configurado un tipo de organización (en un entorno) particular a través del tiempo. En este proceso, la generación y armonización de series de conocimiento organizacional que permitan responder flexiblemente a los embates de entorno, con una estrategia de innovación estable en el tiempo, es un dilema integral.

Como consecuencia sistémica de lo anterior, la organización "evolucionista" tiene como propiedad emergente el proceso de innovación, y el reto propuesto es entender cómo se originan estos procesos dinámicos, e identificar incentivos directos para la "explotación" de externalidades, donde inicialmente el conocimiento es creado (Nonaka y

Takeuchi, 1995), seleccionado y difundido por las personas y los grupos ocupacionales especializados (Lazarick *et al.*, 2004) y, adicionalmente, concibe a la organización como un sistema de conocimiento que interviene como proveedor de contexto y de recursos diversos (Nelson, 1995).

El enfoque evolucionista es emergente y plantea metodológicamente una limitante singular: no ha logrado hacer operativa su propuesta, entre otras razones, debido a los insuficientes acumulados y contenidos de información empírica disponible. Para estos efectos, considere la dinámica de sistemas (Forrester, 1961) como metodología de modelización y aprendizaje, en la articulación de las relaciones de causalidad circular identificadas en la información existente (EDT, 1996; Vargas, 2005; Vargas, 2006; Castellanos *et al.*, 2005), de las cuales se distinguen cuatro principios constituyentes en la decisión y acción de la organización evolucionista (estrategia, integración, conocimiento y evolución, entendida como la efectividad de la innovación).

Este enfoque posee dos implicaciones fundamentales: (1) en teoría ayuda a entender los determinantes sistémicos de la innovación a través de las estructuras de conocimiento; (2) en la práctica, un análisis empírico de este sistema evolutivo puede ayudar a revelar debilidades, limitaciones, y reflejar las áreas de enfoque para el establecimiento de políticas que estimulen las conexiones y sinergias cuya intervención adecuaría su desempeño.

Elementos de enfoque para el análisis sistémico de la evolución empresarial

Estrategia y estructura como condicionantes de la selección y difusión

Los sistemas sociales tienen la particularidad de "seleccionar" su entorno en la medida de sus propias posibilidades estratégicas y estructurales (Luhmann, 1994; *i.e.*, autopoiesis, Maturana y Varela, 1997); en otras palabras, todo sistema socioeconómico observa su entorno a partir de su propia función (Figura 4). De esta manera, la diferenciación sistema-entorno se define como principio de estructuración y evolución en los sistemas de naturaleza social y, para el caso evolucionista basado en el conocimiento, es el constituyente fundamental que permitirá diferenciar los procesos de operación (*i.e.* fortalezas, lo que la empresa sabe y produce), de gestión (*i.e.*, proyección y superación de brechas, debilidades y amenazas), y de innovación (*i.e.*, exploración de oportunidades).

Esta aproximación del modelo de desarrollo empresarial basado en el conocimiento implica, entonces, implícitamente, un requerimiento fundamental: coevolución tecnológica y social, esto es, cuando se contrastan variables como la innovación entre empresas tradicionales y modernas, realmente se contrastan firmas dinámicas que han evolucionado, relativamente, con nuevas formas de organización (Lundvall, 1998), para absorber las asimetrías en la genera-

ción y aplicación de conocimiento, y el asincronismo entre la oferta y la adaptabilidad a la demanda.

Innovación en el marco endógeno de evolución de las empresas

La innovación intensiva en conocimiento, como determinante del desarrollo productivo basado en el conocimiento, es identificada por Schumpeter como el agente de cambio que dinamiza externalidades en los sistemas productivos, logrando "romper" los flujos circulares de una economía en equilibrio estático (Schumpeter, 1978). De modo concluyente, en este nuevo orden la competitividad proviene directamente de la innovación, no de la optimización. Es decir, desde este enfoque (Nelson y Winter, 1977, 1982), producir significa combinar factores (primer ciclo de aprendizaje); por su parte, innovar implica cambiar las combinaciones de estos factores (segundo ciclo de exploración).

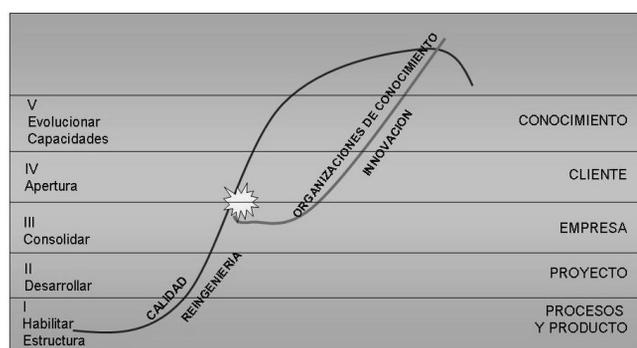


Figura 1. Énfasis en la evolución de la firma (modificado de Handy, 1989)

La anterior descripción puede visualizarse a través de la curva de Handy (1989), la cual representa el énfasis que las empresas disponen en su operación diaria mientras evoluciona (Figura 1), discriminando dos enfoques: una curva logística que evoluciona desde el proceso (el producto, el proyecto, el negocio, el cliente y el conocimiento), y una ruptura exponencial focalizada en el conocimiento y la innovación.

Estas dos trayectorias, recurrentes en la literatura (Abemathy y Utterback, 1978; Lazaric y Raybaut, 2004), habilitan la definición de dos modos de operación: cambios incrementales en la evolución de la firma; y cambios radicales, de mayor celeridad y crecimiento, del modo descrito a continuación.

Articulación del problema

Supuestos fundamentales del análisis propuesto

- La naturaleza dinámica de la adquisición de información es esencial para entender el desarrollo, pues, en primer término, las simetrías corrigen los problemas de coordinación y desigualdad y, segundo término, la adecuación de las conductas estratégicas en la

planeación se ajusta a la temporalidad de la información actualizada que la orienta (esto es, el efecto de los retardos en la coordinación y difusión).

- La endogeneización de las interacciones dinámicas favorece las relaciones de coordinación entre decisión e información (Coombs, et al., 2001; Jacoby, 2005; Lazaric y Raybaut, 2004).

Hipótesis dinámicas

La identificación de las pautas de comportamiento (Baum y Singh, 1994, pp. 141) de las firmas está condicionada por unos procesos y reglas de operación específicos a cada firma (Tabla 1), entre las cuales se resaltan dos tipos: *tradicional*, caracterizada por niveles de evolución discontinuos e inerciales; y *radical*, caracterizada por niveles de evolución acumulativos, a través de una línea de desarrollo deliberadamente sostenida.

Tabla 1. Desafíos característicos de la evolución

Corto alcance (incremental)	Largo plazo (radical)
Uniformidad (estandarización)	Flexibilidad
Homogeneidad	Heterogeneidad (diversidad)
Especialización	Integración
Calidad	Creatividad

El fundamento del modelo, representado en la Figura 2, es ilustrar un escenario tradicional de desarrollo (nivel de evolución bajo), y cómo es posible intervenir el sistema para estimular dinámicas radicalmente evolucionistas (niveles de evolución progresivamente más altos).

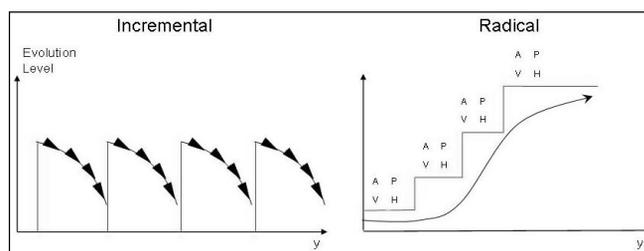


Figura 2. Modos de referencia de las trayectorias evolucionistas

Modelización de la evolución organizacional

La formulación del modelo considera tres niveles de indagación y actuación: el de las coherencias estructurales internas del sistema, originado por los componentes y las relaciones; el de las coherencias estructurales entre el medio y el sistema; y el de las dinámicas entre el sistema y el medio, definidas a través de la siguiente aproximación.

Aproximación analítica al modelo

Considere una organización empresarial estructurada por rutinas y conocimiento jerarquizado. Para ello, suponga n agentes (a) cada uno con diferentes conocimientos, tácticos o articulados, k_a ($a=1, \dots, n$) específicos y asimétricos. Esto sugiere que la integración de los individuos en la

estrategia organizacional está determinada, según su posición y conocimiento, a través del desarrollo de tres tipos de prácticas organizacionales (Nelson, 1995):

Actividades innovadoras, A_i

Actividades tradicionales, A_t

Actividades de difusión (aprendizaje y adaptación estratégica), A_{da} .

Considere ahora diferentes estructuras organizacionales que determinan distintas funciones de integración entre los conocimientos (K) y las actividades (A), previamente dispuestos, que habilitan la existencia de sinergias y un acervo de conocimiento en el tiempo, F_y (ecuación 1):

$$F_y \geq \sum_0^y \{A_i \cap A_t \cap A_{da}\} \quad (1)$$

donde, $A_{da} \geq \sum_{a=1}^n K_a, \forall \text{agentes}$, en el tiempo y

Ecuación 1. Historia cognoscitiva de la organización

Es decir, la configuración de la estructura habilita tanto como delimita a la estrategia (Lazonick, 2001), dinamizando la expansión de las actividades innovadoras, mediatizadas por las de difusión y aprendizaje (Coombs et al., 2001; Cowan, 1991), así como la obsolescencia de las actividades tradicionales mediante la interacción entre agentes dentro y fuera de la organización.

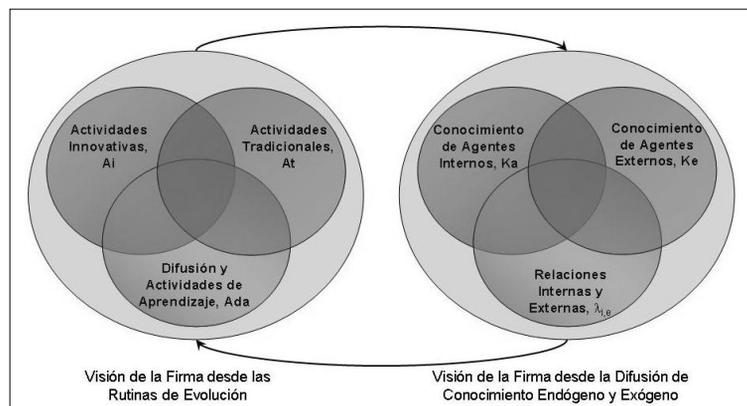


Figura 3. Causalidad dialógica y sinergias en el proceso evolucionario

Atendiendo a esto (Figura 3), la caracterización de dinámicas evolutivas no solo está sujeta al acervo de conocimiento, sino a la efectividad del desarrollo de la organización como sistema, es decir, su integración interna y externa (ecuación 4), como criterio que posibilita la intersección y difusión de aprendizajes desde dentro y fuera de la firma (λ_i, λ_e), diversificando su gestión (ecuación 2).

$$E_T = \{\lambda_e(A_i)^{K_e} + \lambda_i(A_t)^{K_a} + \lambda(A_{da})^{(K_e+K_a)/2}\} / 3 \quad (2)$$

donde $K_e, K_a \in (0,1] \wedge \lambda_i, \lambda_e, \lambda \in [0,1]$

Ecuación 2. Integración estratégica para la difusión y la evolución

Como condición de evolución, la expansión de las actividades innovadoras sugiere que su crecimiento debe ser mayor que el de las actividades tradicionales, que inercializan a la organización, en referencia a su entorno (ecuación 3).

$$\left(\frac{[\partial A_i / \partial y]}{A_i} \right) > \left(\frac{[\partial A_t / \partial y]}{A_t} \right) \quad (3)$$

Ecuación 3 – Tasas de desarrollo en la evolución

Determinantes causales de la dinámica evolucionista sistémica

- *Diversidad de las fuentes estratégicas de innovación.* Esta variable es elemento crítico en el proceso de evolución, en general. Representa la variedad organizacional a través de la integración de múltiples fuentes internas y externas de generación y difusión innovadora.
- *Absorción (difusión) del entorno por la organización.* Definida como la incorporación de conocimiento en la organización, como sinergia de los niveles orgánicos en la difusión (y expansión) de los límites de la organización, por medio del desarrollo de una identidad de conocimiento organizacional gestionado.
- *Evolución.* Determinado por la intensidad del trabajo calificado y la integración de diversos agentes alrededor de la innovación organizada. Está caracterizada como el nivel de evolución, según sea, tradicional o incremental, y radical.
- *Integración estratégica (integral).* Comprende las asimetrías que se generan en la organización si no existe integración vertical y horizontal que supere los enfoques excluyentes y jerarquizados.

Adicionales a las variables de estado y control descritas, las políticas estratégicas de estimulación incorporadas (Figura 4), contienen los siguientes criterios:

- *Movilización cognitiva,* fundamentada en la desconcentración de la producción y la movilización en cantidad y capacidad de sus agentes calificados hacia las instancias blandas de la innovación estratégica.
- *Innovación organizacional,* donde las estructuras organizacionales absorben formas más complejas, flexibles y diversificadas que permiten articular diferentes niveles y dimensiones de la firma en la orientación estratégica y el desarrollo de actividades de innovación.
- *Introducción de mejores condiciones laborales,* a través de la inducción de mecanismos de estímulo a la

actividad emprendedora competitiva, a través de contratos de aprendizaje y conocimiento, y bonos de formación y participación.

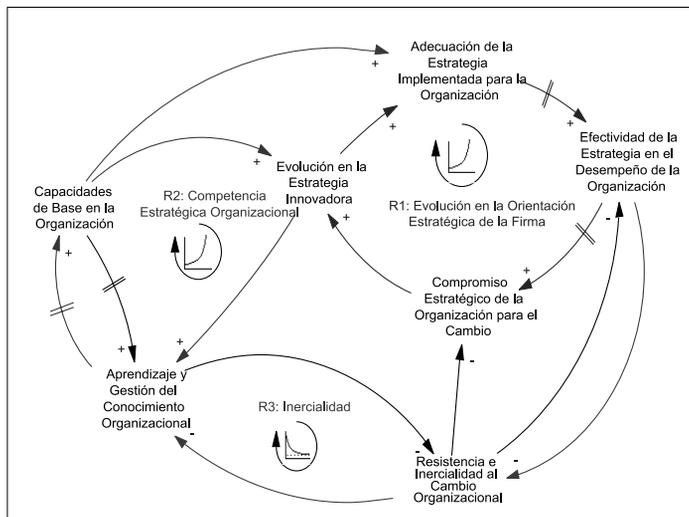


Figura 4. Modelo causal dinámico del proceso de evolución de la estrategia de innovación

Exploración de los escenarios obtenidos

Nivel de evolución tradicional

En condiciones normales, las variables del modelo están definidas para niveles bajos de desarrollo (en promedio 15%). Bajo estas condiciones se realizó una serie de ejecuciones del modelo, a partir de lo cual se extrae un patrón de evolución “diferente” al definido en la hipótesis dinámica. Concretamente, la línea de desarrollo tradicional define una curva en principio ascendente. Pese a esta diferencia, el ciclo estacional obtenido es la imagen espejo del hipotetizado (Figura 5), en un resultado que de modo manifiesto resulta interesante, pues la trayectoria vinculada a dicho comportamiento bien puede explicar la recuperación progresiva del desempeño, una vez introducidas las mejoras incrementales y ocasionales, mientras que la literatura promueve una situación de mejora inmediata. Adicionalmente, una vez alcanzado un nivel de desarrollo superior, la curva cae

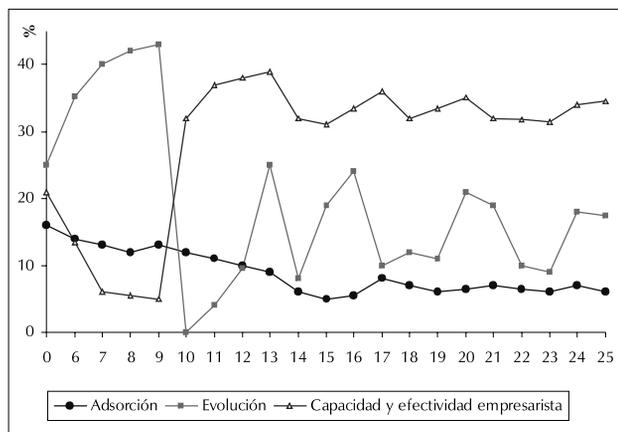


Figura 5. Trayectoria inercial e incremental obtenida

exponencialmente como consecuencia de la estrategia incremental implementada, donde los cambios no continuos son periodos de inactividad sujetos a dinámicas regresivas explicadas por la influencia del entorno competitivo.

Nivel de evolución radical

Una vez obtenidas las condiciones tradicionales normales, se procedió a estimular el sistema por medio de las políticas mencionadas, las cuales se manejaron en niveles progresivamente bajos; para entenderlo, se aplico un pulso no continuo de (15%) en el tercer año de evolución únicamente. Consecuente con esta intervención, la línea de evolución toma la forma logística hipotetizada (Figura 6), escalonada por picos no muy pronunciados que explican el permanente ajuste entre la organización y su entorno.

Las rutas estratégicas para la evolución identificada en este otro escenario, respaldan entonces la hipótesis dinámica definida para este modelo complementario de desarrollo, demostrando la existencia de patrones dinámicos de variación, continuos en respuesta de la estrategia a las variaciones aleatorias o sistemáticas a las que está expuesta. Como consecuencia, la implementación de esta estrategia radical requiere de mayores capacidades de aprendizaje y gestión estratégica: apalancando la construcción de capacidades que dinamicen el crecimiento endógeno y logístico de la firma, paralelo a la generación permanente de condiciones sociales en la organización que integran la sostenibilidad de la estrategia.

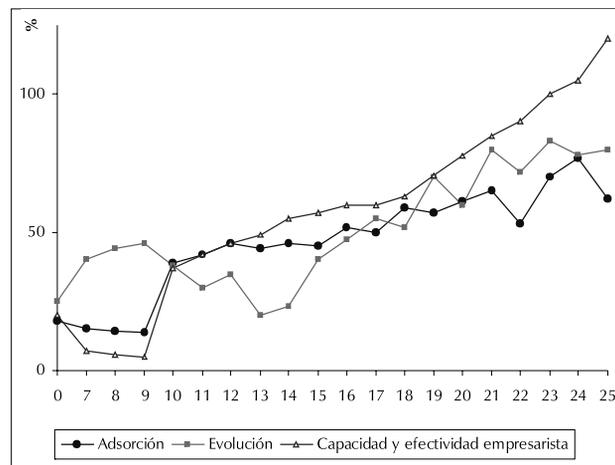


Figura 6. Trayectoria radical sigmoidea obtenida

Aprendizajes fundamentales, conclusiones y desafíos de indagación propuestos

La necesidad de generar condiciones propicias para el surgimiento de procesos gestionados por conocimiento en el sostenimiento de la evolución competitiva de las firmas es entonces una situación que se plantea como medio y fin en sí misma. Medio, pues permite generar y

articular elementos para responder a las necesidades planteadas por la innovación; fin, pues de la innovación y el conocimiento emerge una especialización diversificada, de cuyas externalidades positivas se distinguen firmas con heterogeneidad (cuyos recursos y capacidades no están disponibles en las mismas condiciones) y cuya evolución permite retroalimentar la moderna función de la empresa.

De modo concreto, los hallazgos más interesantes de la indagación desarrollada, incluyen las siguientes:

La consecuencia más importante de la adopción de estrategias especializadas en incorporar mejoras incrementales es que disminuye la probabilidad de encontrar **diversidad de trayectorias** tecnológicas en las firmas. Una posible causa es el básico conocimiento del "sistema" (productivo, tecnológico y social) en conjunto.

La incorporación de tecnologías habilitadoras de la estructura debe entenderse como un refuerzo de los procesos de cambio que buscan garantizar la representación y priorización estable de una visión global de la estrategia organizacional, que debe construirse, validarse y legitimarse en un compromiso organizacional que sistémicamente mantenga su coherencia en el desdoblamiento programático en todas las instancias que enlazan las previsiones a corto plazo (contingentes inclusive), con aquellas de mayor recorrido.

En general, las diferencias entre firmas parecen un determinante importante para la definición específica de trayectorias evolucionistas, aunque es evidente la distinción de los dos patrones identificados, donde la convergencia de acciones estructurantes debe fortalecerse del **desarrollo de capacidades para la gestión activa del sistema por parte de todos sus agentes**. Lo anterior implica que a medida que la evolución aumenta, es necesario **aprovechar la división del trabajo** en todas las áreas de la firma, incluyendo la administración y la gestión.

Estas **restricciones estructurales y los requerimientos evolutivos del cambio requieren el mantenimiento de un sistema organizacional abierto** que garantice la posibilidad de experimentar con formas organizacionales orientadas por las necesidades colectivas que, para el caso del proceso de integración estratégica de las diversas fuentes de aprendizaje e ideas innovadoras (internas y externas a la firma), explicita los beneficios de la interacción efectiva y la gestión distribuida del conocimiento innovador.

La estimulación de la movilidad y conectividad de los recursos y los agentes para la promoción, desarrollo y apropiación de las iniciativas innovadoras, requiere incentivos, a través de bonos educativos y efectivos por resultados. Igualmente, debe resaltarse cómo

la aplicación de estos incentivos puede ser maligna, si no es concebida de modo que favorezca el desarrollo de áreas blandas en la organización donde, para el caso productivo, por ejemplo, se bonifican las horas extras, no las horas ahorradas.

En la medida en que la estructura organizacional facilite la sincronía entre persona e información se creará un entorno de conocimiento democrático, donde los instrumentos de "poder" se gestionan a partir de un control que se ha introyectado de modo informático. Así, **la gerencia del conocimiento requiere un contrato de conocimiento** que permita redistribuir los beneficios y compromisos asociados a la innovación para la evolución.

El conocimiento tiene, entonces, la capacidad de generar sinergias sin perder su valor, por lo que la interacción no excluyente de estos elementos obedece a una lógica que da lugar a innovaciones sistémicas concretadas en las subculturas ocupacionales, que son las que ejercen mayor influencia debido a que involucran agentes que comparten actividades e interactúan permanentemente, constituyendo grupos cohesionados que van generando sus propios significados culturales.

Las implicaciones de esta visión pueden ser mejor interpretadas a través de un diagrama de árbol (Figura 7), que se apoya en el manejo de una metáfora alternativa tomada desde la biología: la raíz del proceso es el núcleo estratégico de las capacidades cultivadas; el tronco contiene la incorporación de procesos y gestión y, finalmente, los frutos deben ser la facilitación de la innovación.

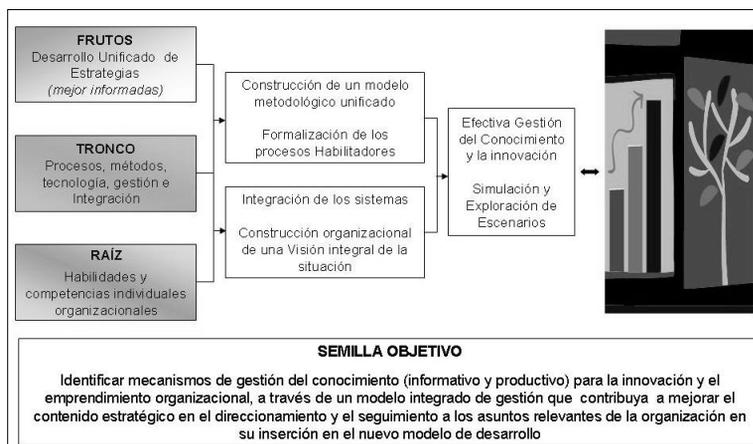


Figura 7. Diagrama de árbol de la estrategia evolutiva fuente: autor.

Bibliografía

Abernathy, W., y Utterback, J., A dynamic model of process and product innovation., Omega, 3 y (1978)., Patterns of Industrial Innovation., Technology Review, Junio – Julio, 1975.

Baum, J., y Singh, J., Organizacional hierarchies and evolutionary processes: some reflection on a theory of organizational evolution., In Evolutionary Dynamics of Organizations, Baum & Singh Eds., Oxford University Press, 1994.

- Castellanos, G., Gómez, D., Hernández, I., y Vargas, G., PDTIC - Plan estratégico, programa nacional de desarrollo tecnológico e industrial y calidad, 2005-2019., Colciencias, Corporación Calidad, Bogotá, Colombia, 2005.
- Coombs, R., Mark H., y Bruce T., Analysing Distributed Innovation Processes, CRIC, The University of Manchester & UMIST, Discussion Paper No 43, May. Localización, URL: <http://les1.man.ac.uk/cric/Pdfs/dp43.pdf>, 2001.
- Corporación calidad., Innovación y cultura de las organizaciones en tres regiones de Colombia. Bogotá, 2000.
- Cowan, L., Reorganizing organizations and information: how knowledge technologies squash hierarchy and alter the role of information., En: Document image automation, septiembre-octubre, 1991, pp. 288-294.
- Dosi, G., Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation., Journal of Economic Literature, Vol. XXVI, Septiembre, 1988, pp. 1120 – 1171.
- Durán, X., Ibáñez, R., y Salazar, M., La innovación tecnológica en Colombia. Características por Sector industrial y región geográfica., Bogota: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología., 2000.
- EDT., Departamento Nacional De Planeación – Colciencias., Encuesta Nacional de Desarrollo Tecnológico. Bogotá, 1996; 2005.
- Forrester, J., Industrial Dynamics., MIT Boston Group, 1961.
- Grant, R., Toward a knowledge-based theory of the firm., Strategic management journal, Vol. 17, Special issue, 1996, pp. 109-122.
- Handy, Ch., The age of paradox, Harvard Business School Press, Boston. Modificación de la curva, propuesta por Amidon Debra (1997)., Innovation Strategy for the Knowledge Economy: The Ken Awakening, Butterworth-Heinemann, Newton MA., 1989.
- Jacoby, N., Evolutionary Analysis of the Firm and Internal Selection., Working Paper, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne, 2005.
- Lazaric, N., y Raybaut, A., Knowledge Creation Facing Hierarchy: the Dynamics of groups inside the Firm., Journal of Artificial Societies and Social Simulation, Vol. 7, No. 2, 2004. URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/7/2/3.html>.
- Lazonick, W., Understanding Innovative Enterprise: Toward the Integration of Economic Theory and Business History., Available at www.insead.fr, 2001.
- Luhmann, N., Organización y decisión: autopoiesis, acción y control comunicativo., Editorial Antropos, Barcelona, 1994.
- Lundvall, B-?, Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation.. En FREEMAN *et al.*, Technological Change and Economic Theory, Londres: Printers, 1998.
- Maturana, H., y Varela, F., De Máquinas y Seres Vivos., Granica. Bs.As., 1997
- Nelson, R., y Winter, S., In search of useful theory of innovation., Research Policy, Vol. 6, 1977, pp. 36-76.
- Nelson, R., y Winter, S., An evolutionary theory of technical change., Harvard University Press, Cambridge, 1982.
- Nelson, R., Recent Evolutionary Theorizing About Economic Change., Journal of Economic Literature, Vol. XXXIII, marzo, 1995, pp. 48-90.
- Nonaka, I., y Takeuchi, H., The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation., Oxford University Press, New York, 1995.
- Schumpeter, J. A., Teoría del Desarrollo Económico., Fondo de Cultura Económica, México, 1978.
- Vargas, G., Systemic Effectiveness's Development on Entrepreneurial through national innovation systems in Colombia., System Dynamics Conference, Boston, 2005, pp. 14; 147. Disponible en la Web. URL: <http://www.systemdynamics.org/conf2005/proceed/proceed.pdf>
- Vargas, G., Efectividad sistémica e innovación en el desarrollo empresarial en Colombia., Revista de ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, No. 22, 2006, pp. 12-22.



**Grupo de Investigación AFIS (Análisis de Fallas, Integridad y Superficies).
Código COLCIENCIAS: COL0029084. Categoría A.**

Áreas Temáticas: El grupo trabaja sus proyectos de investigación enmarcados en cuatro líneas de investigación generales: (a) análisis de integridad de equipos e instalaciones mecánicas, (b) estudio en mecanismos de falla de elementos mecánicos (fractura, desgaste, corrosión, deformación); (c) tratamientos superficiales aplicables a materiales para aumentar su resistencia ante algún mecanismo de falla en específico y (d) tratamientos térmicos de materiales con el mismo objeto anterior.

Servicios de Extensión: Se prestan asesorías y consultorías a entidades y empresas públicas y privadas, en análisis de fallas e integridad de elementos, equipos e instalaciones mecánicas, así como también en tratamientos térmicos y superficiales. Igualmente se diseñan cursos cortos en las temáticas mencionadas para aquellas entidades que lo requieran.

Mayor información: Edgar Espejo Mora (eespejom@unal.edu.co), Oficina 203, Edificio 407 (posgrado de materiales y procesos), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Tel: (57 1)3165000 ext 11203 y 11206.