

# Coevolución de las Capacidades Metrológicas del CENAM y el Sistema Metrológico Nacional con sus Sectores Usuarios

Salvador Echeverría Villagómez,<sup>a,c</sup> Alejandro Moreno Chimal,<sup>b</sup> Arturo Lara Rivero<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centro Nacional de Metrología  
km 4,5 Carretera a Los Cués, 76246, Querétaro, México.  
saleche@cenam.mx

<sup>b</sup> Universidad Autónoma Metropolitana  
Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, 14387, Distrito Federal, México.

<sup>c</sup> Instituto Tecnológico de Celaya  
Av. Tecnológico y A. García Cubas S/N, 38010, Guanajuato, México.

## RESUMEN

Se presenta una perspectiva del desarrollo del Centro Nacional de Metrología y sus capacidades en su relación de coevolución con algunos sectores industriales que han sido elegidos por su relevancia para el país y su alto nivel de interacción con el CENAM. En esta perspectiva se aborda la relación de interdependencia entre las capacidades del CENAM con los sectores elegidos y se muestra, con resultados de casos, cómo la coevolución es un mecanismo efectivo para orientar e impulsar el desarrollo, tanto del CENAM como de esos sectores. En el trabajo se muestran algunos de los mecanismos de coevolución que operan en los casos referidos, así como las condiciones que propician un desarrollo más sano, rápido e innovador en las organizaciones involucradas. Finalmente se presenta una reflexión sobre el papel del CENAM en el desarrollo nacional y los mecanismos que podrían utilizarse para incrementar su contribución al mismo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La orientación y el desarrollo de una organización son aspectos críticos para la misma y para el papel que juega en su entorno socioeconómico. Tal es el caso del CENAM en el entorno socioeconómico y científico-tecnológico nacional. En los primeros años del Centro y con un historial muy corto para tomarlo como referencia, un artículo de 1997 [1] planteaba dos vías diferentes, así como posibles combinaciones entre ellas, para abordar las decisiones estratégicas de inversión para crecimiento del Centro: la de la creación y la de la evolución.

En el caso de la creación, el ente creador diseña la organización a la medida del objetivo que quiere que cumpla, y tiene todos los elementos para ejecutar su diseño. El ente creador tiene también poder sobre el ente creado y su entorno para garantizar su interacción efectiva. El modelo de la creación es prácticamente estacionario y deja la mayor responsabilidad al ente creador. El ente creado debe adaptarse a las cosas como son o conforme a lo que se supone que el ente creador espera de él, pero recibe lo que necesita para su desarrollo.

En el caso de la evolución, el ente creado por fuerzas que él sólo conoce parcialmente se va desarrollando a sí mismo; se enfrenta a su

entorno con información y poder muy limitados y con ello debe orientar su acción. En el proceso, el ente creado debe profundizar en su autoconciencia y la de su entorno para tomar decisiones correctas y promover una existencia y desarrollo sanos.

El modelo de la creación es válido y funciona en sistemas socioeconómicos y organizacionales bien planeados, en los que el ente creador tiene suficiente poder, inteligencia y autodeterminación para diseñar, dar vida y garantizar la operación de los sistemas en cuestión. Las limitaciones que tiene este modelo provienen de los requerimientos que debe cumplir el ente creador y el entorno para que lo creado funcione, y de que el modelo mismo es relativamente estático. En entornos muy imperfectos y cambiantes parecería que el modelo de la evolución es más aplicable, sobre todo por su naturaleza dinámica, pero también tiene sus limitaciones. Si todo se deja a la evolución entre organizaciones altamente heterogéneas y poco organizadas, lo más probable es que la realidad a la que se llegue no sea la deseada; "La mejor manera de predecir el futuro es crearlo" [2].

Parecería que la mejor solución heurística podría lograrse con una mezcla de creación y evolución, o con una evolución dirigida, en la cual la creación llegase hasta el punto en que una planeación realista lo permita y, a partir de ahí, se diese

suficiente espacio para la evolución en y con el entorno, esto es, la coevolución, para volver a analizar, planear, crear y probar en la acción. Como indicado en [1], la componente de creación corresponde al estado y la parte de evolución debe ser guiada por la interacción con los usuarios, que son fin y razón de ser del Centro. El desarrollo del CENAM ha seguido, de manera aproximada, este enfoque mixto o combinado de creación y evolución, que se considera el más adecuado para las condiciones del país.

El presente trabajo aspira a contribuir a una toma de conciencia más clara sobre estos conceptos para orientar mejor el desarrollo del Centro. Asimismo, el concepto de coevolución se evalúa a partir de la experiencia del CENAM con algunas empresas selectas de sectores industriales relevantes para el país, como el automotriz, petrolero, eléctrico y de telecomunicaciones. La referencia formal más completa al respecto es el trabajo desarrollado en colaboración UAM-CENAM para el sector automotriz [3], del cual se toma la sección 3 de este artículo.

## 2. LA COEVOLUCIÓN EN METROLOGÍA

Los sistemas de medición son los ojos de las empresas o, en una analogía más amplia, son equivalentes a todos los sentidos del ser humano. Son indispensables para el correcto funcionamiento de sus procesos y operaciones, trátase de empresas de productos o de servicios. Como los sentidos en el cuerpo humano, los sistemas de medición son altamente especializados y deben estar muy bien conectados al cerebro, esto es, a los centros de toma de decisiones. Los directivos de empresas que no toman esto en cuenta, terminan por no saber dónde o cómo están sus empresas en realidad.

No obstante, la medición por sí misma no realiza las cosas, no fabrica los productos ni provee los servicios. Los sistemas de medición son normalmente complemento de otros sistemas que confieren la capacidad de proceso. Para la realización de una acción dirigida o de un proceso controlado, siempre se da este acompañamiento entre una capacidad de proceso (hacer) y una capacidad de medición (dirigir o controlar). En un circuito de control, esta dualidad se da entre el sensor (capacidad de medición) y el actuador (capacidad de proceso). El equilibrio entre ellas debe ser adecuado para lograr efectividad [4].

Si se lleva este concepto a nivel de organizaciones y a nivel de país, el Sistema Metrológico Nacional encabezado por el CENAM debería ser el adecuado para permitir y promover una óptima capacidad de acción en los sistemas productivos, sean estos en el campo industrial, empresarial o de servicios. Más aún, como la propia misión del CENAM lo establece, el Centro debe estar preparado para satisfacer las necesidades metrológicas presentes y futuras de la sociedad y del país.

### 2.1. Problemática Post Creación del CENAM

La aparición del CENAM en el país fue un acto de creación, no tan unidimensional y autocrático como lo referido en la introducción, pero fue creación del ente gubernamental, impulsado por diferentes fuerzas [5], impulsado por el Tratado de Libre Comercio con América del Norte y apoyado por organizaciones nacionales e internacionales, como un crédito del Banco Mundial. La disponibilidad de recursos permitió suficiente libertad creadora en un inicio y se implementaron los sistemas de medición que se consideraron pertinentes, con base en la información disponible hasta entonces, en las experiencias diversas del personal científico contratado y en el intenso intercambio de experiencias con los laboratorios primarios de metrología de otros países.

El conocimiento de las necesidades industriales no era muy amplio ni profundo, salvo en contados casos por experiencia del personal. Había existido un estudio previo de necesidades industriales [6], pero sus resultados fueron limitados, entre otras cosas por el bajo conocimiento existente en la industria y en la compañía encuestadora sobre las implicaciones y alcances de la metrología.

El diseño resultante de todos los factores fue bastante aceptable, dado que la mayoría de patrones, sistemas y equipos entraron en operación en plazos muy razonables y tuvieron demanda. Pero el problema para identificar las necesidades de medición nacionales persistía y persiste, y se vuelve más crítico ante las serias limitaciones de recursos que exigen priorizar las inversiones. La fase de creación ya pasó y se está en una fase de evolución.

El que aún ahora sea difícil identificar las necesidades metrológicas del país parece paradójico, pero se debe en gran medida a que la cultura metrológica en muchos sectores, tanto

públicos como privados, aún es pobre, lo cual dificulta que identifiquen lo que necesitan sus procesos. En el caso del sector privado, muchas empresas son dependientes tecnológicamente, lo cual también limita su autoconciencia y autocontrol. En el caso del sector público, las necesidades son tan amplias y los recursos tan limitados, que son problemas fuertes la priorización y el financiamiento de soluciones.

**2.2. Qué son Necesidades Metroológicas**

Conforme al diccionario, la necesidad es carencia o falta de lo que es menester para un fin.

Desde un punto de vista conceptual creacionista, las organizaciones tendrían necesidades claras por deber, por diseño. Las cosas deben ser y funcionar de un modo determinado y para ello tienen necesidades muy claras y específicas. Pero en la realidad las necesidades son, muchas veces si no siempre, relativas, entre otras cosas, porque dependen del fin que se quiera alcanzar. Lo que para uno es necesidad para otro es un deseo y, quizá para otro más, algo superfluo. Y quién es quien define la necesidad a atender, ¿el ente creador o el creado? ¿Se debería considerar necesidad desde un punto de vista real, práctico y operacional sólo aquella que uno de los entes implicados está dispuesto a satisfacer?

Desde el punto de vista evolutivo, un principio ampliamente aceptado es que es la necesidad la que crea el órgano. Se considera que en un ecosistema organizacional sano y sustentable, las necesidades de uno son los satisfactores de otro y viceversa, de tal manera que el sistema como un todo garantiza, mantiene y promueve su propio desarrollo y el de sus componentes. Éste es un aspecto clave para la coevolución y sobre él se volverá en la sección 4.

Tabla 1. Sectores, su relevancia y objetivo.

Sector	Relevancia	Móvil-Objetivo
I. Sector empresarial	Competitividad de las empresas	Económico <i>Rentabilidad económica</i>
II. Sector público-social	Calidad de vida de la población	Normativo <i>Rentabilidad social</i>

El sujeto de la necesidad y su circunstancia son otros aspectos críticos a considerar, quizá los que más. En el caso del CENAM ¿quién es la sociedad y el país? Para efectos de este ensayo, se considera necesidad metroológica sólo aquella

que tiene un usuario concreto identificable y que es evaluada respecto a un fin concreto aceptado y conciente por este sujeto. Esto implica, también, la aportación de recursos para su satisfacción.

**2.3. Niveles de Necesidades**

En cuanto a los diferentes fines que pueden tener, que a su vez definen diferentes necesidades metroológicas, una empresa puede desear [4]:

- a) Calidad, cumplir especificaciones.
- b) Productividad, disminuir costos, rechazos y reprocesos.
- c) Innovación, introducir mejoras significativas en sus procesos.

De ahí la importancia de identificar primero claramente a los usuarios, lo cual se logra mediante su sectorización.

**3. SECTORIZACIÓN DE LOS USUARIOS**

Si la sociedad no se concreta en entes específicos e identificados que puedan ser interrogados sobre sus propias necesidades y con voz y voto, se cae en abstracciones genéricas del “deber ser” [7].

**3.1 Sectorización y Sub-sectorización**

Para evitar este riesgo en el CENAM se ha practicado varias veces el análisis segmentando a la sociedad en sectores específicos que tienen fines y móviles comunes y, presumiblemente, necesidades semejantes en metrología [8]. Los dos grandes sectores, su relevancia nacional y objetivos se indican en la Tabla 1. La clasificación de éstos en algunos sub-sectores industriales o públicos más significativos se da en la Tabla 2.

Tabla 2. Sub-clasificación de sectores usuarios.

Sector	Sub-sectores considerados
I. Sector empresarial industrial	Metal-mecánico-automotriz-aeronáutico
	b) Petrolero y derivados
	c) Eléctrico-electrónico
	d) Telecomunicaciones
	e) Agro-pecuario-alimentario-industrial
	f) Servicios
	g) Otros
II. Sector público social	a) Salud
	b) Seguridad e higiene en el trabajo
	c) Protección ambiental
	d) Educación

Esta clasificación, que tiene sus limitaciones, no obstante es útil para dar cierta pauta respecto a quién debe realizar la inversión en metrología para satisfacer las necesidades de cada sector. En el caso I, el sector empresarial debe contribuir tanto dando directrices como aportando recursos para promover, de esa manera, la competitividad de sus empresas. En el caso II el beneficiario final es el individuo, pero es a las instancias públicas responsables de cada sub-sector a las que corresponde el dar directrices y aportar recursos.

**3.2. Condición Esencial: El Flujo Vital**

En cualquier caso, para que la interacción del CENAM con la sociedad funcione en equilibrio dinámico efectivo y sustentable, debe cerrarse el ciclo de vital de transformar el conocimiento metrológico en satisfactores con valor económico y de reinvertir parte del valor económico para mantener y hacer crecer la capacidad de generar conocimiento en metrología [8], ver Fig. 1. Este flujo vital se lleva a cabo siempre y cuando existan buenas interfaces con el gobierno y las empresas, de manera que cada subsistema cumpla adecuadamente su función en el ecosistema.

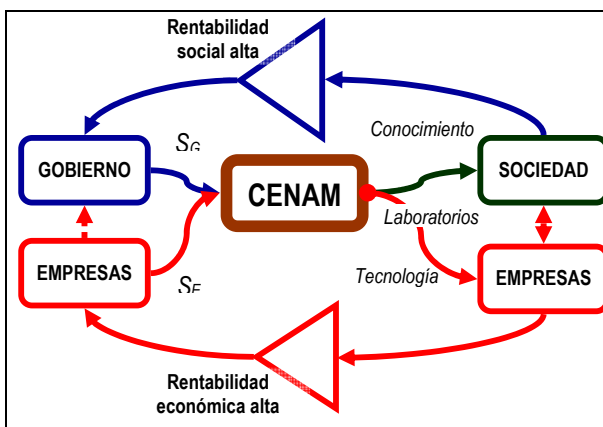


Fig. 1. Flujo conocimiento-economía.

Para que esto ocurra, es determinante cuál es la situación y tendencias de cada sector en el país, cuál es su relevancia, cuál es su estrategia y móviles de desarrollo y cuál es el papel que el sector asigna a la tecnología y a la metrología en él. Cuando el sistema está en equilibrio dinámico positivo, se da la convolución.

**4. COEVOLUCIÓN ENTRE ORGANIZACIONES**

En biología, el concepto de coevolución, si no el término, fue introducido por el mismo Darwin en el

“Origen de las especies” [9] al hablar de procesos de coadaptación sucesiva entre diferentes organismos, como las abejas y las flores. En el siglo XX muchos investigadores de biología evolutiva estudiaron y buscaron tipificar diferentes procesos de convolución, que van desde colaboración y competencia entre algunos organismos, hasta agresión y defensa entre otros, y desde interacciones modeladas gen-a-gen, hasta relaciones mutualistas entre colonias de organismos. En el tercio final del siglo XX se empezó a utilizar el término coevolución en aspectos organizacionales para estudiar patrones de cambio entre organizaciones. Ante una llamada de atención por la vaguedad en el uso del término [10], la coevolución fue definida por Thompson [11] como el cambio evolutivo recíproco en especies interactuantes.

En la siguiente sección se presentan resultados del marco teórico establecido en el trabajo de referencia de Chimal, Lara y Echeverría [3].

**4.1. Marco Teórico del Análisis**

Un resumen de los estudios y autores que han contribuido al desarrollo de la teoría coevolutiva en organizaciones, tratado en el marco teórico del trabajo citado, se da en la Tabla 3.

Tabla 3. Resumen del marco teórico sobre coevolución organizacional. Chimal [3] y Ref. [12].

Aspecto de coevolución	Contribuidores
Implícito en la Historia	Reemplazo del comercio medieval por fábricas mercantilistas (Kieser, 1989) Surgimiento de la Burocracia (Weber, 1978) Difusión de la Forma-M (Chandler, 1962) Análisis histórico Institucional de empresas de Francia y Bretaña (Calori et al., 1997)
Niveles de Coevolución	Micro y macrocoevolución (McKelvey, 1997) Coevolución a nivel Intraorganización, organización, población y comunidad (Baum y Singh, 1994) Contexto interno y externo (Pettigrew, 1995)
Interacción Genealógica y Procesos Ecológicos	Decreto, doble interacción (Weick, 1979) Variación, selección, retención (Aldrich, 1979) Aprendizaje mutuo (Nelson y Winter, 1982, Levitt y March, 1988) Coevolución de capacidades y competencia (Huygens, 1999; Levinthal y Myatt, 1994) Síntesis de procesos ecológicos y genealógicos (Baum y Singh, 1994; Levinthal, 1991; Mezas y Lant, 1994) Coevolución de nuevas formas de organización y transformación ambiental (Djelic y Ainamo, 1999)
Sistemas coevolutivos de Competencia de suma cero	Efecto de la carrera de la reina roja (Beinhocker, 1997; Kauffman, 1995; Van Valen, 1973) Hypercompetencia (D’Aveni y Gunther, 1994)

Sistemas de coevolutivos de Competencia Pluralista	Adaptación sobre varios panoramas de adecuación (Levinthal, 1997) Configuración coevolutiva Competitiva (Baum, 1999; Heylighen y Campbell, 1995)
Sistema coevolutivo de Cooperación	Alianzas de aprendizaje (Hamel, 1991) Coevolución de alianzas (Koza y Lewin, 1998)
Microcoevolución	Procesos Ecológicos Intraorganizacionales (Burgelman, 1991, 1994, 1996) Selección y adaptación a nivel de análisis intracorporativo (Barnett, Greve, Park., 1994; Galunic y Eisenhardt, 1996)
Coevolución con la tecnología	Coevolución de la estructura industrial con la tecnología (Nelson, 2001) Conexiones tecnológicas entre maquiladoras de autopartes y talleres de maquinado (Lara, Arellano y García, 2005)
Coevolución Empresa-Instituciones	Vinculación entre sector educativo y productivo (Hualde y Lara, 2005) Coevolución entre instituciones y maquiladoras (Croguennec y Lara, 2005)

Una forma de persistente coevolución propia del ambiente hiper-competitivo actual es la que se ha denominado como “el efecto de la reina roja” después del comentario de la reina a Alicia en “Alicia el País de las Maravillas”: “en la carrera tienes que correr todo lo que puedas para quedar en el mismo lugar” [13]. En estos modelos coevolutivos se argumenta que la conducta a nivel de la empresa puede conducir a capacidades únicas y ventajas competitivas, pero como un resultado del incremento en la dinámica competitiva estas ventajas rápidamente se erosionan. La implicación es que todas las especies se mantienen cambiando en una carrera de nunca acabar solo para mantener su nivel de capacidad o vigencia [12].

**4.2. Propiedades y Tipos de Procesos Coevolutivos**

Conforme a Lewin y Volberda [12], las propiedades generales de los procesos coevolutivos son:

- a) Multinivelidad
- b) Causalidad multidireccional
- c) No linealidad
- d) Retroalimentación positiva
- e) Trayectoria y dependencia histórica.

Conforme al enfoque genético y ecológico de Thompson [11], los tipos de procesos coevolutivos son:

- a) Coevolución gen-a-gen
- b) Coevolución específica
- c) Coevolución difusa
- d) Coevolución diversificadora
- e) Coevolución, escape y radiación

Otro enfoque establece diferencias entre variables independientes —abióticas o del ambiente— y variables dependientes —bióticas o de los organismos.

En [3] se propone elegir la taxonomía mostrada en la Tabla 4 para los procesos coevolutivos.

Tabla 4. Taxonomía de procesos coevolutivos [3].

Tipo	Interacciones entre las especies
Coevolución antagonica	Interacciones opuestas, divergentes, en competencia.
Coevolución mutualista	Interacción simbiótica entre ambas sin influencia genética.
Coevolución diversificadora	Interacción con influencia genética de una especie sobre la otra.
Coevolución difusa	Interacción entre varios grupos sin especificidad exclusiva.

**4.3. Balance entre Exploración y Explotación**

El debate entre exploración y explotación, que está íntimamente ligado con la coevolución, ha sido abordado en teoría de las organizaciones, entre otros, por March [14] y Nootboom [15]. Esta idea se encuentra implícita en diversos estudios, aunque en otros términos, como es el caso de la distinción entre el primero y segundo orden de aprendizaje, en donde el primero consiste en aprender a hacer mejor y más eficientemente las cosas existentes y el segundo, consiste en aprender a hacer nuevas cosas a partir de una nueva perspectiva. En estudios de aprendizaje organizacional, el problema de balancear la exploración y explotación se exhibe en ideas entre refinamiento de una tecnología existente y la invención de una nueva. En los modelos de formas organizacionales y tecnologías, el debate está en términos de balancear el doble proceso de variación y selección. En los estudios sobre procesos adaptativos, el interés central está en la relación entre la exploración de nuevas posibilidades y la explotación de las antiguas certidumbres, la explotación es requerida por la empresa para sobrevivir en el corto plazo y la exploración es requerida para sobrevivir en el largo plazo.

Noteboom conceptualiza el ciclo exploración-explotación en el diagrama de la Fig. 2. El balance entre actividades de exploración y explotación involucra un proceso de distribución

de recursos, por lo que se va modificando no solo con respecto a sus valores esperados sino también con respecto a su dinámica, su ritmo y distribución dentro y fuera de la organización.

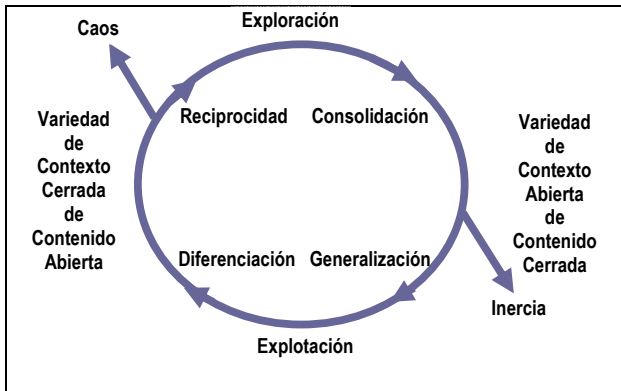


Fig. 2. Ciclo exploración-explotación [14].

En este ciclo las ideas, intuiciones, rutinas y tecnología, primero se consolidan en las mejores prácticas o diseño dominante, lo cual sirve de plataforma para su aplicación y variación en diferentes contextos. Esto pone en evidencia los límites de su validez así como el potencial para aplicaciones en combinaciones novedosas, las cuales rompen con las estructuras existentes, lo cual conduce al siguiente ciclo de convergencia para otro diseño dominante.

El proceso se caracteriza por una alternancia de variedad de contenido y variedad de contexto. En la consolidación, la variedad de contenido está cerrada para permitir la producción eficiente y un claro paradigma como una plataforma para la generalización. Después el proceso abre la variedad de contexto, el cual proporciona nuevas percepciones hacia lo inadaptado y hacia las necesidades y oportunidades para la adaptación.

Varios de los desarrollos tecnológicos logrados entre el CENAM y empresas automotrices son ejemplo de exploración exitosa, en términos de que las necesidades u oportunidades identificadas conjuntamente llevaron al desarrollo de sistemas innovativos que antes no existían tampoco en el CENAM.

**5. ANÁLISIS EN LOS SECTORES ELEGIDOS**

**5.1. Trabajo Piloto en el Sector Automotriz**

En el proyecto referido [3], se analizaron las relaciones coevolutivas de las capacidades del

CENAM con el sector automotriz y, en el nivel intermedio, con el Sistema Metroológico Nacional. En lo que toca a las compañías consideradas, se analizó el sector de manera general y, en particular y a detalle, a las compañías General Motors, Chrysler, Ford, Nissan, Volvo y Volkswagen de México (VWM). Con estas compañías se analizaron las interacciones CENAM-Empresa a lo largo de 10 años, así como la diversidad de servicios y proyectos realizados. En el análisis fue posible identificar cómo en algunos casos la relación se mantuvo quasi-estática en términos de las necesidades que las empresas buscaban satisfacer, quedando dos de ellas en el caso a) de la sección 2.3, dos en el caso b) y dos en el caso c), siendo VWM la compañía con la cual la relación del CENAM ha alcanzado mayor desarrollo en términos de los proyectos abordados.

También se analizó cómo cambió la relación Empresa-Laboratorios proveedores de servicios metroológicos (SMN) fruto de la relación CENAM-Empresa y la relación Proveedores de la Empresa y Laboratorios Proveedores de Servicios Metroológicos a lo largo de los años y bajo diferentes circunstancias. De particular interés fue el análisis de los proyectos con alto contenido de desarrollo tecnológico e innovación realizados con y para VWM a partir de la aplicación del programa MESURA en la empresa en 2002. Con el análisis quedó demostrado que, en los casos en que se logra una comunicación profunda CENAM-Empresa y una visión proactiva de ambas partes, se da la evolución de las capacidades metroológicas del CENAM y el Sistema Metroológico Nacional con sus usuarios como resultado de un proceso coevolutivo. En estos casos, aún en las relaciones indirectas otros laboratorios y proveedores de equipos de metrología se vieron obligados a incrementar significativamente la calidad técnica de sus servicios para responder a las expectativas más elevadas de su cliente, la empresa armadora automotriz que alcanzó otro nivel de cultura metroológica y desarrollo.

**5.2. Papel Catalizador del Programa MESURA**

En la investigación quedó en evidencia la diferencia existente entre las empresas que aplicaron el programa MESURA en sus procesos y las que no. Las diferencias más significativas apreciadas fueron:

- a) Nivel de cultura metroológica general en la empresa.

- b) Nivel de competencia del personal, de los sistemas utilizados y de los métodos aplicados.
- c) Nivel de aplicación y aprovechamiento de la metrología para su competitividad.

Un factor fundamental, reconocido por las propias plantas, es que el tipo de interacción generado mediante el programa MESURA tiene la amplitud y profundidad requeridas para promover un tipo de coevolución colaborativa (mutualista), hasta el grado de considerar al CENAM su socio tecnológico. Esto, a su vez, generó de manera indirecta otros tipos de convolución entre los demás actores, como la coevolución diversificadora entre el CENAM y laboratorios secundarios —el CENAM abordando proyectos y los otros laboratorios servicios— o la antagónica entre otros laboratorios y proveedores de equipo o servicios competidores entre sí.

Los factores críticos identificados por la vía MESURA fueron:

- a) Profundidad y amplitud del análisis que realiza, enfocado en los procesos clave de la planta.
- b) Confianza generada por traducción de necesidades y la coordinación efectiva de los proyectos.
- c) Capacidad del equipo participante, de líderes de proyecto a asesores generalistas y especialistas, y a metrólogos.

Estos factores facilitan y promueven el paso de servicios de explotación a proyectos de exploración, que provocan el crecimiento e innovación complementarios en ambas organizaciones. Con base en las declaraciones y resultados obtenidos en las empresas se concluye que las capacidades generadas mediante este tipo de relación tienen un nivel profundo de internalización.

**5.3. Factores Clave de Éxito en las Empresas**

Existen, no obstante, requisitos que deben cumplir estas empresas para ser terreno fértil para la interacción con CENAM vía MESURA, entre otras:

- a) Cultura organizacional proactiva y comprometida con la calidad real de sus procesos y productos.
- b) Disposición de la empresa a invertir recursos más allá de lo estrictamente operativo.
- c) Apertura y libertad de la empresa para lograr desarrollos propios.

Esto se ha observado también en empresas de otros sectores en las que se ha aplicado el

Programa, y los resultados también han sido proporcionales al nivel en que las organizaciones tienen las características indicadas.

**5.4. Aplicación del Análisis en Otros Subsectores del Sector Privado**

Con base en una tipificación de todas las empresas atendidas por el CENAM y la Red MESURA Interinstitucional es posible concluir que los mecanismos de coevolución operan en mayor o menor grado indistintamente del sector, y dependiendo principalmente de los móviles de la empresa, de su genética y de sus características en relación al balance explotación-exploración.

De los sectores referidos en la Tabla 2 motivados por la competitividad, mediante el Programa MESURA se ha trabajado con empresas importantes, tanto públicas como privadas, en todos ellos. Algunas de las empresas atendidas de dan en la Tabla 5.

Tabla 5. Algunas empresas atendidas vía MESURA.

Sub-sectores considerados	Algunas empresas del Sub-Sector atendidas vía MESURA
a) Automotriz	21: GM, Ford, Volvo, VWM, etc.
b) Petrolero	6: PEP, PGPB, PR, PPB, ASA, etc.
c) Eléctrico	15: CFE, LYFC, CIDEDEC, etc.
d) Telecom	10: Telmex, Alma, Skyworks, etc.
e) Alimentario	12: Cervecería CM, CNA, AOC, etc.
f) Servicios	38: Laboratorios secundarios, etc.
g) Educación	10: UNISON, DGEST, CUTs, etc.

Niveles importantes de internalización de la cultura metroológica y de desarrollo innovativo propio se han dado en empresas de todos los giros, por ejemplo a) VWM y Volvo, b) PEP y PGPB, c) CIDEDEC y CFE, d) Alma y Skyworks, e) CCM, Probiomed y AOC, f) CAM-Noroeste y g) UNISON.

Con algunas de ellas y con muchas otras que han sido muy exitosas —Ej. PEMEX Refinación con Metrología Mecánica, CFE y TELMEX con Metrología Eléctrica— CENAM ha trabajado también por otras vías en proyectos específicos de una magnitud, pero de gran profundidad, con resultados también excelentes.

### 5.5. Análisis en Subsectores del Sector Público

En los sectores de la Tabla 2, cuya finalidad es la calidad de vida de la población (salud, seguridad, protección ambiental, educación), por lo cual el Estado debe hacerse cargo, y cuya motivación serían las regulaciones, la situación ha sido más complicada.

En principio, por la lógica del deber ser, la satisfacción de necesidades en estos sectores debería ser mediante el modelo creacionista: el Estado percibe las necesidades, tiene los medios para satisfacerlas y toma las decisiones y acciones necesarias para hacerlo. Muy poco quedaría al azar o a la evolución de fuerzas del mercado o de otro tipo. No obstante, la situación se complica porque en las instancias involucradas existe poca conciencia de la necesidad o su importancia, pocos recursos para implementar soluciones y muy bajo nivel de acuerdos entre las instancias reguladoras, lo cual dificulta el establecer exigencias de manera congruente a proveedores de servicios. El resultado final es que el sistema que debería proveer soluciones metrológicas para estos sectores es, en muchos casos, poco funcional y poco eficiente y quedan enormes huecos entre las instancias involucradas.

Éste es otro conjunto de casos que ameritan un estudio amplio y profundo para describir, primero, las relaciones existentes entre los actores de estos subsistemas, diagnosticarlas después y buscar los elementos que pudiesen facilitar el surgimiento o implementación de mecanismos sanos de convolución.

El trabajo que está siendo realizado por la Dirección de Metrología de Materiales del CENAM con los organismos y agencias técnicas de las Secretarías de Salud, Agricultura y Medio Ambiente, junto con Economía, va en la dirección de crear los vínculos y el entendimiento necesarios para coordinar las acciones necesarias tendientes a satisfacer las necesidades metrológicas del país, para sustentar la calidad de vida de la población en los aspectos indicados.

### 6. CONCLUSIONES, REFLEXIONES Y TRABAJO FUTURO

El trabajo ha referido algunos de los casos de la interacción CENAM-INDUSTRIA-SMN en los cuales han operado exitosamente mecanismos de coevolución que provocan su desarrollo conjunto.

Algunos de los elementos distintivos de estos casos, como las interacciones vía MESURA, han sido estudiados a detalle y validados en cuanto a sus características genéticas clave.

Otros mecanismos también exitosos, aunque menos generales, han sido identificados y ameritan mayor estudio, con el objetivo de analizar su posible sistematización.

Los casos de interacciones CENAM-Sectores Públicos-SMN son motivo de trabajo continuo, pero no han sido estudiados desde esta perspectiva y tienen complejidad adicional, puesto que involucran mediciones de rentabilidad social, no generan recursos pero sí los consumen y dependen normalmente de entidades públicas centralizadas. Hasta la fecha lo que ocurre en estas relaciones es altamente dependiente de decisiones casi personales de los ejecutivos a cargo y la sociedad no cuenta con mecanismos de retroalimentación positiva para detonar procesos estables de mejora.

Se considera que estudios adicionales del tipo presentado en este trabajo sobre los temas mencionados que aún no han sido explorados, así como generalización y profundización sobre lo aquí presentado en los sectores ya explorados, permitirán entender mejor los mecanismos que promueven el desarrollo de instituciones como el CENAM y aplicar su desarrollo de manera más efectiva para impulsar más proactivamente el desarrollo del país.

### 7. RECONOCIMIENTOS

Los autores hacen un reconocimiento a los directivos de las empresas que dieron información y opiniones para este estudio y que han manifestado en alto grado las características indicadas en 4.3: Ing. Martín Hernández R. (VWM) e Ing. Charles A. Frese (VWM), Ing. Antonio Sierra G. (CIDEC-CARSO), Ing. Marcos Pérez O. (Ford), Ing. José J. Santiago (Volvo), Ing. Carlos A. Rizo (PEP), Ing. Marco Antonio Gámez (PGPB), Ing. Miguel A. Wheelock (AOC), Ing. Álvaro Marroquín (JDSU-ALMA), Ing. Julio C. López (Skyworks), Ing. Martín Chávez M. (CAM Noroeste) y Dr. Enrique Velázquez (UNISON).

Asimismo, se reconoce el trabajo y apoyo proactivo del personal de la Coordinación MESURA del CENAM y de los Centros CONACYT que ha liderado los proyectos mencionados:



Guadalupe Rivera, Carmen Marina Trejo, Gabriel Lugo, Salvador Pérez, Arquímedes Ruiz, Fernando Motolinía (CIDESI) y Elvia Funes (CIATEQ).

## REFERENCIAS

- [1] Echeverría-Villagómez, J.S., *Sobre planeación estratégica y teoría de la evolución*. CENAM, Ensayo interno, 1997.
- [2] Drucker, P., *La sociedad postcapitalista*, 1996.
- [3] Chimal Moreno A., Coevolución de las capacidades metrológicas del CENAM y del Sistema Metrológico Nacional en relación a la demanda de los usuarios del sector automotriz en México durante 1994-2005. Tesis de Maestría, UAM, Abril 2007.
- [4] Echeverría-Villagómez, J.S. *Capacidad de medición vs Capacidad de proceso*. Memorias de Simposio CENAM, 2000.
- [5] Nava-Jaimes, H., *Un desarrollo industrial sin metrología*. Discurso de ingreso a la Academia de Ingeniería, 1988.
- [6] BIMSA. *Estudio de mercado sobre necesidades de medición en México*. 1991.
- [7] Pacheco, J.E., *Alta Traición, No me preguntes cómo pasa el tiempo*, 1968.
- [8] Echeverría-Villagómez., J.S., et al. *Criteria and Process for Long Term Strategic Planning of the Metrological System in Mexico*, Memorias congreso NCSLI, 2006.
- [9] Darwin, Ch., *El origen de las especies*, 1859.
- [10] Janzen, D., "When is it coevolution", *Evolution*, Vol. 34, 1980, pp. 611-612.
- [11] Thompson, J., "Concepts of Coevolution", *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 4, No. 6, Junio 1989.
- [12] Lewin, A. y H. Volberda, "Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organization Forms", *Organization Science*, Vol. 10, No. 5, 1999, pp. 519-534.
- [13] Carroll, L., *Trough the Looking Glass & What Alice Found There*, New York, Grosset & Dunlap, 1946.
- [14] March, J. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 71-87. (Special Issue).
- [15] Nooteboom, B., *Learning and innovation in Organizations and Economies*, Oxford University Press, USA, 2000.